МОНОГРАФИЯ

Устойчивое развитие территорий

Под научной
редакцией
О. В. Кудрявцевой

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. Ломоносова
Экономический факультет

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ

Монография

Под научной редакцией
О.В. Кудрявцевой

Москва
2021

УДК 332.1
ББК 65.012

Рецензенты:

Данилов-Данильян Виктор Иванович, член-корр. РАН, научный руководитель Института водных проблем РАН, д.э.н., профессор

Потравный Иван Михайлович, профессор Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, д.э.н., профессор

Устойчивое развитие территорий: монография / под науч. ред. О.В. Кудрявцевой. — М.: Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2021. — 492 с.

ISBN 978-5-906932-73-0

В монографии представлены некоторые результаты, полученные в ходе выполнения проекта, поддержанного РФФИ, «Разработка модели управления ресурсным потенциалом территорий», осуществленного под руководством О. В. Кудрявцевой совместными усилиями сотрудников экономического (кафедра экономики природопользования, кафедра экономической информатики, кафедра конкурентной и промышленной политики) и географического факультетов МГУ имени М. В. Ломоносова, а также результаты исследований, полученные сотрудниками ЦЭМИ РАН.

ISBN 978-5-906932-73-0

© Экономический факультет
МГУ имени М. В. Ломоносова, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЛОВО ЗАВЕДУЮЩЕГО КАФЕДРОЙ 6

ВВЕДЕНИЕ 9

Глава 1. УСТОЙЧИВОЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ: ГЛОБАЛЬНЫЕ, РЕГИОНАЛЬНЫЕ И ЛОКАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ 12

1.1. Циркулярная экономика как инструмент устойчивого развития России (*Кудрявцева О. В., Митенкова Е. Н., Солодова М. А.*) 12

1.2. Межрегиональная дифференциация и наделенность природными ресурсами (*Маликова О. И., Барабошкина А. В.*) 26

1.3. Моделирование устойчивого развития регионов (муниципальных образований) России с применением современных информационных технологий анализа данных (*Сидоренко В. Н., Милюта Е. К.*) 39

1.4. Анализ потоков биологических ресурсов Республики Крым (*Тетерина Н. В., Шакун В. П., Кудрявцева О. В.*) 73

1.5. Подходы к экономической оценке экосистемных услуг регионов России (*Ситкина К. С.*) 87

1.6. «Платон»: интернализация экстерналий или «кара небесная»? (*Ховавко И. Ю.*) 94

1.7. Устойчивое развитие городов: «умные» города и природоподобные технологии (*Сунгатуллова А. М., Кирюшин П. А.*) 114

1.8. Перспективы обращения с отходами в городе Москве (*Кудрявцева О. В., Солодова М. А., Кореневская Д. С., Кутубаева Р. Ж., Тишкова А. А., Щевьева Л. С.*) 140

1.9. Устойчивое развитие территорий на примере Новой Москвы (*Золотухина А. О.*) 164

Глава 2. УСТОЙЧИВАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ..... 178

2.1. Развитие альтернативной энергетики в России в контексте формирования модели низкоуглеродной экономики (*Кудрявцева О. В., Митенкова Е. Н., Маликова О. И., Головин М. С.*) 178

2.2. Перспективы развития солнечной энергетики в России (*Кудрявцева О. В., Васильев С. В.*)..... 193

2.3. Перспективы использования возобновляемых источников энергии на примере малых гидроэлектростанций (*Шабалин А. Ю.*) 200

2.4. Приоритеты низкоуглеродного развития для Китая (*Бобылев С. Н., Барабошкина А. В., Zhu Хиап*)..... 217

2.5. Некоторые аспекты развития возобновляемых источников энергии в мире и Китае (*Барабошкина А. В., Кудрявцева О. В.*) 237

2.6. Государственная политика по развитию отрасли транспортного биотоплива в Европейском союзе (*Головин М. С., Кудрявцева О. В.*) 246

2.7. Эволюция механизмов государственной поддержки отрасли транспортного биотоплива в США (*Головин М. С., Кудрявцева О. В.*) 262

2.8. Водород как ключевой элемент энергетической трансформации (*Гречухина И. А.*) 281

2.9. Атомная энергетика в контексте устойчивого развития (*Кудрявцева О. В., Деркач А. С., Манушко С. В., Несветов Ф. Д., Пекарев С. В., Четвертаков В. С.*) 292

2.10. Мировое ценообразование на нефть: анализ, тенденции и прогноз (*Чернявский С. В., Моргунов Е. В., Чернявский В. С., Палт М. В.*) 306

2.11. Проблемы стабилизации поступлений от экспорта нефти в доходы федерального бюджета (*Палт М. В.*) 316

2.12. Освоение шельфа в условиях шоков мировых нефтегазовых рынков (*Курдин А. А.*) 325

Глава 3. ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ И ФИНАНСОВЫЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ 331

3.1. Измерение устойчивости развития крупных российских компаний (*Маханькова Н. А., Вереникина А. Ю., Вереникин А. О.*) 331

3.2. Склонность к оппортунизму нефтяных компаний в вопросах безопасности (*Ларина Е. И., Юрявичуте А.*) 383

3.3. Оценка влияния экономических и институциональных факторов на выбросы CO_2 (*Максимова А. А., Николаева Н. В., Салий С. А., Семина И. С.*) 396

3.4. Экология и счастье: влияние загрязнения воздуха на счастье населения (*Солонина Д. О., Ошмарина К. Е., Карев И. О.*) 411

3.5. Можно ли купить долголетие: взаимосвязь расходов на здравоохранение и ожидаемой продолжительности жизни (*Карелина П. В., Иванова Е. С., Черкасова Е. С.*) 426

3.6. Влияние финансового сектора на развитие отрасли возобновляемой энергетики (*Батуревич А. А., Спиренков В. Д., Стаханова К. А.*)..... 446

3.7. Оценка влияния экономического и финансового развития на потребление возобновляемой энергии (*Соловьева П. И., Улиткина А. В.*) 455

ПРИЛОЖЕНИЕ 1..... 465

ПРИЛОЖЕНИЕ 2..... 475

ПРИЛОЖЕНИЕ 3..... 478

ПРИЛОЖЕНИЕ 4..... 481

ПРИЛОЖЕНИЕ 5..... 485

ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... 486

СПИСОК АВТОРОВ..... 487

СЛОВО ЗАВЕДУЮЩЕГО КАФЕДРОЙ

В настоящее время человечество настойчиво ищет новые модели экономики, которые бы учитывали устойчивость развития и экологические ограничения. Невозможность продолжения роста на базе традиционного экономического развития становится все более очевидной в связи масштабной деградацией природных ресурсов и окружающей среды в мире и многих странах: истощение и уменьшение потенциала земельных и водных ресурсов, сокращение площади лесов, климатические изменения, исчезновение экосистем и биоразнообразия, рост загрязнения воздуха и воды и увеличение заболеваемости и смертности по этой причине и многие другие негативные экологические тренды. Актуальны эти проблемы и для России. Ответом на обостряющиеся эколого-экономические вызовы стало формирование концепции устойчивого развития как новой парадигмы развития человечества в XXI в.

Сразу следует отметить зачастую различающиеся трактовки понятия «устойчивое развитие» (sustainable development) в мире и России. В нашей стране такое развитие ассоциируется прежде всего с экономическим ростом, отражаемым в увеличении ВВП. В мире устойчивое развитие интерпретируется как гармоничное и сбалансированное развитие социальных, экономических и экологических процессов.

Отражением перехода к устойчивому развитию является формулирование в научных исследованиях и формирование в реальных экономических процессах новых моделей экономики: «зеленой» экономики (green economy), циркулярной экономики (экономика замкнутого цикла) (circular economy), низкоуглеродной экономики (lowcarbon economy), биоэкономики (bioeconomy), экономики на основе «зеленого» роста (green growth), «синей» экономики (blue economy) и др. Появляются и новые, гибридные виды, например, циркулярная биоэкономика (circular bioeconomy). И все эти экономические модели не являются теоретическими измышлениями ученых-экономистов, они очень быстро воплощаются в жизнь. Так, ЕС принял вполне реалистичные и обоснованные стратегии развития «зеленой», циркулярной и биоэкономики до 2030–2050 гг. с конкретными целями, количественными индикаторами и механизмами, направленными на их поддержку. Здесь следует отметить стратегический документ ЕС «Зеленый курс» (Green Deal), принятый в конце 2019 г. В 2020 г. большинство ведущих экономических держав мира объявили своей целью достижение

углеродной нейтральности, нулевого баланса выбросов парниковых газов к 2050–2060 гг. В ряду этих держав страны ЕС, мощные экономики Азии (Китай, Япония, Южная Корея, Казахстан), Бразилия. При президенте Д. Байдене присоединяются к этой цели и США. В новые модели экономики уже инвестируются сотни миллиардов евро, долларов, юаней.

Необходимость радикального изменения подхода к измерению развития на основе учета устойчивости ярко показана в книге двух нобелевских лауреатов — Дж. Стиглица и А. Сена с красноречивым названием «Неверно оценивая нашу жизнь. Почему ВВП не имеет смысла?». Один из главных выводов книги состоит в необходимости перенести акцент в системе показателей с измерения производства на измерение благосостояния; при этом измерение благосостояния должно рассматриваться в контексте обеспечения устойчивости развития. В связи с этим важное значение приобретает количественная интерпретация в мире и России Целей устойчивого развития ООН (2016–2030). Эту работу сейчас проводит Росстат на своей специальной платформе в интернете. Россия также представила в 2020 г. добровольный доклад по реализации Целей устойчивого развития; этот доклад подготовлен Аналитическим центром при Правительстве Российской Федерации.

Недоучет экологического фактора при принятии социально-экономических решений во многом связан с отсутствием в традиционных показателях развития стоимостного отражения природного капитала и деградации окружающей среды. Имеющиеся сейчас в этой сфере традиционные макроэкономические показатели ВВП, ВРП, доход на душу населения и пр. фактически игнорируют экологическую деградацию. Особенно опасно ориентироваться на ВВП странам с большим природным капиталом и социальными проблемами. Мировой опыт показывает, что рост этого показателя может скрывать истощение и деградацию природных ресурсов, а также обострение социальных проблем (бедность, дифференциация доходов, безработица и т.д.). Россия стала классическим примером «ловушки ВВП», когда огромный рост ВВП в начале века создал иллюзию быстрого и успешного развития. Огромные колебания нефтяных цен показали очевидную неустойчивость сложившейся экспортно-сырьевой модели.

В России исследование новых моделей экономики в контексте устойчивого развития не получило должного внимания в традиционной экономической науке, нет адекватного отражения эколого-экономических процессов и в ходе принятия практических решений. Между тем налицо явный дефицит новых идей, сохраняются инерционные неустойчивые тренды старой экспортно-сырьевой экономики. В предлагаемой читателю монографии конструктивно анализируются перспективные траектории перехода к новым экологически устойчивым моделям, исследуются их энергетические, институциональные и финансовые аспекты. Все это

позволяет сделать очередной шаг к исследованию проблемы формирования устойчивого развития в России. Особенно радует, что значительная часть монографии написана молодыми исследователями, которым и предстоит в будущем воплотить приоритеты устойчивости в экономическую реальность — в науке, государственном управлении, бизнесе.

Сергей Николаевич БОБЫЛЕВ
заслуженный деятель науки РФ, профессор,
заведующий кафедрой экономики природопользования
экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

ВВЕДЕНИЕ

В свете быстрых изменений окружающего мира перед обществом встают все новые и новые вызовы, на которые можно отвечать, лишь используя междисциплинарные подходы и методы, имеющиеся в арсенале общественных, естественно-научных, точных и гуманитарных наук.

На наших глазах в экономической науке зарождаются и развиваются новые области знаний и понятия, такие как «цифровая экономика», «экономика замкнутого цикла», «биоэкономика», «зеленая» экономика», «низкоуглеродная экономика». Низкоуглеродная экономика приобретает все большую актуальность в свете происходящих в мире экономических и политических процессов. Данные области во многом предопределяют развитие общества на ближайшую перспективу. Происходящие в современном обществе процессы приобретают все более глобальный характер, с одной стороны, а с другой — все более рельефно вырисовывается значимость региональных сообществ: от их потенциала, силы и способности адекватно отвечать на глобальные вызовы напрямую зависит судьба вовлеченных в эти сообщества индивидов.

В разные периоды человеческой истории экономическим, социальным и экологическим проблемам уделялось неравнозначное внимание: экономические приоритеты дополнялись социальными, затем экологическими аспектами, что должно было приблизить человечество к устойчивому развитию. В настоящее время этого уже недостаточно: назрела необходимость соблюдения очень тонкого баланса между естественным и искусственным, и от разумного управления напрямую зависит вопрос выживания человечества.

Изучение вопросов устойчивого развития требует междисциплинарного подхода, и предлагаемая монография является результатом совместного труда сотрудников экономического и географического факультетов Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, тесного сотрудничества состоявшихся ученых и талантливых молодых исследователей.

В главе 1 рассматривается устойчивое территориальное развитие: его глобальные и региональные аспекты, включая такие достаточно новые понятия, как «низкоуглеродная экономика», «циклическая экономика», «экономика совместного потребления», «биоэкономика». Особое место отведено модели устойчивого регионального развития. Затронуты про-

блемы неравномерности развития российских регионов, моделирования устойчивого развития регионов с применением современных информационных технологий анализа данных, учета потоков ресурсов, экосистемные услуги. Затем рассматривается такая важная для развития российской транспортной инфраструктуры проблема, как эффективность введенной системы платежей за грузоперевозки «Платон» и освоение арктического шельфа. Наконец, обсуждается устойчивое развитие городов через концепцию природоподобных технологий, а также планы и некоторые аспекты их реализации на примере Новой Москвы, отдельно обсуждается проблема твердых коммунальных отходов.

Глава 2 посвящена устойчивой энергетике, и в ней основное место отведено возобновляемым источникам энергии. Затем рассматриваются вопросы формирования в России низкоуглеродной экономики, в которой особое внимание уделено определению уровня концентрации в данной отрасли в России в разрезе каждого вида ВИЭ. Далее обосновываются перспективы использования возобновляемых источников энергии в России на примере солнечных и малых гидроэлектростанций. Акцент делается на использовании возобновляемых источников энергии в Китае и отдельно транспортного биотоплива на примере зарубежных стран, а также водородной энергетики. Затрагивается атомная энергетика. Завершается глава проблемами «традиционной» энергетики: ценообразованием на нефть, вопросами стабилизации поступлений от экспорта нефти в доходы федерального бюджета, анализом целесообразности развития традиционных шельфовых проектов в условиях ценовых шоков.

В главе 3 раскрываются институциональные и финансовые аспекты устойчивого развития. Начинается она с рассмотрения теоретических и практических вопросов измерения устойчивости развития крупных российских компаний, что является на сегодняшний день важной исследовательской и прикладной проблемой. Затрагиваются оценка влияния экономических и институциональных факторов на выбросы CO_2, влияние загрязнения воздуха на счастье населения, взаимосвязь расходов на здравоохранение и ожидаемой продолжительности жизни, влияние финансового сектора на развитие отрасли возобновляемой энергетики, оценка влияния экономического и финансового развития на потребление возобновляемой энергетики. За исключением параграфа 3.1 глава полностью состоит из научных статей молодых исследователей экономического факультета, написанных под руководством О. В. Кудрявцевой (в других главах таких работ половина). Выражается благодарность аспиранту экономического факультета А. В. Барабошкиной за помощь в составлении макета монографии.

Авторы выражают благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований, обеспечившему финансирование научного про-

екта 18-010-00974 «Разработка модели управления ресурсным потенциалом территорий», в рамках которого была написана данная монография. Авторы также выражают благодарность экономическому факультету Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, оказавшему помощь в издании книги.

Ольга Владимировна КУДРЯВЦЕВА
профессор кафедры экономики природопользования
экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

ГЛАВА 1
УСТОЙЧИВОЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ: ГЛОБАЛЬНЫЕ, РЕГИОНАЛЬНЫЕ И ЛОКАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

1.1. ЦИРКУЛЯРНАЯ ЭКОНОМИКА КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

Кудрявцева О. В., Митенкова Е. Н., Солодова М. А.[1]

Традиционная линейная экономика, опирающаяся на постоянно растущий объем потребления ресурсов, не только подрывает природный потенциал, но и несет в себе значительные экономические риски. Признаки достижения линейной экономикой пределов развития прослеживаются уже начиная с 2000-х гг. в связи с резким ростом стоимости ресурсов на глобальных рынках. Растущие риски прерывания производственных цепей в связи с запретительно высокими ценами на первичные ресурсы сопровождались усиливающейся конкуренцией поставщиков сырья и в ресурсоемких отраслях [30].

При неизменности сложившихся трендов «глобальное использование первичных ресурсов более чем удвоится с 79 Гт в 2011 г. до 167 Гт в 2060 г.» [25; 26]. Таким образом, ситуация на сырьевых рынках будет усугубляться, делая сложившуюся модель линейной экономики с высокой ресурсоемкостью и большим количеством отходов несовместимой не только с концепцией устойчивого развития, но даже с дальнейшим экономическим ростом.

Сложившаяся схема традиционной линейной экономики представлена на рис. 1.

---

[1] Опубликовано в: *Кудрявцева О. В., Митенкова Е. Н., Солодова М. А.* Циркулярная экономика как инструмент устойчивого развития России // Экономическое возрождение России. 2019. Т. 61. № 3. С. 115–126.

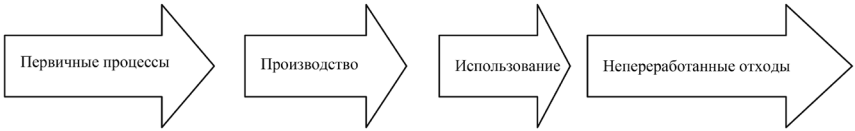


Рис. 1. Линейная экономика

В свете последних тенденций распространенной практикой становится замещение первичных ресурсов вторичными, полученными путем переработки реализовавших свою функцию товаров. Таким образом, линейная модель преобразуется в модель повторного использования ресурсов, изображенную на рис. 2.

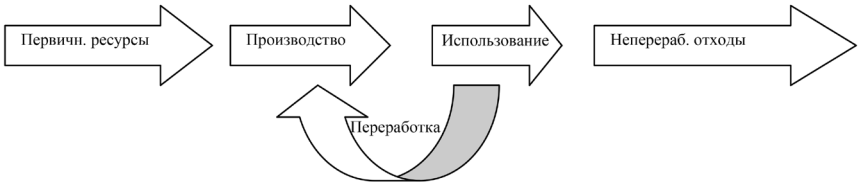


Рис. 2. Экономика, в которой отходы перерабатываются

Однако частичная переработка отходов в условиях исчерпания природных ресурсов и роста численности населения не решает проблему нехватки ресурсов, равно как и проблему безопасного и эффективного обращения с не подлежащими переработке отходами.

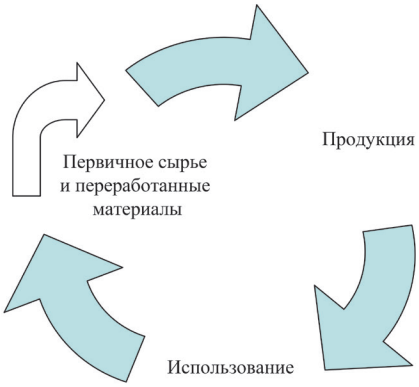


Рис. 3. Экономика замкнутого цикла

Модель циркулярной экономики (circular economy — циклическая экономика, экономика замкнутого цикла) предлагает системный пересмотр традиционной модели экономики, преобразуя производство, потребление

и переработку в единый замкнутый процесс. Согласно докладу о циклической экономике, представленному в 2012 г. на Мировом экономическом форуме, замыкание ресурсных цепей при производстве и потреблении товаров длительного пользования может сэкономить до 380 млрд долл. [14].

Зарождение циркулярной экономики как целостного подхода можно отнести к 70-м гг. XX в. [6]. На формирование модели циклической экономики повлияла концепция performance economy, предложенная У. Стахелем, в которой изначально рассматривалась возможность замещения трудовых ресурсов энергетическими и которая впоследствии расширилась до системного взгляда на экономику как систему замкнутых производственных цепей. У. Стахель одним из первых показал важность достижения ресурсоэффективности и перехода от продажи товаров к оказанию услуг [28]. Впоследствии появились и другие концепции, такие как Cradle-to-Cradle (C2C) и биомимикрия. Концепция C2C, развитая химиком М. Браунгартом и дизайнером У. Макдонахом, предполагает достижение безотходности производства в результате продуманного дизайна продукта и производственного процесса. На сегодняшний день существует запатентованная сертификация C2C, которую получили более 250 компаний (в их числе такие крупные международные корпорации, как Amazon и Walmart). Биомимикрия предлагает при проектировании продуктов, процессов и экосистем опираться на примеры устойчивых систем из окружающей среды, обладающих требуемыми свойствами. С концепцией циклической экономики также тесно связаны понятия индустриальной экологии, природного капитализма и «синей экономики» (blue economy) [17].

Циклическая экономика часто определяется исследователями с помощью приведенного выше противопоставления традиционной линейной экономике, однако единой концепции в литературе не сформировалось. Многие организации определяют циркулярную экономику через инструменты и бизнес-модели, позволяющие достичь более длительного и интенсивного использования материалов. В то же время в публикациях в рецензируемых журналах часто добавляются одно или несколько направлений устойчивого развития как цель циклической экономики (как правило, экономическое, реже экологическое) [23]. Некоторые исследователи намеренно расширяют базовое понятие циклической экономики, указывая, что она должна способствовать устойчивому развитию по всем направлениям [24]. Для целей статьи мы будем использовать в качестве базового определение Ellen MacArthur Foundation [17], рассматривающее экономику замкнутого цикла как систему, в которой ресурсы, материалы, компоненты и товары приносят максимальную полезность в каждый момент времени, что позволяет отделить развитие мировой экономики от потребления конечных ресурсов. В этом определении предусмотрена возможность, но не необходимость, позитивного влияния циркулярной экономики на окру-

жающую среду и создание новых рабочих мест. Для анализа уровня развития циклической экономики в мире и в России удобно также обратиться к определению Организации экономического сотрудничества и азвития (ОЭСР) [25], согласно которому циркулярная экономика представляет собой совокупность бизнес-моделей, замыкающих, замедляющих и сужающих продуктовые и материальные потоки для сокращения конечного объема потребления исчерпаемых ресурсов. К таким бизнес-моделям относятся замыкание поставок, восстановление ресурсов, продление срока жизни продукции, совместное пользование и продуктово-сервисные модели. Далее мы кратко прокомментируем характерные черты экономики замкнутого цикла, используя эти бизнес-модели.

Для продуктов в рамках циклической экономики характерно удлинение жизненного цикла. В течение их использования производитель осуществляет техническое обслуживание и капитальный ремонт, последовательно используются опции трейд-ин (сданный старый товар засчитывается при покупке нового), ремануфактуринга (частичная замена составных частей и докомплектация для достижения расширенного функционала), апсайклинга (использование товара в новой роли после необходимой модификации), переработки. Переориентация бизнес-процесса с разовой продажи на поддержку в течение жизненного цикла часто способствует переходу к продуктово-сервисным моделям в отраслях, для которых такая модель не была характерна. Например, ряд производителей бытовой техники, компьютеров и смартфонов (такие как Apple) уже используют формат ежемесячной подписки в обмен на обслуживание устройств и их замену на более новые модели с определенной периодичностью.

Материально-ресурсные цепи замыкаются не только внутри отдельных корпораций, но и в результате взаимодействия нескольких компаний в рамках региона, страны или даже мира. Создаются целые индустриальные парки, внутри которых замыкаются материальные цепи, и в качестве примера можно привести экоиндустриальный парк Калуннборг в Дании [22]. Нередко крупные транснациональные корпорации замыкают материальные цепи в рамках своей структуры: H&M собирает использованную одежду по всему миру для ее последующей переработки на нескольких заводах в джинсовую ткань.

Дополнительный рост эффективности использования ресурсов можно получить в результате совместного пользования имеющимися в собственности потребителей товарами, которое имело место и раньше, но сейчас приобрело масштабируемость за счет высокой плотности населения в городах и новых возможностей информационных и коммуникационных технологий.

Важно, что продуктово-материальные потоки в концепции циклической экономики изначально планируются таким образом, чтобы ми-

нимизировать потери ресурсов в ходе их использования и переработки. Товары длительного пользования проектируются так, чтобы после реализации полезности быть переработанными с минимальными затратами и последствиями для окружающей среды. Что касается товаров потребления, их производство должно осуществляться из биологически перерабатываемых материалов: в результате анаэробного сбраживания или компостирования остатки потребления перерабатываются в энергию с последующим использованием побочных продуктов или их безопасным возвращением в биосферу. Это означает, что проблема отходов и их переработки при полном переходе к модели циклической экономики практически снимается.

Однако ОЭСР рассматривает восстановление ресурсов из отходов как отдельную бизнес-модель циклической экономики, отмечая при этом приоритетность предотвращения образования отходов за счет повторного использования, продления жизненного цикла и совместного пользования там, где это возможно [25].

Отдельным важным контуром внутри экономики замкнутого цикла является концепция низкоуглеродной экономики, которая предполагает рациональное использование ресурсов, сокращение выбросов парниковых газов, развитие социальной ответственности бизнеса и его ориентированности на экологизацию производства, повышение энергоэффективности, а также снижение потребления традиционных ископаемых источников энергии и переход к более широкому использованию возобновляемых источников энергии. В рамках модели циркулярной экономики технологии возобновляемой энергетики рассматриваются с двух сторон.

С одной стороны, данные технологии сами по себе основаны на использовании возобновляемых источников энергии, а также способствуют решению проблемы изменения климата за счет сокращения выбросов парниковых газов. Использование энергии, произведенной на основе возобновляемых источников энергии, также является одним из принципов экологического проектирования (дизайна) продукта, лежащего в основе модели циркулярной экономики.

С другой стороны, производство оборудования для электростанций, генерирующих энергию на основе возобновляемых источников энергии, требует большого объема материальных ресурсов. В то же время активное строительство подобных электростанций создает проблему утилизации отдельных элементов оборудования, в частности фотоэлектрических модулей, срок службы которых составляет 25–30 лет. Так, в Европе была принята резолюция, предусматривающая расширенную ответственность производителей фотоэлектрических модулей за их утилизацию: это означает, что конечные пользователи не несут дополнительных расходов по окончании жизненного цикла модулей [3].

Решение этих проблем лежит в сфере:

- увеличения жизненного цикла и нормы переработки использованных элементов оборудования подобных электростанций. В частности, это актуально для оборудования солнечных фотоэлектрических станций, в элементах которого используются редкоземельные металлы;
- применения принципов экологического дизайна, также способствующего увеличению жизненного цикла элементов, при проектировании оборудования для электростанций возобновляемой энергетики [21].

В настоящее время многими исследовательскими группами в рамках университетов, государств и организаций разрабатываются индикаторы, характеризующие цикличность отдельной компании, отрасли или экономики в целом, причем большая часть индексов и показателей разрабатывается и публикуется исследователями и организациями из Европы, Китая и Северной Америки [27]. В зависимости от целей и специфики используются как отдельные индикаторы и показатели, отражающие эффективность и интенсивность использования ресурсов, энергии, земли, так и комплексные, например, углеродный след [13]. В ЕС, Китае и ряде других стран разработаны системы индикаторов циклической экономики. Единого подхода к оценке соответствия экономики принципам циркулярной до настоящего времени нет. Так, система показателей Китая нацелена на измерение продуктивности использования ресурсов и энергии и показателей эффективности утилизации отходов. В то же время в ЕС дополнительно отслеживаются обеспеченность природными ресурсами, а также валовой продукт, уровень инвестиций, количество зарегистрированных патентов и число рабочих мест, созданных в области циклической экономики [18; 19].

Комплексные индексы или системы показателей также предлагаются на микро- (компании) и на мезоуровнях (отрасли, бизнес-экосистемы). Одним из наиболее используемых и обсуждаемых в литературе комплексных индексов на уровне компании является разработанный Ellen MacArthur индекс цикличного использования ресурсов (Material Circularity Index, MCI), учитывающий интенсивность использования природных ресурсов на этапе создания, интенсивность и продолжительность использования продукта, эффективность повторной переработки и уровень потерь материалов при переработке [16]. Однако для оценки соответствия принципам цикличности исследователи часто используют специально подобранный набор индексов для учета специфики компаний/отраслей, а индекс циркулярного использования ресурсов рекомендуется анализировать совместно с показателями выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду на протяжении жизненного цикла продукта [13].

Однако наиболее важным для внедрения циклической модели экономики является вовлечение производителей, исследователей из различных дисциплинарных областей, потребителей и государства в процесс формирования новых моделей производства и потребления. Примером такого взаимодействия является проект CIRC4Life в рамках программы ЕС «Горизонт-2020». В рамках трехлетнего проекта представители 17 частных компаний из восьми стран ЕС в партнерстве с представителями общественных организаций, институтов управления и исследователями разрабатывают бизнес-модели для четырех пилотных товарных групп: светодиодная продукция, мобильные устройства, овощеводство и мясная промышленность. В рамках CIRC4Life также разрабатывается программное обеспечение для оценки экологического влияния альтернативных способов производства продукции. Такая программа позволит осуществлять выбор наиболее устойчивых моделей производства на уровне отдельных компаний и регулирующих институтов, а также создавать стимулы для потребителей к выбору продукции, сопряженной с минимальным вредом окружающей среде на протяжении ее жизненного цикла. В ноябре 2018 г. один из авторов данной статьи принял участие в Innovation Camp в Варшаве в рамках CIRC4Life в качестве приглашенного эксперта [12].

Организации и исследователи отмечают значительный потенциал экономики замкнутого цикла для достижения экономических и экологических Целей устойчивого развития. За счет переориентации самого предмета отношений между покупателем и поставщиком с передачи прав собственности на товар на создание долгосрочной ценности для конечного пользователя отрицательные экстерналии избыточного потребления ресурсов включаются в производственную функцию поставщика. Отлаженный процесс планирования материальных потоков, необходимый для воспроизводства в рамках циклической модели, позволит осуществлять мониторинг потребления и запасов природных ресурсов, что, в свою очередь, является критически важным инструментом управления устойчивым развитием в рамках отдельной компании, территории и в мировом масштабе.

Однако уже из анализа определений циркулярной экономики видно, что ее роль для устойчивого развития не так однозначна. Как можно заметить из истории формирования концепции циклической экономики, она представляет собой ответ бизнес-среды и стран—импортеров природных ресурсов на надвигающиеся угрозы, связанные с ростом цен и потенциальной нехваткой ресурсов для бесперебойного производства. Таким образом, достижение целей устойчивого развития с помощью внедрения циклических бизнес-моделей возможно до тех пор, пока оно не противоречит решению первоначально возникшей задачи преодоления нехватки ресурсов.

Выделим ключевые противоречия концепций циклической экономики и устойчивого развития, которым необходимо уделять дополнительное внимание при формировании политики, нацеленной на внедрение циклических моделей:

1. Возможный рост неравенства. В силу сокращения потребления ресурсов неизбежно уменьшается количество рабочих мест в добывающих и перерабатывающих отраслях. Это сокращение будет частично восполнено появлением новых рабочих мест, сопровождающим рост «циклической» составляющей экономики. Однако с учетом возрастающей концентрации циклических моделей в более экономически развитых странах это приведет к дальнейшему перераспределению богатства в пользу развитых стран, что вместе с падением конкурентоспособности продукции «линейной» экономики привлечет еще большее расхождение уровня жизни в развитых и развивающихся странах. Помимо межстранового неравенства, в силу разных возможностей внедрения и масштабирования циркулярных моделей в высоко урбанизированных районах с большой плотностью населения и в сельской местности, а также сокращения рабочих мест наиболее социально уязвимых слоев населения вероятно также усиление различий в уровнях жизни между отдельными территориями и группами населения внутри отдельного государства.

2. В результате уменьшения потребления ресурсов ожидается и сокращение выбросов, однако экстерналии, связанные с выбросами в окружающую среду и с безопасностью продукции, сохраняются, как и потребность в экологическом регулировании и внедрении наилучших доступных технологий.

3. Несмотря на увеличение жизненного цикла товара, большая часть решений все еще принимается в пределах одного поколения, таким образом, вопрос равенства поколений остается открытым.

4. Наиболее часто используемая методология Lifecycle Assessment (LCA) не позволяет оценить эффект «отскока» (rebound effect), т.е. роста потребления за счет увеличения доступности блага.

В России концепции устойчивого развития и «зеленой» экономики находятся в фокусе внимания научного сообщества [11]. В рамках проекта Российского фонда фундаментальных исследований под руководством автора осуществляется исследование использования биологических ресурсов в динамике, включая экспорт и импорт, составлена таблица использованных и неиспользованных ресурсов, ставших отходами, оценено положение производства некоторых видов биологической продукции с точки зрения циркулярной экономики. Однако принципы циклической экономики в полной мере не осознаны государством и бизнес-сообществом, и их внедрение и исследования носят точечный характер. Диффузия циклических бизнес-моделей затруднена «эффектом колеи», сравни-

тельной дешевизной ресурсов, а также общими с европейскими странами барьерами, связанными с потребительскими предпочтениями удобства и статуса, масштабируемостью и доступностью.

В табл. 1 приведены некоторые показатели в сравнении с аналогичными показателями 28 стран ЕС, которые могут характеризовать уровень развития циркулярной экономики в России.

Таблица 1

Некоторые показатели распространения циклических бизнес-моделей в России[1]

Бизнес-модель	Показатель	Единица измерения	Год	ЕС-28	Россия
Совместное потребление	Доля рынка Airbnb в выручке гостиниц	%	2016	5	<1
Переработка отходов	Доля перерабатываемых твердых коммунальных отходов	%	2018	46	7
Переработка отходов	Доля продукции, произведенной из макулатуры	%	2017	72	32
Оптимизация использования ресурсов	Энергоемкость ВВП	кг условного топлива на 10 тыс. руб.	2017	20	100

Необходимо отметить отсутствие статистики по большей части приведенных показателей и неполноту представленных измерений. Так, например, интерпретация показателя энергоемкости ВВП без учета разницы в доходах и доступа к источникам энергии будет некорректной. Вопрос разработки системы индикаторов циркулярной экономики для России на текущий момент остается открытым. Однако даже на основании собранной информации приходится отметить отставание России от стран ЕС в части эффективности использования ресурсов с использованием циклических бизнес-моделей.

Наиболее заметно реформирование системы обращения с отходами. Законодательство в области переработки отходов претерпело существенные изменения: введены расширенная ответственность производителя, институт регионального оператора по обращению с отходами. Кроме того,

[1] Составлено на основе: Росстат. Технологическое развитие отраслей экономики. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/technol/5-3.xls; Eurostat. Circular economy indicators. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators; Eurostat. Energy intensity. URL: https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_ind_ei&lang=en; https://expert.ru/expert/2018/17/bumaga-ne-vse-terpit/; https://www.rbc.ru/technology_and_media/08/07/2017/595f46b39a79479492a04647

создан Российский экологический оператор — публично-правовая компания, осуществляющая софинансирование инвестиционных инфраструктурных проектов в сфере отходов, а также отвечающая за ревизию территориальных схем обращения с коммунальными отходами в регионах, стандартизацию расчета тарифов и создание федеральной схемы по обращению с отходами. Сформированы справочники наилучших доступных технологий (НДТ) в сфере обращения с отходами, а именно термической обработки, размещения и утилизации отходов. Перечисленные изменения в России осуществлены с учетом опыта проектирования системы обращения с отходами европейских стран, однако приоритетные направления развития индустрии утилизации отходов значительно отличаются. Так, раздельный сбор отходов в соответствии с нормативами не является обязательным, и, что особенно критично в свете концепции циклической экономики, пищевые отходы не отделяются от прочих потенциально перерабатываемых отходов. Между тем показано, что результативность сортировки и переработки отходов, включающих пищевые отходы, значительно снижается [29]. НДТ в части способов переработки органических отходов в настоящее время не существует, равно как и практически отсутствуют мощности по переработке таких отходов.

Несмотря на активные шаги по преобразованию системы обращения с отходами и позитивные изменения, такие как рекультивация полигонов и ликвидация несанкционированных свалок, очевидно, что Россия в ходе этих мер остается в рамках модели линейной экономики. Фокус внимания и основные капиталовложения направлены на создание дополнительных мощностей по переработке отходов, в основном мусоросжигательных заводов и полигонов для размещения отходов. Сложившаяся система тарифов не создает стимулов к более предпочтительным с экологической точки зрения методам обращения с отходами: так, компаниям в 3–4 раза дешевле заплатить экологический сбор, чем организовывать сбор и доставку ПЭТ переработчику [4]. Экологический сбор, в свою очередь, поступает в доходы федерального бюджета, средства которого, как было обозначено ранее, по большей части формируют фонды финансирования наименее устойчивых способов обращения с отходами.

Еще один из провалов регулирования, отдаляющих российскую экономику от циркулярной модели, — отсутствие агентов, заинтересованных в предотвращении образования отходов: стоимость обращения с отходами достаточна невелика для юридических лиц, а в случае домохозяйств она рассчитывается исходя из нормативов, а значит, напрямую не определяется реальным потребительским поведением конкретного домохозяйства.

Необходимость совершенствования системы обращения с отходами в России показывают и расчеты специальных индексов развития цикли-

ческой экономики. Так, нормы утилизации продукции в России намного ниже принятых в странах, где экономика замкнутого цикла начала развиваться раньше. При помощи индексов также можно определить, насколько отдельным отраслям удается воплощать принципы циклической экономики, оценить их роль в вышеуказанном смысле, проанализировать их динамику, а также изучить и спрогнозировать эффект от введения различных нормативов утилизации продукции в отраслях. Согласно Распоряжению Правительства РФ от 28.12.2017 № 2971-р «О нормативах утилизации отходов от использования товаров», на 2018–2020 гг. нормы утилизации для шин и покрышек составляют в 2018 г. 20%, в 2019 г. — 25%, в 2020 г. — 30%, что далеко от европейских. Если оценить российский уровень развития циклической экономики в области обращения с ТКО в 2015 г., то он будет значительно ниже немецкого (6 и 55% соответственно) [6].

Как было отмечено выше, развитие циркулярной экономики тесно связано с низкоуглеродной экономикой, одним из индикаторов которой является сокращение выбросов парниковых газов. В России была поставлена цель, закрепленная в Указе Президента РФ в 2013 г.: объем выбросов парниковых газов в 2020 г. должен был составлять не более 75% от их объема в 1990 г. [2]. При этом, по данным Федеральной службы государственной статистики в 2017 г., около 78,9% от всего объема выбросов парниковых газов приходился на сектор «Энергетика» [8]. Это обусловливает актуальность целей, поставленных в Распоряжении от 13.11.2009 № 1715 «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года»: сокращение антропогенной нагрузки на окружающую среду и развитие возобновляемой энергетики [1]. Несмотря на то что программа государственной поддержки данной отрасли применяется с 2013 г., доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии составила всего 0,24% в 2018 г. [9]. Низкий уровень распространения возобновляемой энергетики препятствует развитию циркулярной экономики в России, поскольку производители ограничены в возможностях реализации принципа экологического дизайна продукта ввиду отсутствия доступной «зеленой» энергии.

Экономика совместного пользования развивается в России значительными темпами, прибавив 30% объема в 2018 г. по сравнению с 2017 г. и достигнув оборота 511 млрд руб. При этом 72% рынка представляет собой онлайн-торговля бывшими в употреблении вещами, еще 19% — биржа фриланса [7]. Что касается каршеринга, карпулинга, краудфандинга и краткосрочной аренды жилья, их обороты в России значительно уступают европейским.

С учетом природно-ресурсного потенциала России экономические и экологические выгоды от применения и масштабирования циклических бизнес-моделей огромны. Однако существующие административ-

ные и экономические барьеры вместе с капитальными ограничениями и технологическим отставанием без активного вмешательства государства, научного и бизнес-сообщества, а также потребителей с высокой вероятностью приведут к сохранению низкой ресурсоэффективности и структурного перекоса в пользу добывающих и обрабатывающих отраслей. Помимо прямых экономических и экологических потерь это вместе со взятым развитыми странами курсом на замыкание производственных цепей и стимулирование устойчивых моделей потребления несет дополнительные экономические и социальные угрозы для уровня жизни и неравенства в России, конкурентоспособности ее продукции на мировой арене и перспектив устойчивого развития в целом. Поэтапная структурная перестройка вместе с приближением стоимости природных ресурсов к справедливой оценке и стимулированием технологической перестройки и проектированием циркулярных продуктов и потоков в рамках крупнейших предприятий, генерирующих большую часть валового продукта, могут смягчить эти риски.

Помимо этого необходимо разработать и затем отслеживать динамику системы индикаторов эффективного использования ресурсов и цикличности экономики: в настоящее время ни один показатель в рамках цели устойчивого развития по ответственному производству и потреблению не разрабатывается. В дополнение к этому создание базы данных производства продукции на основе LCA, продвижение устойчивых моделей потребления среди широкой общественности вместе с выработкой экономических стимулов к выбору более экологичной продукции могут создать дополнительные благоприятные условия для появления и совершенствования циклических бизнес-моделей.

Применение и масштабирование циклических бизнес-моделей в России в условиях существующей структуры экономики представляет собой нетривиальную задачу. Сбалансированная программа постепенной структурной и технологической перестройки с учетом последствий перераспределения доходов, затрат на технологическую адаптацию и создание механизмов финансирования может быть выработана совместными усилиями ключевых стейкхолдеров: государства, научного и бизнес-сообщества, общества в целом. Вместе с мероприятиями по достижению ключевых социальных и экологических показателей внедрение принципов циркулярной экономики должно способствовать устойчивому развитию России.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 № 1715-р «Об энергетической стратегии России на период до 2030 года». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_94054/

2. Указ Президента Российской Федерации от 30.09.2013 № 752 «О сокращении выбросов парниковых газов». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_152515/
3. Directive 2012/19/EU of the European parliament and of the council of 4 july 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). URL: http://www.solarwaste.eu/wp-content/uploads/2014/04/WEEE-Recast-Dir-EN-20120704.pdf
4. *Гаркуша А.* Узко, широко и еще шире. Расширенная ответственность производителя — как это работает / А. Гаркуша // Экология и право. № 72. 09.2018. С. 2223. URL: https://network.bellona.org/content/uploads/sites/4/2015/09/EiP_72_10.pdf
5. *Кудрявцева О. В.* Циркулярная экономика как управленческая стратегия // История управленческой мысли и бизнеса. Менеджмент и роли менеджеров: вчера, сегодня, завтра: Материалы XX международной конференции 28–30 июня 2019 г. / под науч. ред. В. И. Маршева. М.: Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2019. URL: https://www.econ.msu.ru/sys/raw.php?o=56524&p=attachment
6. *Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Ветрова М. А.* Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2017. Т. 33 (2). С. 244–268.
7. РАЭК. Экономика совместного потребления в России 2018. [Электронный ресурс]. URL: https://raec.ru/upload/files/raec-sharing-economy-nov2018.pdf
8. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. Выбросы парниковых газов по секторам. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/oxrana/tabl/kl-1.xlsx (дата обращения: 13.07.2019).
9. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. Технологическое развитие отраслей экономики. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/technol/5-3.xls (дата обращения: 17.07.2019).
10. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. Эффективность экономики России. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/effect/energo.xls (дата обращения: 25.07.2019)
11. *Bobylev S. N, Kudryavtseva O. V, Yakovleva Ye. Yu.* Regional Priorities of Green Economy. // Economy of Region 2015. № 2 (42). P. 148–159. URL: https://library.ru/download/elibrary_25301958_29607522.pdf
12. CIRC4Life official website. URL: https://www.circ4life.eu
13. *Elia V.* Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis / Elia, V., Gnoni, M. G., & Tornese, F. // Journal of Cleaner Production. 2017. 142. P. 2741–2751. URL: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.196
14. Ellen MacArthur Foundation (2012). Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition [Электронный ресурс]. URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf
15. Ellen MacArthur Foundation (2015). Delivering the Circular Economy: a Toolkit for Policymakers [Электронный ресурс]. URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_PolicymakerToolkit.pdf

16. Ellen MacArthur Foundation (2015). Circularity Indicators: An Approach to Measuring Circularity (Methodology) [Электронный ресурс]. URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Methodology_May2015.pdf
17. Ellen MacArthur Foundation (2015). Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition [Электронный ресурс]. URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf
18. Eurostat. Circular economy indicators. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators (accessed: 23.07.2019).
19. Eurostat. Development of China's circular economy indicators. URL: https://ec.europa.eu/newsroom/ENV/item-detail.cfm?item_id=618580&newsletter_id=300&utm_source=env_newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=Beyond+GDP&utm_content=Bing+Zhu+discusses+the+development+of+Chinas+Circular+Economy+Indicator+Sy&lang=en
20. Eurostat. Energy intensity. URL: https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_ind_ei&lang=en (assessed: 26.07.2019).
21. *Gallagher J.* Adapting Stand-Alone Renewable Energy Technologies for the Circular Economy through Eco-Design and Recycling./ Gallagher J., Basu B., Browne M., Kenna A., McCormack S., Pilla F. and Styles D. // Journal of Industrial Ecology. 23. 2019. P. 133–140. URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jiec.12703#
22. Kalundborg symbiosis official website. URL: http://www.symbiosis.dk/en/
23. *Kirchherr J.* Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions / Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. Resources, Conservation and Recycling 127 (September 2017). P. 221–232. URL: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005
24. *Korhonen J.* Circular Economy: The Concept and its Limitations. / Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. // Ecological Economics. 2018. 143. P. 37–46. URL: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041
25. OECD (2019). Business Models for the Circular Economy: Opportunities and Challenges for Policy. [Электронный ресурс]. URL: https://doi.org/10.1787/g2g9dd62-en
26. OECD (2019). Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences [Электронный ресурс]. URL: https://dx.doi.org/10.1787/9789264307452-en
27. *Saidani M.* A taxonomy of circular economy indicators / Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. // Journal of Cleaner Production. 2019. 207. P. 542–559. URL: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014
28. *Stahel W.R.* 2014. Reuse Is the Key to the Circular Economy. URL: http://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/experts-interviews/reuse-is-the-key-to-the-circular-economy_en.html
29. World Bank Solid Waste Management [Электронный ресурс]. URL: http://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management
30. World Economic Forum (2014). Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf

1.2. МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ И НАДЕЛЕННОСТЬ ПРИРОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

Маликова О. И., Барабошкина А. В.

Гармонизация экономического развития и сглаживание диспропорций в уровне доступности социальных благ для граждан, проживающих на разных территориях, относятся к ключевым целям устойчивого развития [2]. Вместе с тем одними из серьезных проблем современного социально-экономического развития России являются значительная межрегинальная дифференциация и очень большой разрыв в уровне доходов и обеспечении доступа к социальным благам граждан, проживающих в разных регионах России. Для России также типичен большой разрыв в уровнях производства продукции и услуг между регионами, предопределяющий и различия в уровнях оплаты труда и доступности социальных благ.

По уровню валового регионального продукта (ВРП) и валового регионального продукта на душу населения в России наблюдаются огромные различия между территориями (рис. 1 и 2). Как правило, наиболее высокие показатели ВРП в России имеют регионы, обладающие значительным природно-ресурсным потенциалом, причем прежде всего запасами углеводородов — Ханты-Мансийский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, либо являющиеся крупными финансово-экономическими центрами, аккумулирующими на своей территории доходы, связанные в том числе с использованием природно-ресурсного потенциала и соответственно оказывающиеся центрами перераспределения финансовых потоков. Такие регионы специализируются на оказании финансовых услуг и развитии инфраструктуры — Москва, Санкт-Петербург.

Вполне неплохие абсолютные показатели валового регионального продукта имеют и крупные самодостаточные регионы с хорошим природно-ресурсным потенциалом, большой численностью населения, значительной территорией, развитой промышленностью. К гармонично развитым регионам можно отнести Республику Татарстан, Краснодарский и Ставропольский края, Свердловскую область.

Вместе с тем большая часть российских областей имеет невысокие показатели валового регионального продукта. Низкие абсолютные показатели объемов регионального производства связаны как с отсутствием богатой природно-ресурсной базы и финансовых потоков, проходящих

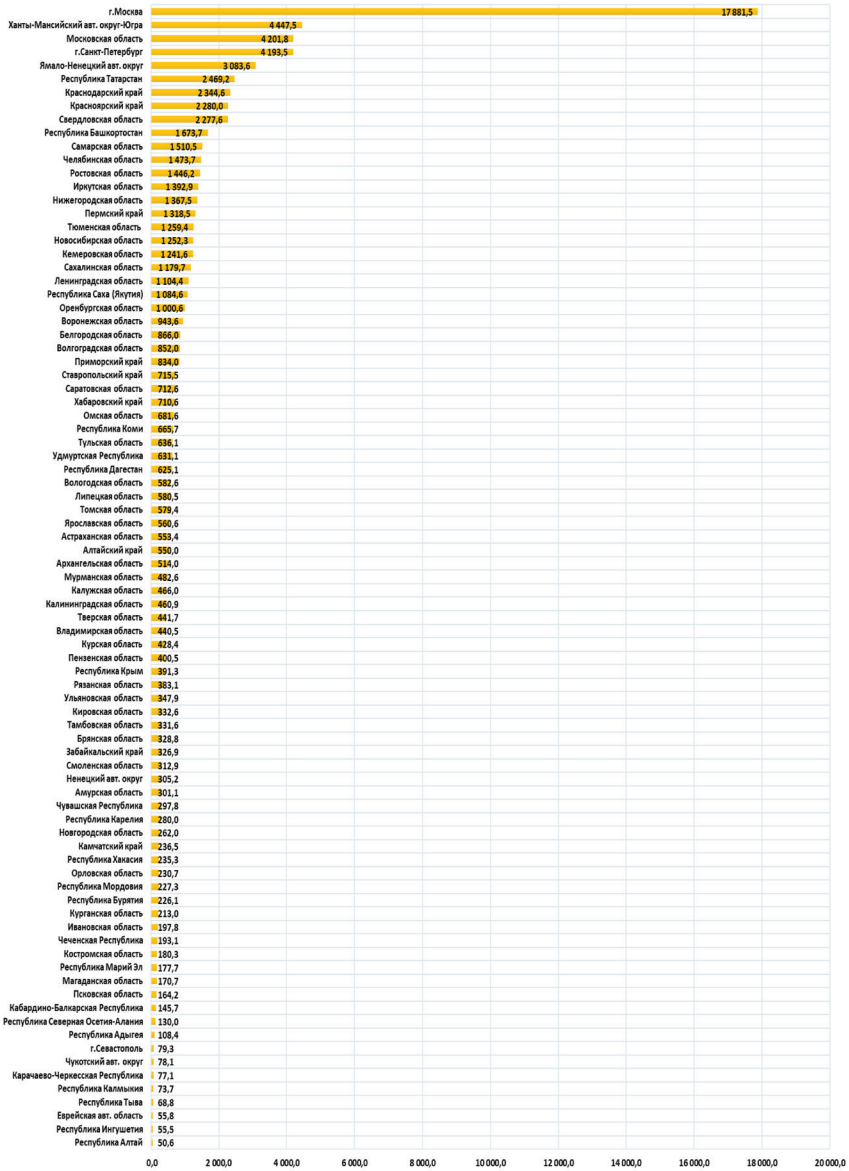


Рис. 1. Список регионов по ВРП (млрд руб.), 2018 г.[1]

[1] Данные приведены в текущих основных ценах (URL: https://mrd.gks.ru/folder/27963).

через эти территории, так и, на наш взгляд, это является основной проблемой с неразвитостью промышленности, которая потенциально могла бы обеспечивать базу для стабильного несырьевого экономического роста.

Для России характерен не только значительный разрыв в уровне валового регионального продукта, но и, что более важно, сильнейшая межрегиональная дифференциация по уровню ВРП на душу населения (рис. 2). В межрегиональной дифференциации по уровню ВРП на душу населения заметны уже иные закономерности. Самые высокие показатели ВРП на душу населения, как правило, имеют регионы с богатым природно-ресурсным потенциалом (это свойство опять повторяется) и с невысокой численностью населения — Ненецкий, Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа, Сахалинская область, Чукотский автономный округ, Магаданская область, Республика Саха (Якутия), Тюменская область, Республика Коми, Красноярский край. Единственным регионом, не наделенным богатым природно-ресурсным потенциалом, но входящим в первую десятку регионов по уровню ВРП на душу населения, является Москва. Однако именно в этом городе зарегистрировано большое число компаний, связанных с добычей углеводородов и крупные финансовые организации, и соответственно показатели хозяйственной деятельности этих компаний оказывают значительное влияние на формирование важнейших макроэкономических показателей, в том числе ВРП.

Концентрация крупного бизнеса в ограниченном числе российских регионов отмечается во многих исследованиях. По оценкам рейтингового агентства журнала «Эксперт», из 400 крупнейших компаний России 215 зарегистрированы и имеют штаб-квартиры в Москве. Совокупная выручка этих компаний превышает 65 трлн руб., а прибыль — 6,5 трлн руб. Еще 21 компания зарегистрирована в Московской области. Выручка этих компаний составляет 3,1 трлн руб.

Вторая столица — Санкт-Петербург — заметно отстает по числу зарегистрированных в этом городе компаний. Их лишь 31 с совокупной выручкой 3,3 трлн руб., что сопоставимо с показателями Московской области [7].

Серьезной проблемой является вопрос дальнейшего развития «срединных» регионов. Эти регионы практически не имеют собственных ресурсов для развития. Даже если реальная хозяйственная деятельность осуществляется на территории этих регионов, в силу регистрации головного офиса в одной из столиц львиная доля налогов поступает в федеральный Центр. Эта проблема отмечается многими исследователями [1]. Хотя за счет политики межрегионального выравнивания разрыв в уровне ВРП на душу населения удается частично сгладить, положение этой группы субъектов Федерации все равно остается сложным. За редким исключением в последние десятилетия в этих регионах так и не удалось создать заметных точек экономического роста. Разрыв в уровне ВРП и ВРП на душу населения по сравнению с регионами-лидерами в последние три десятилетия

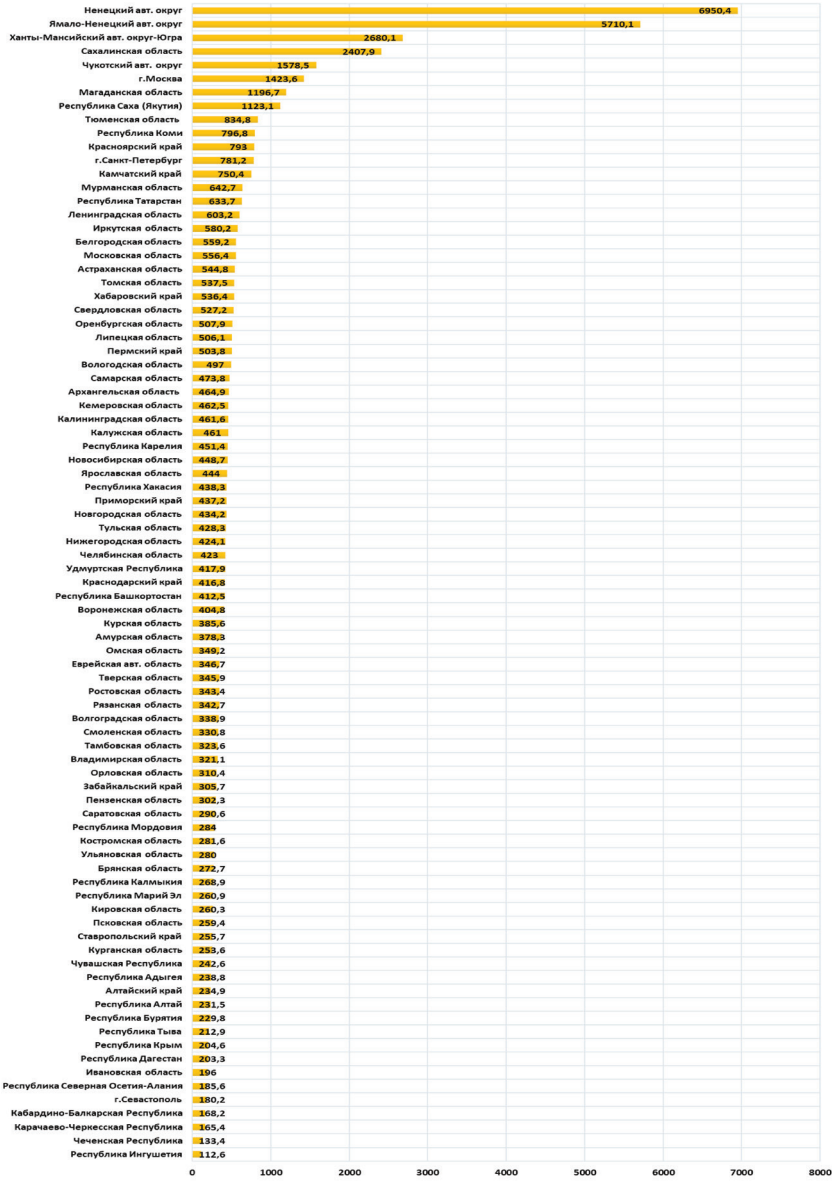


Рис. 2. Список регионов по ВРП на душу населения (тыс. руб.), 2018 г.[1]

[1] Данные приведены в текущих основных ценах (URL: https://mrd.gks.ru/folder/27963).

продолжал сохраняться на высоком уровне (рис. 3 и 4). К числу проблемных зон относится подавляющее большинство областей российского Нечерноземья и многие территории Восточной Сибири.

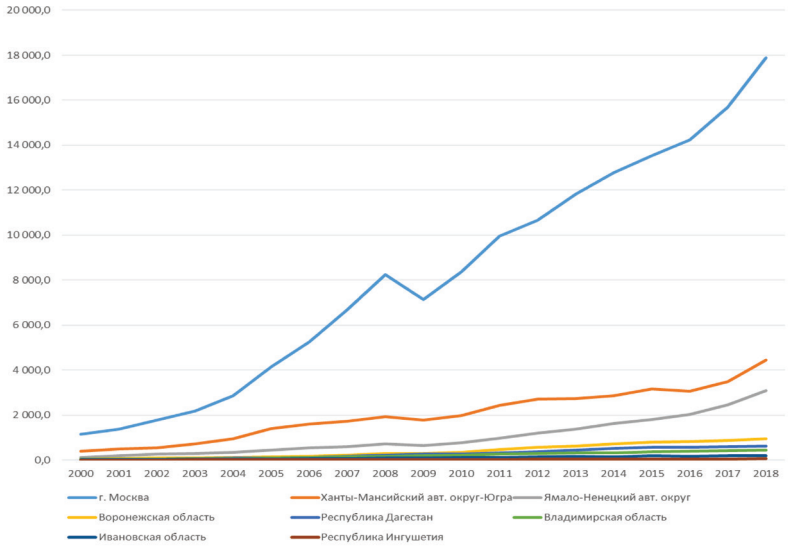


Рис. 3. Динамика ВРП некоторых регионов РФ (млрд руб.), 2000–2018 гг.[1]

С точки зрения разрыва в основных показателях, отражающих межрегиональное неравенство, российские регионы нередко различаются между собой больше, чем страны, входящие в Европейский союз. Столь значительная межрегиональная дифференциация влечет за собой комплекс взаимосвязанных проблем.

Как правило, уровень валового регионального продукта и ВРП на душу населения теснейшим образом коррелируют с показателями, отражающими среднедушевые денежные доходы населения (рис. 5). Рассматривая регионы — лидеры по уровню среднедушевого дохода на душу населения, можно отметить, что регионы, являющиеся лидерами по среднедушевым доходам (Ямало-Ненецкий, Чукотский и Ненецкий автономные округа, г. Москва, Магаданская и Сахалинская области, Ханты-Мансий ский автономный округ, Камчатский край), в своем большинстве являются и лидерами по объемам ВРП на душу населения. Такая взаимосвязь закономерна, поскольку значительные объемы производства должны влечь за собой аналогичные или близкие по масштабам доходы участников производственного процесса.

[1] Данные приведены в текущих основных ценах (URL: https://mrd.gks.ru/folder/27963).

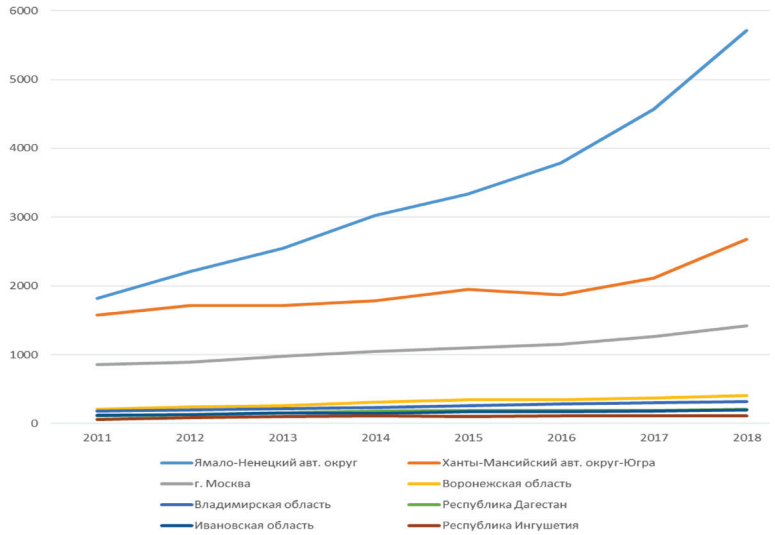


Рис. 4. Динамика ВРП на душу населения некоторых регионов РФ (млрд руб.), 2011–2018 гг.[1]

Однако в условиях России среднедушевые денежные доходы далеко не всегда коррелируют с качеством жизни (рис. 6). Лидерами по показателям качества жизни, по оценкам РБК, стали города Санкт-Петербург (7 баллов) и Москва (6,10 балла), Белгородская (5,64 балла), Московская (5,61 балла) и Воронежская области (5,31 балла)[2]. В данном случае различия в среднедушевых денежных доходах и в качестве жизни объясняются природными факторами, отсекающими с верхних строчек рейтинга качества жизни регионы со сложными природными условиями, невысокой степенью развитости социальной сферы и доступности социальных услуг для потребителей.

[1] Данные приведены в текущих основных ценах; динамика приведена с 2011 г., так как для Ханты-Мансийского автономного округа — Югры и Ямало-Ненецкого автономного округа данные доступны с 2011 г. (URL: https://mrd.gks.ru/folder/27963).

[2] Ключевыми показателями, влиявшими на оценку качества жизни по методике РБК, являлись следующие: оборот розничной торговли на душу населения; соотношение средней зарплаты в регионе и стоимости 1 кв. м жилья; соотношение просроченной задолженности по кредитам, предоставленным физическим лицам, и средней зарплаты в регионе; доля занятых, имеющих официальные трудовые доходы; соотношение банковских депозитов на душу населения к средней заработной плате; стоимость основных фондов в сферах образования, здравоохранения, культуры и спорта на душу населения; соотношение общей площади жилого фонда в регионе и населения; соотношение численности школьников и численности педагогов; соотношение численности жителей в регионе и численности врачей; природно-климатические условия в регионе.

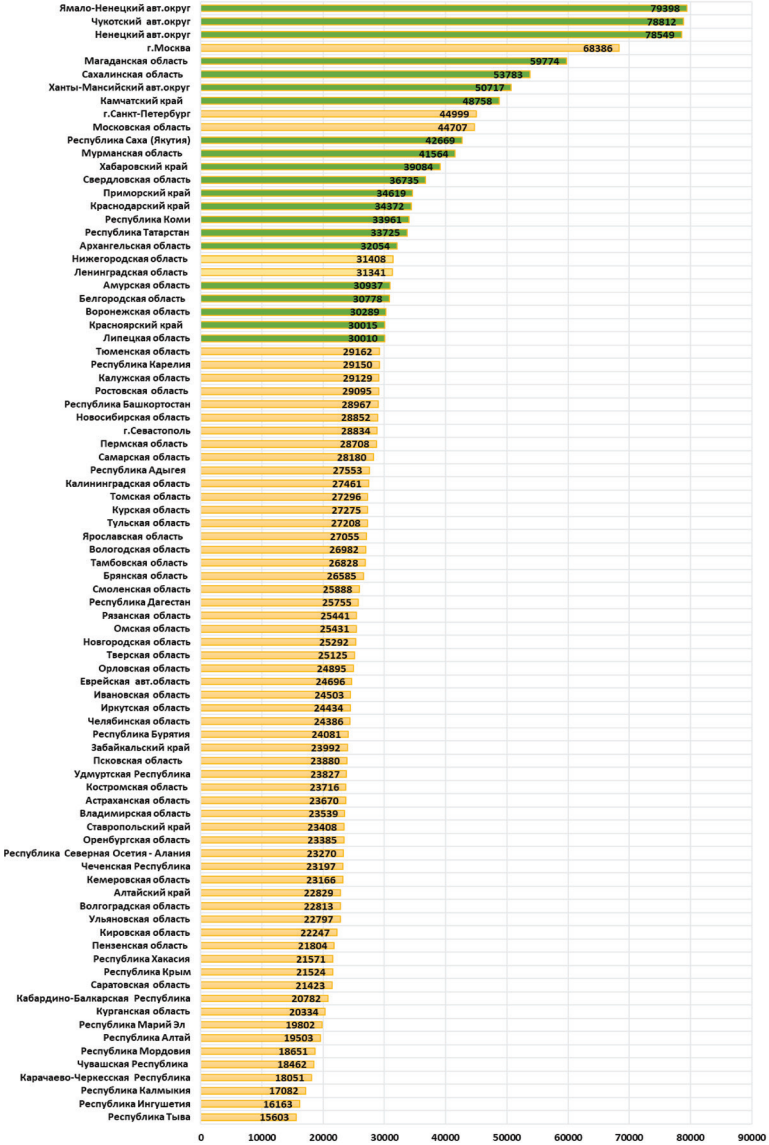
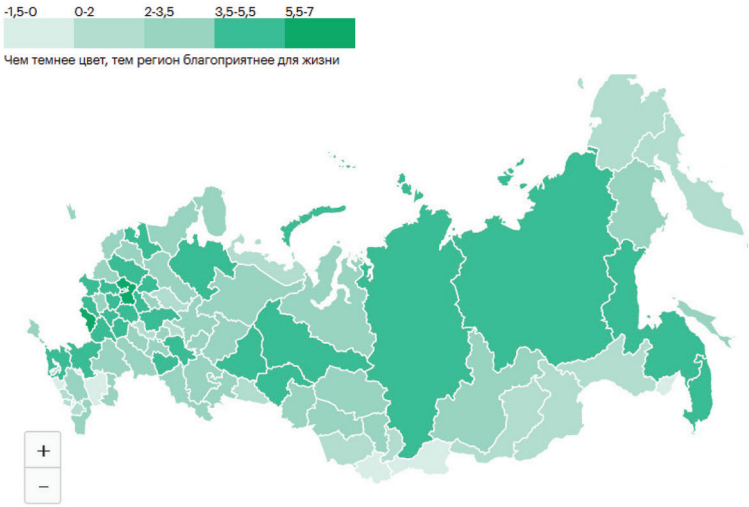


Рис. 5. Среднедушевые денежные доходы населения по субъектам РФ (руб./месяц), 2018 г.[1]

[1] URL: https://rosstat.gov.ru/folder/13397



Регион	Балл	Основные параметры
г. Санкт-Петербург	**7.00**	7.0 1.0 6.0 7.0 7.0 6.9 4.1 6.8 6.9 5.5
г. Москва	**6.10**	7.0 1.0 6.3 6.4 7.0 7.0 1.0 3.2 5.9 5.5
Белгородская обл.	**5.64**	5.4 3.3 4.4 4.5 6.3 1.8 7.0 5.8 3.9 7.0
Московская обл.	**5.61**	7.0 2.8 1.5 4.9 6.3 4.7 7.0 2.5 3.4 5.5
Воронежская обл.	**5.31**	6.4 2.7 4.2 4.3 6.8 1.6 6.5 4.9 5.0 5.5

Примечание: ключевые показатели, использованные для оценки:
- оборот розничной торговли на душу населения;
- соотношение средней заработной платы в регионе и стоимости 1 кв. м жилья;
- соотношение просроченной задолженности по кредитам, предоставленным физическим лицам, и средней заработной платы в регионе;
- доля занятых, имеющих официальные трудовые доходы;
- соотношение банковских депозитов на душу населения к средней заработной плате;
- стоимость основных фондов в сферах образования, здравоохранения, культуры и спорта на душу населения;
- соотношение общей площади жилого фонда и населения;
- соотношение численности школьников и численности педагогов;
- соотношение численности жителей и численности врачей в регионе;
- природно-климатические условия в регионе.

Рис. 6. Рейтинг регионов по качеству жизни, 2018 г. [6]

Качество жизни, уровень получаемых денежных доходов наряду с устоявшимися традициями и родственными связями являются важными факторами, определяющими выбор индивидами места постоянного проживания. В условиях традиционного уклада общества, прочных семейных связей изменения протекают медленно. В современном динамичном обществе при разрыве связей между поколениями потенциальный уровень доходов и ожидаемое качество жизни становятся ключевыми факторами, влияющими на принятие решения о смене постоянного места жительства.

Для современной России становятся типичными две особенности в сфере расселения населения и миграционных процессов:

- значительно более высокая плотность населения в европейской части территории страны, концентрация населения вдоль оси Санкт-Петербург — Москва — Краснодарский и Ставропольский края (рис. 7);
- интенсивная миграция населения из дальневосточных регионов страны в западные регионы, прежде всего в Москву и Санкт-Петербург (рис. 8).

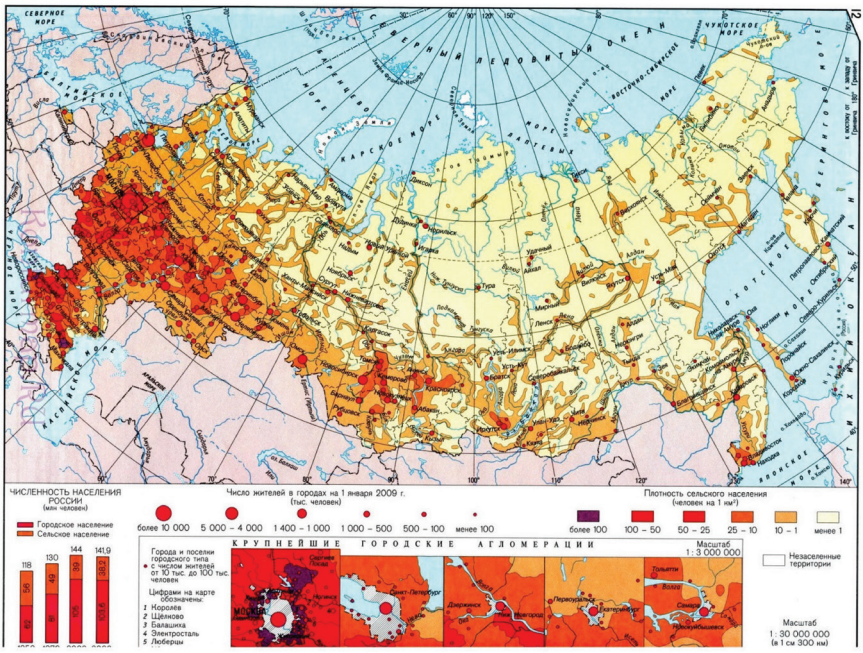


Рис. 7. Плотность населения в Российской Федерации[1]

[1] URL: https://clck.ru/S9hNT

Москва и Московская область, Санкт-Петербург и Ленинградская область, Тюменская область в последнее десятилетие стали одними из основных центров притяжения трудовых мигрантов. Одновременно регионы Дальнего Востока и Центрального Нечерноземья теряли трудовой потенциал и соответственно будущие возможности экономического роста и динамичного развития. Именно трудовые ресурсы являются одним из ключевых факторов экономического роста. С учетом возрастного состава миграции, охватывающей молодежь и лиц трудоспособного возраста, регионы оказываются вдвойне проигравшими: уезжают те, кто в ближайшие десятилетия должен был бы развивать региональное производство, создавать валовой региональный продукт, а остаются лица старших возрастных групп, те, помощь кому в ближайшие годы будет необходимо оказывать из региональных бюджетов. Таким образом, возрастает нагрузка на региональные бюджеты и исчезают возможности для будущего экономического роста, что провоцирует дальнейшее усугубление социально-экономических проблем «периферийных» регионов.

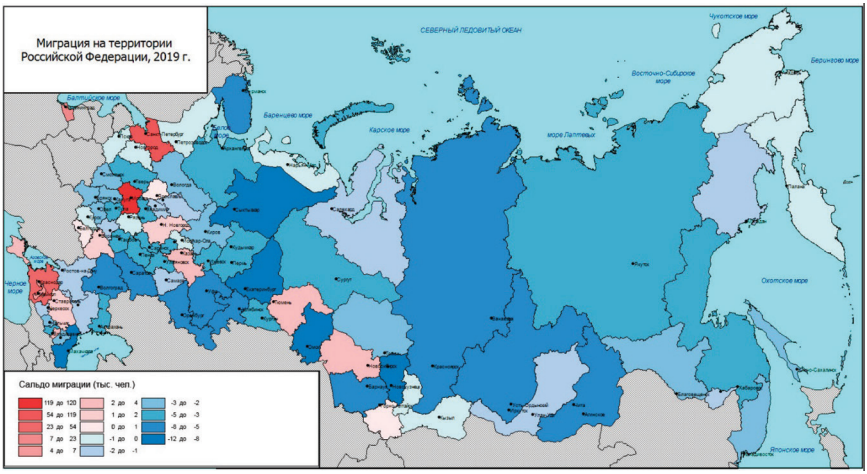


Рис. 8. Миграционный рейтинг субъектов РФ (при подсчете сальдо учитывалась только межрегиональная миграция в пределах России), 2019 г., тыс. человек[1]

В ближайшие годы в случае отсутствия значительных изменений в региональной политике миграционные процессы, связанные с оттоком населения из периферийных регионов в центр, могут усиливаться. Как отмечается в ряде исследований, на протяжении практически двух десятилетий

[1] Составлено В. П. Шакуном на основе данных Росстата. URL: https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b20_107/Main.htm

разрыв в уровне оплаты труда между Москвой и регионами Центрального Нечерноземья увеличивался, что закономерно ориентировало на миграцию в регионы с более высоким уровнем оплаты труда [5].

Выход из складывающейся ситуации в современной России заключается в политике перераспределения налоговых поступлений и предоставлении межбюджетных трансфертов. Подавляющее большинство субъектов Федерации получают дотации из федерального бюджета. Причем к числу дотационных регионов относятся не только небольшие проблемные регионы, но и крупные регионы, наделенные богатым природно-ресурсным потенциалом, например Республика Саха (Якутия), а нередко и с развитым промышленным потенциалом — Красноярский край. В 2020 г. не получали дотации лишь Калужская, Ленинградская, Московская, Самарская, Сахалинская, Свердловская и Тюменская области, Республика Татарстан, города федерального значения Москва и Санкт-Петербург, Ненецкий, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа [4].

Важно также отметить, что более 50% поступления средств в федеральный бюджет давали лишь четыре региона — Ханты-Мансийский автономный округ, г. Москва, Ямало-Ненецкий автономный округ и г. Санкт-Петербург (рис. 9).

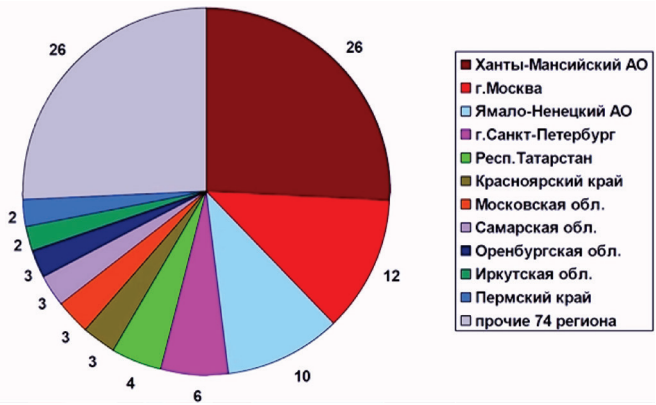


Рис. 9. Кто «кормит» федеральный бюджет? Доля регионов в поступлении налогов в федеральный бюджет в 2018 г., в %[1]

К числу крупных плательщиков средств в федеральный бюджет также относились Республика Татарстан, Красноярский край, Московская, Самарская, Оренбургская, Иркутская области и Пермский край. Осталь-

[1] Выступление Н. Зубаревич в Совете Федерации. URL: https://www.youtube.com/watch?v=3J7X4fN4vP0

ные 74 региона России обеспечивали лишь около четверти всех бюджетных поступлений. Таким образом, можно говорить о крайне неравномерном вкладе регионов в формирование федерального бюджета страны, низком уровне обеспеченности собственными ресурсами для развития большинства регионов Российской Федерации. Следствиями такой ситуации является, как отмечалось выше, значительная неравномерность уровней социально-экономического развития субъектов Федерации, стремление граждан к переезду в наиболее богатые регионы с высокими среднедушевыми доходами населения, развитой социальной сферой и богатой культурной жизнью.

В складывающейся ситуации для современной российской региональной политики формируется ряд серьезных вызовов. К ключевым вызовам можно отнести:

- создание условий для экономического, прежде всего промышленного, роста российских регионов, не наделенных богатой сырьевой базой;
- гармонизация пространственного развития, создание условий для формирования в российских регионах комфортной среды проживания, сокращения оттока из регионов лиц трудоспособного возраста. Данная задача может быть, в частности, решена за счет развития региональных систем высшего и среднего специального образования и возврата на федеральный уровень части бюджетных полномочий в сфере финансирования социальной сферы в целях выравнивания уровней оплаты труда. Необходимо также разрабатывать механизмы реализации проектов социо-эколого-экономической направленности в регионах на основе долевого финансирования и активно их осуществлять [3].

Значительную роль в создании предпосылок для развития промышленного потенциала регионов и закрепления населения в восточной части территории страны могут сыграть глубокая перестройка структуры национальной экономики и изменения в энергетическом комплексе. Россия относится к числу государств с богатейшим природно-ресурсным потенциалом, в частности страна обладает значительными запасами углеводородов. Однако уровень газификации населенных пунктов в России, особенно в ее восточной части, по-прежнему остается низким. Отсутствие коммунальных благ: централизованного отопления, водоснабжения, — низкая транспортная доступность, обусловленная неразвитостью дорожной сети, оказываются важными факторами, определяющими качество жизни и выбор гражданами постоянных мест проживания. Развитие программ газификации населенных пунктов наряду с созданием возможностей для развития систем альтернативной электрогенерации, особенно в изолированных поселках, может стать одним из механизмов повышения качества жизни

и создания предпосылок для развития производства. Глубокая перестройка структуры национальной экономики в направлении развития малых форм производства (ориентация на разработку небольших месторождений полезных ископаемых, малотоннажное производство сжиженного природного газа, малотоннажная химия — все эти виды деятельности получили быстрое развитие в последние два десятилетия вследствие технического прогресса, позволившего на основе применения новых технологических решений обеспечить окупаемость маломасштабных производств) и одновременно жесткое соблюдение экологических норм, бережное отношение к окружающей среде, ориентация на рециркуляцию отходов потенциально могут значительно изменить картину пространственного развития и создать предпосылки для экономического роста в российских регионах.

Список литературы

1. *Зубаревич Н. В.* Стратегия пространственного развития: приоритеты и инструменты // Вопросы экономики. 2019. № 1. С. 135–145.
2. Декларация по окружающей среде и развитию. Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года. Принцип 5. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml
3. *Новоселов А. Л., Потравный И. М., Новоселова И. Ю., Чавез Феррейра К. Йе.* Механизм реализации инвестиционных проектов экологической направленности на основе долевого финансирования // Экономика региона. 2018. Т. 14, вып. 4. С. 1434–1443.
4. Опубликован перечень дотационных субъектов РФ на 2020 год // ГАРАНТ.РУ. URL: http://www.garant.ru/news/1304783/#ixzz6b1ehdLKr
5. *Рязанов В.* Из Москвы — в «роднополисы» // Эксперт. 2020. № 43. 18–25 октября. С. 9.
6. РБК составил рейтинг регионов по качеству жизни. URL: https://www.rbc.ru/economics/21/07/2020/5f0ece439a79470d37b66efc
7. Эксперт-400. Ежегодный рейтинг крупнейших компаний. Москва — дом «Эксперт-400» // Эксперт. 2020. № 43. 18–25 октября. С. 72.

1.3. МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ (МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ) РОССИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АНАЛИЗА ДАННЫХ

Сидоренко В. Н., Милюта Е. К.

Введение. В современном мире устойчивому развитию уделяется большое внимание. Это связано с нарастающими темпами развития стран, урбанизацией, глобализацией, развитием технологий и повышением мобильности человеческого капитала. Если в начале становления экономики как науки ее считали наукой о том, как оптимально распределять ресурсы между неограниченными потребностями, то теперь понятие устойчивого развития вносит новые краски в этот подход. Ускорение темпов перечисленных выше процессов заставляет задуматься, как распределять ресурсы не только в пространстве, но и во времени. Ввиду этого мировым сообществом был выделен ряд ключевых целей устойчивого развития еще на пороге тысячелетий, который со временем был расширен и модифицирован. Устойчивое развитие охватывает широкий спектр вопросов различных сфер жизнедеятельности человека, что обусловливает наличие исследований на эту тему в науках как естественных, так и гуманитарных. Но, несмотря на популярность данного понятия, в связи со свойством динамичности развития интерес к нему не утихает и порождается множество новых вопросов и подходов, которые требуют всестороннего исследования, что обусловливает актуальность выбранной темы.

Вопросы моделирования устойчивого развития являются достаточно популярной темой в работах зарубежных авторов, развиваемой и отечественными учеными, и учеными ближнего зарубежья: С. Гиббонс, Х. Г. Овермэн, Э. Патаккини, Бади Х. Балтаги, П. Дадди, М. Синьорелли, Е. А. Гафарова, Т. Горшкова, В. Н. Дьяченко, С. А. Айвазян, М. Ю. Афанасьев, В. С. Тикунов, А. В. Кудров, Е. А. Пахомова, К. С. Харчева, Т. С. Шаркова, Е. В. Семерикова, О. А. Демидова, Е. В. Медведева и др. При этом прикладные вопросы моделирования устойчивого развития, отражающие особенности регионального развития, изучены недостаточно.

В данном исследовании предпринята попытка определения модели устойчивого развития Российской Федерации, отражающая особенности регионального развития. В качестве теоретической основы были взяты фундаментальные работы зарубежных и отечественных авторов. Эмпирической основой исследования послужили базы данных показателей муниципальных образований РФ, сайта Комитета государственной статистики РФ, данные для бизнеса MyData.biz и Gis-lab.info. В качестве инструментального средства исследования был выбран высокоуровневый язык программирования Python с дополнительными библиотеками, реализованный на облачной платформе Google Colaboratory, а также фреймворк машинного обучения pytorch/torchvision.

Устойчивое развитие регионов. На необходимость сбалансированного пространственного развития регионов указано в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г. [4] и Стратегии пространственного развития Российской Федерации до 2025 г. [2]. В последнем документе подчеркивается важность развития наиболее успешных отраслей и снижения региональной дифференциации. В связи с этим предлагается поддержка не регионов как таковых, а инвестирование именно в подобные отрасли. Под пространственным развитием понимается «совершенствование системы расселения и территориальной организации экономики, в том числе за счет проведения эффективной государственной политики регионального развития» [2]. Проблема дифференциации регионов до сих пор актуальна, при этом очевидное взаимодействие регионов между собой приводит к тому, что сильный, развитый регион может способствовать развитию соседних отстающих регионов.

Начиная рассматривать устойчивое развитие региона, необходимо отметить, что регион может пониматься по-разному. В толковом словаре дается следующее определение: регион (лат. regio — «страна, область, район») — это определенная территория, обладающая целостностью и взаимосвязью ее составных элементов; крупное значительное пространство, охватывающее по природным и экономико-политическим условиям группу соседних государств и даже части континентов [36]. (В рамках данной работы будут рассматриваться не соседние государства, а административно-территориальные единицы.) Кроме того, ряд авторов предлагают свои определения данного понятия, часть из которых представлена в табл. 1.

Таблица 1

Определения понятия «регион»

Автор/источник	Определение региона
Некрасов Н. Н.	Крупная территория страны с более или менее однородными условиями, а главным образом — характерной направленностью развития производительных сил на основе сочетания комплекса природных ресурсов со сложившейся и перспективной социальной структурой.
Найденов Н. Д.	Совокупность предприятий различных отраслей, которая складывается в результате сочетания отраслевого и территориального разделения труда, развивается на основе ведущей специализации некоторых отраслей, потребляет имеющиеся ресурсы при наиболее полной переработке их до выпуска готовых изделий, использует общую производственную и социальную инфраструктуру, имеет управленческие структуры в системе общенационального и мирового производства и обеспечивает возможность достижения на этой основе максимального экономического эффекта.
Шнипер Р. И.	Неотъемлемая часть единой системы производительных сил и производственных отношений, он обладает прямыми и обратными производственно-экономическими, ресурсными финансово-кредитными и социальными связями с народным хозяйством.
Ускова Т. В.	Регион — относительно самостоятельная часть, подсистема народно-хозяйственного комплекса страны, которая выделилась в процессе территориального разделения труда.
Александрова А. В.	Сложная социально-экономическая система со своими структурой, функциями, связями с внешней средой, историей, культурой, условиями жизни населения. Эту систему характеризуют следующие основные критерии: высокая размерность; большое количество взаимосвязанных подсистем различных типов с локальными целями; многоконтурность управления; иерархичность структуры; сложность координирующих воздействий при высокой динамичности элементов; неполная определенность состояний элементов [40].
Маркузен А.	Регион как «исторически эволюционирующее компактное территориальное сообщество, которое содержит в себе физическое содержание, социально-экономическую, политическую и культурную среду, а также пространственную структуру, отличную от других регионов и территориальных единиц, таких как город или нация».
Мишуров С. С., Щуков В. Н.	Регион — часть территории, на которой возникает многосторонний, постоянно развивающийся комплекс связей и зависимостей между предприятиями и организациями разных отраслей.
Кормановская И. Р., Ренкас Н. Н.	Регион является открытой сложной функционирующей социо-эколого-экономической системой, на которую влияют внутренние факторы, обусловленные местным самоуправлением, и внешние, обусловленные государственной экономической и социальной политикой.

Источник: составлено на основе [14; 15; 40].

Указ Президента РФ «Об основных положениях региональной политики в Российской Федерации» определил регион как часть территории РФ, обладающую общностью природных, социально-экономических, национально-культурных и иных условий [1]. В работе [14] представлен более широкий список определений, в таблицу вынесены основные из них. Если провести синтез всех предложенных вариантов, то регион можно характеризовать как совокупность: 1) системы определенных взаимосвязей: социальных, экономических и институциональных; 2) собственного, особенного географического положения; 3) что, в свою очередь, предопределяет наличие ресурсов и потенциал для создания и развития приоритетных отраслей производства.

Таким образом, для экономического, статистического анализа требуется не просто рассматривать регион как отдельную административно-территориальную структуру, но и учитывать межрегиональные связи. Иногда границы системы таких взаимосвязей гораздо шире границ административных. Это было отражено и в Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 г. [2], где были выделены 12 макроэкономических зон, о которых говорится в Приложении № 2 к ней.

Говоря про переход к устойчивому развитию, подразумевают, что происходят перемены в социокультурной, институциональной средах, повышается уровень жизни населения, происходит рост производства на инновационной основе, при этом сохраняется способность региона противостоять негативным воздействиям внешней среды.

Регион как система подразумевает наличие внутренней и внешней среды. Внешней средой считается [29] все, что связано с подчинением региона на федеральном уровне: институциональные особенности федеративного управления. К внутренней относят подсистемы: социальную, экономическую и экологическую. Их же многие авторы называют факторами устойчивого развития [27], добавляют политико-правовой, технологический[1], институционально-структурный, информационный фактор и фактор глобализации и кооперации [27]. Под другим углом рассматривается этот вопрос в работе [42]. Там устойчивость зависит от экономической самостоятельности, уровня самофинансирования, самоокупаемости и самообеспеченности.

Экономическими факторами [40] считают эффективность структуры региона при выполнении воспроизводственных функций, уровень развитости рыночной и производственной инфраструктуры, степень пространственной дифференциации, глобализацию и экономическую интеграцию. Экологические отражают все, что связано с уровнем потребления и воспроизводства природных благ, особенности географического положения. Социальные можно подразделить на чисто социальные, т.е. все, что свя-

[1] Важность создания наукоемких производств подчеркивается в работе [17].

зано с уровнем жизни населения, его информированностью и самосознанием, и институциональные, которые отражают политические права и свободы. Более подробно факторы выделяются и описываются в работе [27].

Все это предполагает создание эффективных стратегий с учетом пространственного фактора на региональном уровне и дальнейшую их интеграцию при разработке государственной политики в области устойчивого развития [29].

Индикаторы устойчивого развития регионов. При формировании стратегий и концепций по переходу к устойчивому развитию требуется отслеживать прогресс, и соответственно становится вопрос по определению показателей, отражающих уровень достижения поставленных целей. В этой связи возникает ряд проблем.

В работе [32] упоминаются работы В. В. Новожилова, связанные с оценкой государственного управления, в которых выделены особенности оценки его эффективности. Первое: результаты в основном носят косвенный характер, в связи с чем сложно сопоставить вклад и результат. Второе: единица измерения является достаточно большим объектом, который в разы больше любой индивидуальной деятельности. Третье: сложная структура объекта наблюдения предопределяет большое число факторов, требующих анализа, и становится невозможным использовать показатели эффективности, применимые на микроуровне.

Еще одной проблемой, на которую указывают практически все авторы, является недостаточная статистическая база данных, в особенности на уровне муниципальных образований. Действительно, если обратиться на сайт Росстата и посмотреть таблицу показателей по случайному муниципальному образованию, обнаружится огромное количество пробелов. Заполнение их требует определенных затрат, которые могут в целом не оправдаться. Вдобавок к этому сайт предоставляет статистику в таком виде, который требует предварительной обработки, перед тем как проводить анализ (форма, в которой происходит выгрузка файлов, требует реструктуризации таблицы показателей для обработки современными средствами анализа данных).

В одной из статей [32] выделяется ряд недостатков оценки госуправления в регионах, что, по мнению авторов, можно частично перенести и на оценки достижения целей устойчивого развития. Например, перечень показателей может быть неполным, т.е. учитывать не в полной мере те или иные аспекты, влияющие в одном из трех направлений (экономический, экологический, социальный), или не учитывать вовсе, что может быть связано с особенностями страны. Некорректными могут быть исследования, где сравниваются различные по площади или по численности населения регионы без нормирования данных. В этом случае корректнее использовать удельные показатели. Оценка качества жизни граждан также

может в полной мере не охватывать все сферы текущими показателями. Зачастую цели достигаются любыми путями, что обуславливает неэкономичность мер и, следовательно, подрывает устойчивость. В этом случае следует производить оценку с учетом соотношения затрат и результатов.

Индикаторы, исходя из различных критериев, можно делить на разные типы. Одни считают, что исходя из структуры индикаторы бывают балансового типа, т.е. должны отражать: запас, затраты и компенсации определенных факторов [27], интегральные (включают несколько частных показателей) и компонентные в зависимости от уровня организации: уровня субъекта РФ, предприятий и семейного хозяйства [14]. Индикаторы также могут быть, исходя из исследуемых факторов, экономическими, экологическими и социальными. В работе [14] представлен примерный список показателей, которые могут относиться к одной из трех последних групп. В работе [41] предложено создание паспорта региона, в котором были бы собраны стандартные характеристики каждого региона, начиная с геополитического расположения (описание границ, климатического пояса, размер территорий, описание природных ресурсов), заканчивая экономическими (ВРП, инфляция, индекс промышленного производства и пр.). Индикаторы могут быть относительными и абсолютными. Работа [16] является ярким примером исследований, проводимых российскими авторами по организации оценки устойчивого развития в России, тщательного анализа предлагаемых международными организациями индикаторов. Данная работа объясняет столь пристальное внимание многих авторов к экологическим аспектам устойчивого развития в начале внедрения концепции в РФ. Законодательная власть не уделяла должного внимания этому направлению.

Все индикаторы рассчитываются с одной целью — понять, насколько проводимые меры эффективны. Подходы к эффективности подробно описаны в работе [32]. В табл. 2 представлены основные виды классификации эффективности.

Таблица 2

Определения эффективности

Авторы	Подходы к эффективности
Атаманчук Г. В., Гавриленко К. В., Ильин В. А., Иванова Н. М.	1) Целевая эффективность — достижение определенных целей и задач 2) Экономическая эффективность — соотношение затрат и результатов Социальная эффективность — то же, что и экономическая, только результат трактуется как достижение интересов общества 3) Бюджетная эффективность — отношение дисконтированных чистых денежных потоков (разница между поступлениями и выплатами) бюджета

Окончание табл. 2

Авторы	Подходы к эффективности
Жуков В. А., Опенышев С. П.	1) Эффективность на макроуровне (равна сумме социального, организационного и экономического эффектов) 2) Эффективность работы органов финансового контроля
Борисов А. Н.	Эффективность — достижение заданных результатов с использованием наименьшего объема средств Экономность — достижение наилучшего результата с использованием определенного заранее объема средств
Калинина А. Э., Петрова Е. А., Лапина М. С., Рвачева А. С.	Разница между значением индикатора результата после проведения политики и значением этого показателя в отсутствие государственного вмешательства [23]

Источник: составлено на основе [24; 32].

Например, в России для отслеживания уровня достижения целей устойчивого развития (ЦУР) в Федеральный план статистических работ было добавлено около 100 показателей [5]. Проблема заключается в том, что не все из этих показателей предоставляются в региональной разбивке, а значит, оценивать достижение устойчивого развития на уровне регионов становится сложнее. Таким образом, приходится подбирать переменные для анализа на основе экспертных оценок, сопоставляя и определяя, на сколько тот или иной показатель способен отразить уровень устойчивого развития региона.

Во многих работах упоминалось о различиях в уровне развития отдельных регионов и преимуществах диверсификации производства в рамках страны. Так, в работе [26] предлагается анализ уровня дифференциации с помощью интегрального индекса Тейла. Тут же упоминается теория Гувера, которая говорит о влиянии крупных промышленных центров на соседние регионы. Применительно к России упоминается ресурсозависимость, которая приводит к различиям в развитии территорий. В работе [28] хотя и проводится анализ для Москвы и области, но данный подход вполне возможно распространить и на регионы. В данном исследовании предлагается кластеризация на основе расстояний Хемминга по принципу ближайшего соседа, что тоже показывает дифференциацию исследуемых единиц. В работе [14] выделяется ряд факторов, на основе которых с использованием евклидова расстояния предлагают определять уровень отклонения от «эталонных» показателей (целевых). В работе [39] рассматривается дифференциация с точки зрения различий в спросе и предложении на рынке труда, как качественных, так и количественных. Показывается, насколько важно при наличии лидирующей отрасли в регионе отражать это и в других сферах жизни людей данного района (продвижение идей развития региона, привлечение на необходимые профессии, информирование и пр.).

В работе [23] рассматривают дифференциацию регионального бюджетирования. Они связывают это с различиями в объемах налогооблагаемой базы, т.е. по факту с числом частных и юридических лиц [12], предлагают анализ дифференциации региона в плоскости социально-экономического развития с использованием метода главных компонент, при помощи математического аппарата обосновываются причинно-следственные связи, т.е. выбор определенных показателей для анализа.

Таким образом, задачу разработки модели устойчивого развития для страны в целом корректнее заменить задачей построения модели на основе данных более низшего уровня деления регионов. На этом уровне оперативность принятия решений выше и структурные связи хорошо специфицированы. В рамках данного исследования предлагается рассмотреть модель регионального развития, учитывающую пространственный фактор.

Пространственная эконометрическая модель. Работы по моделям, учитывающим региональный аспект, часто встречаются в англоязычной литературе, что нельзя сказать про отечественные публикации. Несмотря на их малочисленность, данное направление все же считают актуальным и перспективным, которое только набирает обороты. Так, в работе [20] дается емкое описание подобного рода моделей, построенных именно для Российской Федерации. В данной работе также подтверждается необходимость учета пространственных взаимосвязей. Такой же вывод получен и в эмпирическом исследовании [34]. В работе Демидовой и др. [8] рассматривается пространственная модель для рынка рабочей силы в РФ. Особенность этой работы в дополнительном подразделении регионов на кластеры, что позволило авторам улучшить результаты прогнозирования. В целом «рабочая сила» — одна из популярных тематик в исследованиях подобного рода. Можно предположить, что на это влияет два фактора: доступность данных и прикладная актуальность темы. Еще одно популярное направление — прогнозирование ВРП [20]. Главной целью всех этих моделей авторы называют практическое их применение в государственном регулировании. Выводы, получаемые в таких моделях, помогут выявлять сильные и слабые стороны региона, предотвращать упадок и будут указывать на опорные точки, которые могут стать основой устойчивого развития территорий.

Все перечисленные выше работы использовали в анализе панельные данные на первом уровне административно-территориального деления (области, края, республики, автономные округа). Особенностью данного исследования является рассмотрение ***регионов второго уровня***, к которым относят [62]: муниципальные округа; городские округа; городские округа с внутригородским делением; муниципальные районы; внутригородские муниципальные образования городов федерального значения.

Описание и подготовка данных. Эмпирической основой исследования послужили: база данных показателей муниципальных образований [59], данные для бизнеса MyData.biz [61] и Gis-lab.info [60]. Для унификации работы был взят «Общероссийский классификатор территорий муниципальных образований (ОКТМО) ОК 033-2013» [62]. Вся техническая часть исследования была выполнена на языке программирования Python на облачной платформе Google Colaboratory[1]. Такой выбор был обусловлен объемом и скоростью обработки больших данных.

В исходных дезагрегированных данных насчитывалось 194 164 уникальных показателя, 2011 уникальных регионов, а объем всех данных составлял более 15 гигабайт (Гб) в формате txt, в связи с чем были сформированы таблицы по каждому региону первого уровня (всего 89 с учетом того, что для восьми регионов данные вынужденно были разделены на две таблицы в связи с программными ограничениями), а обработка данных велась по каждой таблице в отдельности. Подготовка была необходима в связи с тем, что формат, в котором были собраны данные, не подходил для работы с моделями в дальнейшем. Необходимо было преобразовать данные в вид[2], представленный в табл. 3. В ней ОКТМО — код соответствующего муниципального образования второго уровня, Year — год, Indicator 1, Indicator 2 и т.д. — номер соответствующего показателя. Для преобразования был написан класс, который сохраняет необходимые данные из исходной таблицы в переменных и видоизменяет исходную таблицу, которая подается при вызове главного метода fit() в качестве аргумента.

Таблица 3

Пример данных

ОКТМО	Year	Ind. 1	Ind. 2	...
10605000	2006	45	789	...
10606000	2006	12	66	...
...	...	...	...	

Источник: составлено на основе Базы данных муниципальных образований [59].

При обработке выяснялось множество недостатков в исходных данных, которые были учтены и устранены, насколько это представлялось возможным. Например, перекодировать все данные, присвоить им коды ОКТМО оказалось достаточно затруднительно, так как в названиях появлялись двойные пробелы, опечатки и т.п. В исходных данных оказа-

[1] Google claboratory. URL: https://colab.research.google.com/notebooks/intro.ipynb#

[2] Матричное умножение и построение модели требовали такого представления данных.

лось огромное количество пропусков. Так, в одной таблице уникальных переменных было в среднем около 7648, что гораздо меньше суммарного значения (около 200 000 шт.). Это означает, что большая часть переменных достаточно специфична в каждой области, и, следовательно, для корректного построения модели необходимо было удалить часть столбцов, которые встречаются редко. Это также помогло сберечь вычислительные мощности и дало возможность собрать все переменные в одну таблицу для построения модели в дальнейшем.

Таким образом, была подсчитана для каждого столбца частота встречи его в таблицах. Результаты представлены на рис. 1.

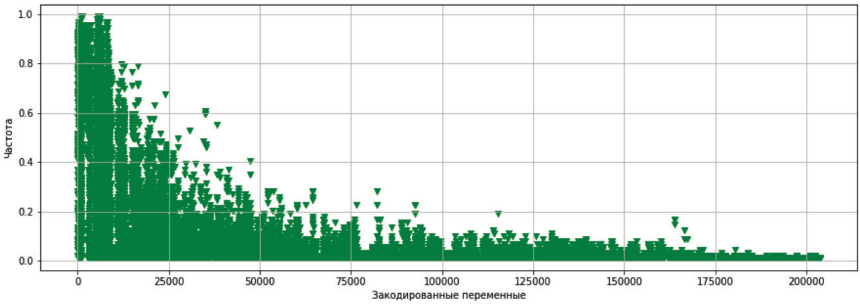


Рис. 1. Присутствие переменных в таблицах
Источник: составлено на основе Базы данных муниципальных образований [59].

Далее в каждом столбце было определено число ненулевых значений (см. рис. 2).

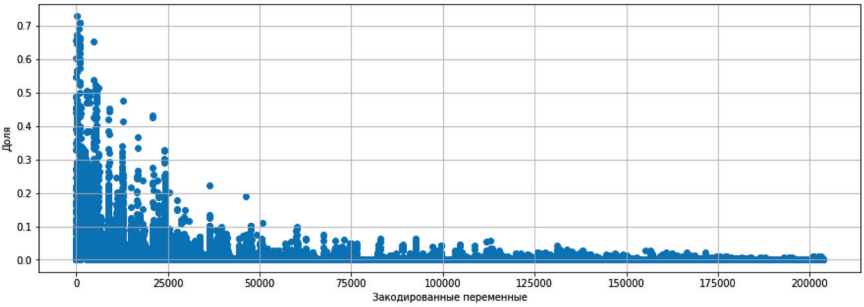


Рис. 2. Доля ненулевых значений по каждой переменной
Источник: составлено на основе Базы данных муниципальных образований [59].

Все это привело к необходимости проведения большой работы по обработке и устранению пропусков. Отсутствие данных является достаточно распространенной проблемой. Важно также, что пропуски в дан-

ных должны быть случайным явлением, в противном случае это может привести к смещениям в оценке моделей [10]. В случае, когда пропусков не так много, диапазон вариантов их заполнения с минимальными искажениями результатов достаточно большой. Основные решения были собраны и представлены в табл. 4.

Таблица 4

Основные методы заполнения пропусков

Метод	Комментарий
Удаление столбцов или строк с пропущенными значениями	Подходит для большого объема данных и при малом числе пропусков.
Замена определенным значением всех пропущенных значений независимо от принадлежности наблюдению или столбцу	Обычно 0, −1. Не подходит при большой доле пропусков. Приводит к искажениям результатов.
Замена средним (мода, медиана, среднее арифметическое)	Также дает смещение оценок при большом количестве пропусков.
Регрессия на уже имеющиеся признаки [46]	Подходит в случае, если имеются переменные, где нет пропусков. В простом виде дает сдвиги оценок. В варианте с элементом случайности дает одни из лучших результатов [46].
Метод ближайших соседей	Сопоставление наблюдения по структуре с другими наблюдениями и заполнение пропуска на основе значений переменной у соседей. Помогает сохранить основные характеристики наблюдений.

Источник: составлено на основе [11; 46].

Кроме того, есть сугубо математические методы, например, сингулярное разложение [11], нейросетевые алгоритмы [38], интерпретация которых с экономической точки зрения неоднозначна, но они показывают хорошие результаты. Проанализировав литературу, касающуюся вопроса заполнения пропусков данных, а также учитывая технические особенности построения модели, были сделаны следующие выводы и выбрана стратегия по работе с пропусками.

Первое, что было решено сделать, — это заполнить пропуски по региону на основе имеющихся данных. Так как работа идет с панельными данными, то могут быть значения некоторых переменных только за конкретный год или несколько лет. При этом большое число показателей в списке инвариантны во времени. Значит, такие показатели можно заполнить по имеющимся данным за другие года в данном регионе. Часто этот метод применяют в виде «заполнения по предыдущему». Модифицировав этот

метод, объединив с методом заполнения средним, было решено заполнить пропуски средним значением за имеющиеся года. Так, если численность жителей дана за два года — 15 000 и 16 000 человек, а всего пять периодов, то остальные будут заполнены их средним — 15 500. Таким образом, мы не заполним все пропуски обычным средним (что дало бы смещение оценок), но сохраним некоторую информацию, которые несут в себе исходные данные. После такого заполнения имеем следующий результат, представленный на рис. 3 и 4.

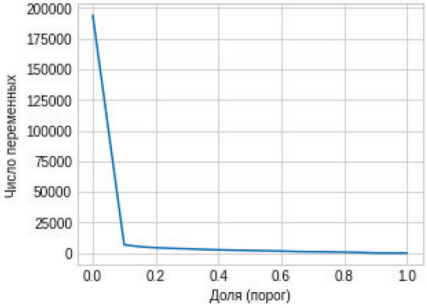


Рис. 3. Число переменных, в которых доля ненулевых значений выше указанного порога (все переменные)
Источник: составлено на основе сайта базы данных муниципальной статистики.

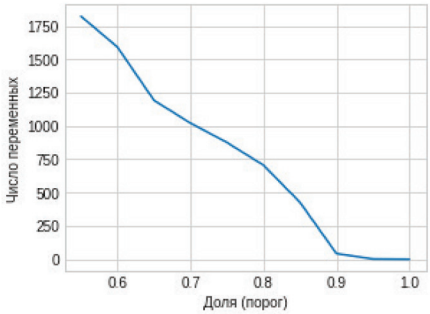


Рис. 4. Число переменных, в которых доля ненулевых значений выше указанного порога (детально для доли от 0,5 до 1)
Источник: составлено автором на основе сайта базы данных муниципальной статистики.

Это помогло в некоторой степени сохранить часть данных. Выбирая определенную долю допустимого числа пропусков, можем включить в модель до 1500 показателей.

На основе анализа пропусков далее требовалось сократить объем данных. Число столбцов было слишком велико по сравнению с полу-

чившимся числом наблюдений, составлявшим 27 824, и кроме того, как можно увидеть, в большинстве из них практически отсутствуют данные. Чтобы компенсировать потери, при удалении несущественных данных было решено добавить в каждой таблице столбец, который бы отражал долю удаленных переменных в общем количестве, так как число удаляемых столбцов достаточно велико. Так как, даже если оставить столбцы с определенной долей ненулевых значений, все еще были пропуски, на следующем этапе, позволяющем сравнить разные методики заполнения пропусков, проводились следующие действия:1) заполнение пропусков некоторым значением, например нулевым; 2) заполнение методом k ближайших соседей.

Первый способ достаточно примитивен, но в некоторых ситуациях он может дать хорошие результаты именно из-за своей простоты. Второй подразумевает восстановление пропусков с помощью вычисления наиболее похожих по структуре параметров k регионов и заполнение пропуска средним значением данного параметра среди соседей. Он вполне оправдан в исследуемой ситуации, так как структура исходных данных при таком подходе сохраняется. В данные также добавлены индикаторные переменные, которые относят район к одному из трех кластеров, указанных в работе [8]. Авторы показали, что такое разбиение дает положительные результаты при прогнозировании.

После проведенной предобработки исходных дезагрегированных данных встал вопрос о выборе целевой переменной, поскольку на уровне муниципальных образований нет показателя ВРП. В связи с этим был произведен анализ данных на наличие переменной, максимально похожей по смыслу на ВРП среди тех, которые остались после удаления избыточных переменных. Было решено взять данные о ***валовой произведенной продукции в регионе*** по различным отраслям и типам товаров и услуг.

Далее для моделей с учетом пространственной корреляции необходимо было решить задачу о построении матрицы смежностей W. Для решения этой задачи были использованы данные о границах муниципальных районов субъектов Федерации, муниципальных городских округов и городов федерального значения, представленные на сайте MyData.biz [61] и Gis-lab.info [60]. Сюда также были добавлены данные по ОКТМО для дальнейшей работы. Для учета пространственных лагов нам необходимо было составить матрицу W, которая бы отражала взаимосвязи между регионами. То есть $w_{ij} = f(i, j)$, где w_{ij} — элемент матрицы, стоящий в i-й строке и j-м столбце; f — функция, отражающая взаимосвязь между i-м и j-м регионами. Наиболее часто встречающаяся функция индикаторная, т.е. $w_{ij} = \{0,1\}$ (не граничат, граничат), с возможной дальнейшей нормализацией по строкам. Еще одна функция может быть выражена как $f(i, j) = |\,|i, j|\,|^{-1}$, т.е. некоторая функция, отражающая обратную связь между расстоянием и степенью

влияния. Примером может служить некоторая ядерная функция. Еще один пример [8], когда веса выражаются как:

$$w_{ij} = \frac{\text{Длина границы } i \text{ региона с } j}{\text{Общая протяженность границ } i \text{ региона}}.$$

Последний пример показывает, что спецификация матрицы не ограничивается симметричным типом. В свою очередь, когда используется индикаторная функция, условие смежности регионов можно учитывать разными способами, далее будут использованы следующие: 1) наличие хотя бы одной общей вершины; 2) наличие хотя бы одного общего ребра; 3) определение по оптимальному числу соседей k.

Две первые матрицы, о которых говорилось выше, не отличаются по значениям в большинстве случаев (см. рис. 5), чего не скажешь о третьем способе. Остановимся немного подробнее.

Рис. 5. Пример результата учета соседей на основе матриц вида 1 и 2
Источник: составлено на основе данных MyData.biz [61].

Метод k — ближайших соседей (k nearest neighbors — KNN) реализован с помощью нахождения центроидов для каждого района. По сути, это точка, являющаяся центром масс фигуры, описывающей границы региона. Такая матрица полезна в случае достаточно большого k, так как некоторые из районов Российской Федерации не имеют ни общих вершин, ни общих границ с основной территорией РФ. Однако при малом k в некоторых других регионах может возникнуть ситуация, когда регион A граничит с регионами B и C, но регион B будет включен в соседи региона A, а C — нет. При этом соседний для B регион D может оказаться в соседях у региона A. Это возникает из-за разных площадей регионов, что сдвигает центр масс дальше от соседа в случае большой территории, и наоборот. Пример показан на рис. 6.

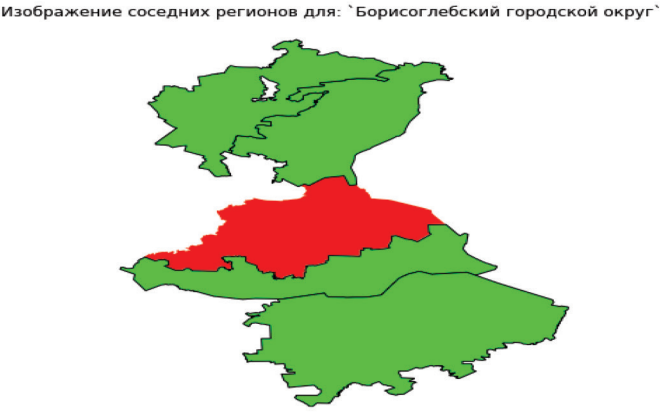


Рис. 6. Пример возможного учета соседства для метода *k* — ближайших соседей
Источник: составлено автором на основе данных MyData.biz [61].

Поэтому увеличение *k* может спасти такой подход. Данный параметр можно подобрать при помощи различных оптимизационных методов, общий смысл которых будет заключаться в том, что мы будем подбирать *k,* дающее наименьшую ошибку прогноза. В работе была проведена оптимизация на основе корня суммы квадратов отклонений (RMSE) прогнозных значений от фактических. Было решено взять именно эту функцию, так как построение оценок коэффициентов регрессии в данном исследовании производилось с помощью метода наименьших квадратов (МНК — OLS). Необходимо было также оценить *k* по распределению числа соседей в матрицах, которые составлены по общему ребру или ребру и вершине. На рис. 7 и 8 видны незначительные отличия между двумя способами (в целом распределения примерно одинаковы), а среднее (в данном случае мода) совпадает в обоих случаях и составляет шесть соседей. Значит, *k* должно равняться примерно 6.

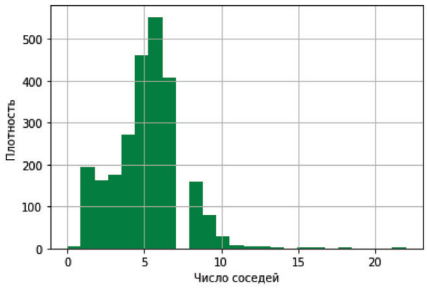


Рис. 7. Распределение числа соседей при построении матрицы по ребру и вершине
Источник: составлено на основе данных MyData.biz [61] и Gis-lab.info [60].

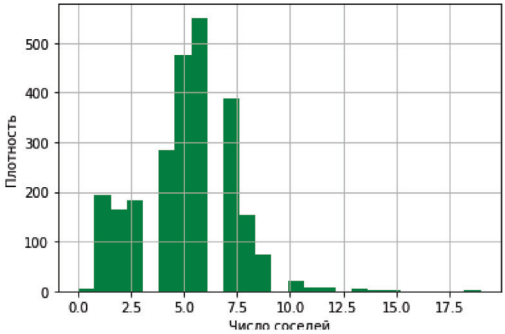


Рис. 8. Распределение числа соседей при построении матрицы по ребру
Источник: составлено на основе данных MyData.biz [61] и Gis-lab.info [60].

Спецификация эконометрической модели. В литературе по пространственной эконометрике выделяются несколько видов пространственных «неслучайностей», на основе которых строится базовая модель.

Первая из них, когда наблюдаемые единицы случайным образом располагаются в пространстве, но характеристики, присущие тому или иному месту, отличаются и влияют на результаты. Это могут быть такие параметры, как климатический пояс, приближенность к морю, плодородность почвы и т.д. Второй вид, когда не местные особенности, а наоборот, некоторые характеристики регионов неравномерно распределены в пространстве. Например, столичный регион обладает высококвалифицированными кадрами, которые занимаются НИОКР, в провинции же, наоборот, требуется рабочая сила в связи со сложившимися особенностями специализации регионов. Третий вид — происходит взаимовлияние ограниченного круга исследуемых единиц. Примером может служить реакция местных властей на отток жителей в связи с увеличением средней заработной платы в соседнем регионе, которая может выражаться в субсидировании малого и среднего бизнеса, увеличении социальных выплат и пр. Четвертым видом является групповое влияние. Принадлежность группы муниципальных образований к определенному округу, области или республике влияет на регион так, что он должен выполнять некоторые указания свыше (выполнение минимальных социальных норм, проведение определенного ряда мероприятий и пр.). Все это можно дополнить тем, что на практике не все из взаимодействий можно количественно оценить и пронаблюдать. Взаимовлияние индивидов в пространстве традиционно вносится с помощью матрицы смежностей W, о которой уже говорилось выше в пункте про данные. Все это включается в базовую модель пространственной линейной регрессии, которая выглядит следующим образом:

$$y = X\gamma + W_y y\beta + W_x X\theta + W_z Z\sigma + W_v v\lambda + \varepsilon, \quad (1)$$

где y — вектор целевой переменной (выпуск продукции); X — матрица данных — наблюдаемых характеристик по всем регионам; W — матрица весов (в общем случае она не должна быть одинаковой для всех типов характеристик, но для простоты и ввиду отсутствия аналогов будем считать ее одинаковой для y, X, Z, v); Z — характеристики региона, которые зависят от принадлежности определенной группе (как отмечалось выше, нахождение в одной области, регионе), могут выражаться в отраслевой структуре региона; v — все ненаблюдаемые характеристики регионов, оказывающие влияние на результирующую переменную; γ, β, θ, λ, — соответствующие векторы коэффициентов, отражающие степень влияния определенных факторов. Для них Manski [10] дал следующую интерпретацию:

- β — «эндогенные» эффекты, которые отражают тот факт, что на результат конкретного наблюдения влияют соседние наблюдения;
- θ — «экзогенные» взаимодействия, когда развитие региона зависит от характеристик соседей;
- λ — «коррелированные» эффекты, отражающие влияние некоторых ненаблюдаемых характеристик, которым подвержен как регион, так и соседи, в связи с чем может сложиться впечатление, что происходит взаимодействие, хотя его может и не быть (четвертая «неслучайность», описанная выше);
- δ — эффекты, аналогичные λ, отражающие влияние некоторых наблюдаемых и вычисляемых характеристик.

Для включения переменных первого типа должно выполняться предположение о том, что результаты публикуются одновременно (если говорить о микроуровне, это должно выражаться в одновременном принятии каких-либо решений). Данное предположение в рамках районов проверить сложно, поэтому проанализированы разные случаи с включением и без.

Что касается матрицы W, то она служит инструментом для включения так называемого пространственного лага. В общем случае это матрица весов, которые могут определяться не обязательно индикаторной функцией, как было ранее. В данном исследовании рассматривается два подхода к построению матрицы W.

Виды пространственных моделей. Накладывая различные ограничения на уравнение (1), строят частные виды пространственных моделей. Достаточно подробно они описаны в [10]. Авторы [7] подходят к построению немного иначе в отношении ненаблюдаемых переменных и ошибок регрессии. Так, они сначала строят обычную линейную модель с фиксированными эффектами, а ошибку расписывают как сумму ненаблюдаемых индивидуальных эффектов и остаточное отклонение:

$$u = v + \varepsilon.$$

И только потом предлагается учитывать пространственные взаимосвязи путем умножения правой и левой частей обычной регрессии[1] на матрицу W, что, по их мнению, избавляет нас от ненаблюдаемых индивидуальных эффектов, после чего полученная модель разрешается методом наименьших квадратов.

В табл. 5 перечислены основные типы моделей, получаемые при разных ограничениях.

Таблица 5

Некоторые типы на основе базовой модели

Название	Описание
SAR (spatially autoregressive) — модель пространственной авторегрессии	$y = X\gamma + W_y y\beta + \varepsilon$
Модель пространственного сдвига	$y = X\gamma + W_x X\theta + W_z Z\delta + \varepsilon$
Пространственная модель Дарбина	$y = X\gamma + W_y y\beta + W_x X\theta + W_z Z\delta + \varepsilon$
SEM — модель пространственной ошибки	$y = X\nu + (1 - W\lambda)^{-1}\varepsilon$
Обобщенная пространственная модель	$y = W_y y\beta + W_v v\lambda + \varepsilon$
Пространственная модель с фиксированными эффектами	$y = A + X\nu + W_y y\beta + W_x X\theta + \varepsilon$

Источник: составлено на основе [10; 20].

Возможные проблемы при построении модели. В целом данные проблемы возникают из-за пропущенных переменных, которые, в свою очередь, могут коррелировать с пространственными результатами или факторами. Reflection problem — проблема отражения; наличие корреляции в ненаблюдаемых факторах или в ошибках регрессии (возможны варианты, когда эти переменные коррелируют с известными параметрами, входящими в матрицы X, Z, и не коррелируют); проблема самоотбора.

1. Согласно [10] reflection problem возникает следующим образом. Сначала предполагается, что нет никаких других проблем и можно переписать ненаблюдаемые переменные в виде: $u = W_v v\lambda + \varepsilon$. Если берем исходную модель и нужно оценить β, то, умножая правую и левую часть выражения (1) на W_y, получаем:

$$W_y y = W_y X\gamma + W_y W_y y\beta + W_y W_x X\theta + W_y W_z Z\delta + W_y u. \qquad (2)$$

Очевидно, что есть корреляция между $W_y y$ и u, $E\left(u|W_y y\right) \neq 0$ и оценки коэффициентов в (2) будут смещены. Если использовать (2) и найти

[1] Вида: $y = \alpha + X\beta + u$.

reduced form — оценки, предполагая матрицу W одинаковой для всех переменных, то получим:

$$y = \frac{X\gamma}{1-\beta} + \frac{WX(\gamma\beta+\theta)}{1-\beta} + \frac{WZ\delta}{1-\beta} + u + \frac{Wu\beta}{1-\beta}. \quad (3)$$

Найти первоначальные оценки коэффициентов модели из такой формы не представляется возможным.

В литературе предлагается несколько решений указанной проблемы: 1) применение нелинейных моделей, так как в исходной модели за основу берется линейная связь результата со средними групповыми результатами, которые, в свою очередь, линейны по средним групповым характеристикам; 2) наложение ограничений на параметры, например, равенство 0 каких-либо из них; 3) спецификация пространственной матрицы в случае, когда определяем ее так, что она становится неблочной и нетранзитивной, применяя несколько раз указанную выше подстановку, получаем модель множественного пространственного сдвига.

2. Проблема, возникающая при ослаблении допущения, что ненаблюдаемые характеристики не коррелированы с наблюдаемыми. В этом случае один из выходов состоит в исследовании первых разностей, т.е.:

$$\begin{aligned} y - W_v y = (X - W_v X)\gamma + (W_v - W_v W_v)X\theta + \\ + (W_z - W_v W_z)Z\delta + (W_v - W_v W_v)v\lambda + \zeta. \end{aligned} \quad (4)$$

3. Проблема сортировки может привести к тому, что $E(W_x X | W_z Z) \neq 0$. Иначе ее называют проблемой самоотбора. В общем случае подразумевается, что наблюдения с определенными характеристиками коррелируют с теми, где имеются подобные характеристики. Этот случай не применим к нашим данным. Регион не может поменять своих соседей, взаимодействие возможно сократить, но так как он рассматривается в первую очередь как экономическая система, в которой важны решения людей, то изменение связей будем полагать невозможным.

Итоги моделирования и интерпретация результатов. Для моделирования был использован пакет анализа данных statmodels, в котором была построена регрессия с помощью метода наименьших квадратов (МНК) и реализованы стандартные эконометрические тесты при двухстороннем уровне значимости 5%.

В первую очередь был проведен тест Морана на пространственную корреляцию, который показывает, насколько объясняемая переменная зависима от пространственного фактора. «Эталонное» значение коэффициента, при котором пространственные зависимости отвергаются, рассчитывается по формуле: $-\frac{1}{N-1}$, где N — число наблюдений (для исследуе-

мого набора данных его величина составляет –0,0005283). Значение коэффициента Морана, посчитанного по муниципальным данным, составило в среднем 0,170154 с высоким уровнем значимости в каждом году, что подтверждает необходимость включения в модель пространственных лагов.

На рис. 9 представлена визуализация факта пространственной корреляции для 2016 г., но уже в локальном смысле, где наблюдения разделены на кластеры: HH — районы с высоким значением *y*, окруженные такими же районами; HL — районы с большим значением, окруженные районами с низким значением выпуска; LH — противоположность предыдущего; LL — районы с низким значением, окруженные себе подобными.

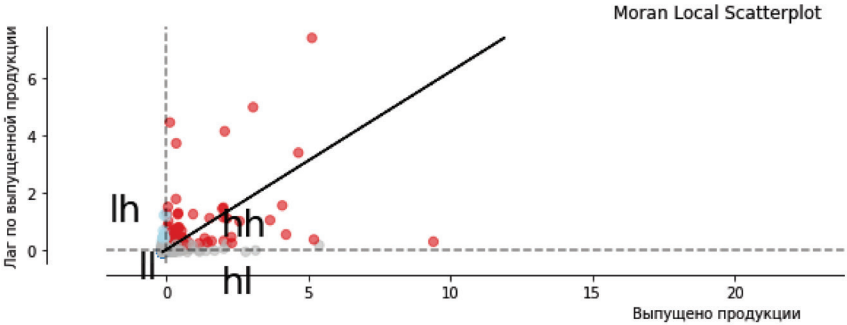


Рис. 9. Визуализация пространственной корреляции
Источник: составлено на основе Базы данных муниципальных образований [59] и MyData.biz [61].

Были реализованы три основных типа моделей:

$$y = \mu + \alpha_t + X\gamma + Wy\beta + WX\theta + WZ\delta + W_v v\lambda + \varepsilon \quad (5)$$

$$y = \mu + \alpha_t + X + WX\theta + WZ\delta + Wv\lambda + \varepsilon \quad (6)$$

$$y = \mu + X\gamma + WX\theta + WZ\delta + Wv\lambda + \varepsilon, \quad (7)$$

где α_t — индикаторные переменные времени (1 — если наблюдение относится к исследуемому периоду, 0 — иначе), представляемые матрицей размера 24 294 × 13 (первоначально фактор времени учитывался вектором-столбцом, значения в котором принимались в интервале от 1 до 13, но в ходе исследования было решено отказаться от такого подхода в связи с худшими результатами); μ — фиксированный эффект.

Кроме того, были использованы различные вариации матрицы *W*: обыкновенная весовая матрица, построенная по общему ребру и вершине, и матрица, построенная по принципу *k* ближайших соседей. Параметр *k* настраивался как гиперпараметр, и критериев для его выбора было два: относительная величина функции ошибки (сравнивались зна-

чения для разных k) и экономический смысл. Сначала строился график зависимости функции ошибки от параметра k. Для сравнения была взята функция RMSE (Root Mean Square Error — квадратный корень суммы квадратов отклонений):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{T}(y_{it} - \hat{y}_{it})^2}{n}}. \quad (8)$$

По графику определялись точки глобальных и локальных минимумов, и, исходя из соображений адекватности результатов, принималось решение. Например, на рис. 10 представлено два графика для двух разных спецификаций моделей. На первом графике оптимальным можно считать $k = 3$, а на втором — 0. Далее необходимо проверить влияние пространственных лагов, поэтому в первом случае число мало, но допустимо выбрать любое k из промежутка от 3 до 12, так как ошибка в этом диапазоне примерно постоянна, а во втором случае пространственные лаги исключаются вовсе. В первом случае было решено выбрать $k = 10$. На втором графике значения функции ошибки не превышают значений функции ошибки, указанных на первом графике для рассматриваемого интервала k. В связи с этим было решено выбрать третий локальный минимум на уровне $k = 11$. Следует отметить, что эти два графика представляют пример для спецификаций (6) и (7) на одинаковом наборе данных (с порогом наполненности столбцов, равным 0,7). То есть видно, насколько важным было включение фактора времени.

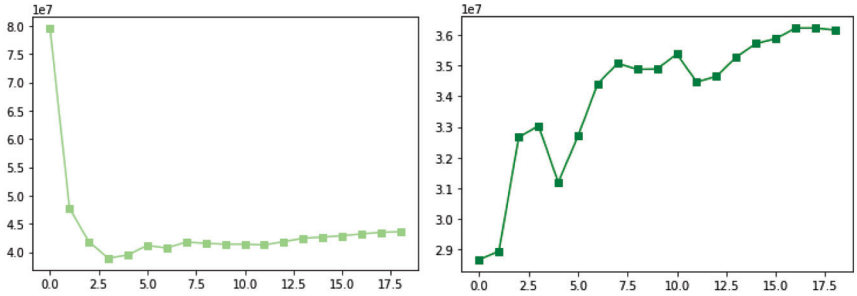


Рис. 10. Пример графика зависимости функции ошибки от k
Источник: составлено на основе Базы данных муниципальных образований [59] и MyData.biz [61].

Для оценки качества регрессии были взяты показатели, перечисленные в табл. 6. Результаты регрессионного анализа для наилучших спецификаций регрессионных моделей были сведены в общей таблице (табл. 7).

Следует отметить, что была также рассмотрена модель машинного обучения, основанная на алгоритме «случайного леса» [58]. В рамках этой мо-

дели набор данных был разбит на тренировочные (обучающая выборка) и тестовые данные (тестовая выборка) в отношении 7: 3 соответственно, ошибка, представленная в таблице, была посчитана на тестовых данных, для настроек параметров модели была применена кросс-валидация, но получить ошибку, меньшую, чем в случае МНК-регрессии, не удалось. С другой стороны, модели подобного рода настраиваются на то, чтобы минимизировать ошибку на тестовых данных. С этой точки зрения МНК-модель может быть переобучена, так как строится на полном наборе данных. Синтез подхода машинного обучения и МНК-модели помогает сделать модель более устойчивой в плане прогноза.

Таблица 6

Использованные тесты и показатели

Название	Комментарии
R^2 (коэффициент детерминации)	Отражает долю объясненной дисперсии регрессорами. Чем выше, тем меньше влияние случайного фактора в модели.
R^2 adjusted (скорректированный)	Коэффициент детерминации скорректированный, который позволяет сравнить модели в случае разного объема объясняющих переменных.
AIC (информационный критерий Акаике (Akaike)	Используется для сравнения разных моделей, лучшей считается модель с наименьшим значением.
BIC (Байесовский (Bayesian) информационный критерий)	Модификация *AIC* по сравнению с ним налагает больший штраф на модель за большое число переменных.
F-критерий	Значение, которое будет выше критического, при заданном уровне значимости будет отражать степень уверенности в полученных зависимостях *y* от *X*. Для всех рассмотренных в исследовании моделей *p*-значения для всех полученных значений *F*-статистики равны 0, т.е. значения являются значимыми.
Omnibus	Тест на наличие эксцесса и асимметрии в остатках, меньшее значение (в идеале 0) при высоком *p* (в идеале 1) сигнализирует об относительно нормальном распределении остатков.
Skew	Показатель симметрии остатков, должен быть около 0.
Kurtosis	Мера, показывающая, насколько большой пик в распределении остатков, высокое значение отражает более плотную группировку у нуля остатков, а значит, лучшую модель.
Тест Дарбина — Уотсона (*Durbin-Watson*)	Тест на автокорреляцию остатков (процесс $AR(1)^1$). Если значение близко к 2, то говорят об отсутствии автокорреляции. Значение, близкое к 4, говорит об отрицательной, а близкое к 0 — о положительной взаимосвязи.

Окончание табл. 6

Название	Комментарии
Cond No.	Это тест на мультиколлинеарность, который показывает, насколько чувствительна результирующая переменная к малым изменениям показателей. Соответственно, чем ниже значение, тем более устойчива функция.
Ramsey (*F*)	Значение *F*-статистики в тесте Рамсея на спецификацию. За нулевую гипотезу берется то, что коэффициенты во вспомогательной регрессии $y = \sum \alpha_i \hat{y}^{(i)}$.
Breusch-Pagan (*F*)	Тест на гетероскедастичность. Последствия наличия ее неоднозначны, но будем считать модель с меньшим значением лучше.
Moran test	Тест Морана в общем случае считается для выявления пространственной корреляции. Выше был посчитан тест для выявления пространственных зависимостей для *y*.
Moran mean	Тест Морана, который сначала был посчитан для остатков регрессии за каждый период, определены значения, которым можно доверять, с помощью *p*-значения, и среди них вычислено среднее значение. Детальный анализ показал, что среднее значение отражает корректно частные показатели за каждый год.
Доля значимых коэффициентов	Доля от общего числа переменных, дает дополнительную информацию, на основе которой в совокупности с перечисленными выше тестами можно сделать выводы о требуемом количестве информации.

Источник: составлено на основе [21][2].

При построении моделей было выявлено, что получить кардинально различные результаты внутри одного и того же «базового»[3] набора данных невозможно.

Остановимся подробнее на каждом из тестов.

R^2, R^2-скорректированный, *F*-статистика: коэффициент детерминации как абсолютный, так и скорректированный увеличивается с добавлением пространственных лагов, причем метод *kNN* показывает больший прирост. Все значения *F*-статистики при этом остаются выше критического значения, которое при объеме исследуемой выборки стремится к 0. При исполь-

[1] Наиболее часто встречающийся тип, зависимость остатка от своего предыдущего значения.

[2] Accelebrate: Interpreting Results from Linear Regression — Is the data appropriate? URL: https://www.accelebrate.com/blog/interpreting-results-from-linear-regression-is-the-data-appropriate (дата обращения: 28.04.2020).

[3] Полученного при отборе столбцов по порогу наполненности.

зовании нормализованных данных R^2 резко падает вместе с F-статистикой, но его значение некритично, в совокупности с тестами на спецификацию можно понять, что стоит пересмотреть линейность модели и проверить данные на наличие пропущенных переменных.

AIC/BIC: если сравнивать между собой, то по этому критерию оптимальны модели (19) — (21).

Omnibus: аналогично первой группе показателей, также показывается положительное влияние включения пространственной матрицы по k соседям, далее включение средних целевой переменной, так же как и заполнение пропусков по k соседям и нормализация, приводит к понижению значения на каждом из этапов.

Skew: в данном случае пространственный лаг по определенному числу соседей, наоборот, уступает обычной матрице смежностей, но средние по целевой переменной влияют положительно. Резко положительно влияет смена типа заполнения пропусков на *kNN*, при этом лаги по числу соседей снова приносят лучший результат.

Kurtosis: здесь ситуация кардинально противоположная: все, что снижало предыдущий показатель, снижает и этот, но снижение для этого показателя означает ухудшение качества, однако его значения остаются на достаточно высоком уровне.

Durbin-Watson: этот показатель оказывается на уровне 2 только для моделей (19) – (21). Остальные модели характеризуются сильной автокорреляцией.

Cond. No.: лучшей по данному критерию является модель 20 с обыкновенными пространственными лагами по общему ребру и вершине с заполнением пропусков по нескольким ближайшим соседям.

Ramsey (*F*): нормализация данных приводила к снижению показателя Рамсея примерно в 10 раз, что сигнализировало об улучшении спецификации, а для ненормализованных данных отсутствие кластеров давало лучшие спецификации, но при этом ухудшался R^2.

Breusch-Pagan (*F*): результаты данного теста подтвердили выводы, сделанные при обсуждении гетероскедастичности на основе точечной диаграммы. Разности давали улучшение в несколько раз. Пространственные лаги предпочтительны первого вида, по ребру и вершине.

Moran mean: не совсем ожидаемые результаты получились при анализе данного показателя. Включение пространственных лагов должно было привести к отсутствию пространственной корреляции, но этого не произошло, улучшились лишь рассчитанные ранее значения. Включение средних значений целевой переменной в моделях (16), (18) – (20) максимально устранило пространственную автокорреляцию.

На основе этого можно сделать вывод о том, что наиболее привлекательными являются модели с нормализацией данных, где включены фак-

торы времени, кластеры, пространственные лаги по *X* и *y,* при этом полученные модели необходимо подробнее исследовать на спецификацию, на наличие пропущенных факторов. В рамках имевшихся статистических данных это наилучший вариант, так как большое число пропусков оказывает влияние на значения тестов. Видно, что в моделях, наиболее оптимальных по большинству тестов, доля объясненной дисперсии оставляет около 50%, значит, нужно искать недостающие переменные, улучшать качество исходных данных.

Таким образом, определив перспективные модели (19) — (21), можно посмотреть, какие параметры согласно *t*-статистике и их *p*-значениям являются значимыми. Результаты по наилучшим выбранным моделям представлены в табл. 7. Здесь во всех моделях включены фиктивные (dummy) переменные, отвечающие за принадлежность наблюдения кластеру и определенному промежутку времени. Кроме того, все входные данные были нормализованы, как было описано выше, и порог наполненности столбцов данными составил 0,85. В таблице также выделены основные тесты, характеризующие качество модели. В табл. 8 приведена расшифровка названий закодированных цифровым кодом переменных. Префикс «Mean» означает пространственный лаг для данной переменной.

Таблица 7[1]

Результаты по наилучшим моделям[2]

Переменные	(19) Модель МНК с пространственной матрицей, построенной на 24 ближайших соседях с добавлением пространственного лага по Y	(20) Модель МНК с пространственной матрицей, построенной по общему ребру и вершине	(21) Модель МНК с пространственной матрицей, построенной по общему ребру и вершине с добавлением пространственного лага по Y
Y2010	–92900 (127000, 0,466)	–245000 (97200, 0.012)	–250500 (97200, 0.01)
Y2013	585900 (195000, 0)	444600 (118000, 0)	465300 (118000, 0)
Y2014	–1379000 (194000, 0)	–613100 (116000, 0)	–655400 (116000, 0)
Y2016	1052000 (217000, 0)	408100 (128000, 0.01)	434200 (129000, 0.01)
Y_mean	–0.86 (0.041, 0)	–	–0.0522 (0.015, 0)
6208	–0.02 (0.005, 0)	–	–
5468	–0.06 (0.006, 0)	–0.0436 (0.006, 0)	–0.0431 (0.006,0)
5516	0.02 (0.001, 0)	0.0162 (0.001, 0)	0.0159 (0.001, 0)
5492	0.56 (0.027, 0)	0.5158 (0.027, 0)	0.5184 (0.027, 0)
2858	–419.15 (147.14, 0.004)	–540.04 (166.23, 0.001)	–535.603 (166.20, 0.001)
80	2091.17 (354.67, 0)	1994.97 (353.92, 0)	1987.233(353.84, 5.616)

[1] $\hat{\beta}(\sigma / \sqrt{n}, pval)$ — представление данных по каждой переменной.

[2] «–» — незначимый результат.

Окончание табл. 7

Переменные	(19) Модель МНК с пространственной матрицей, построенной на 24 ближайших соседях с добавлением пространственного лага по Y	(20) Модель МНК с пространственной матрицей, построенной по общему ребру и вершине	(21) Модель МНК с пространственной матрицей, построенной по общему ребру и вершине с добавлением пространственного лага по Y
5456	0.07 (0.003, 0)	0.057 (0.003, 0)	0.0571 (0.003, 0)
5480	−0.07 (0.002, 0)	−0.0718 (0.002, 0)	−0.0714 (0.002, 0)
5576	−0.06 (0.011, 0)	−0.090 (0.011, 0)	−0.091 (0.011, 0)
5585	0.02 (0.004, 0)	0.021 (0.004, 0)	0.021 (0.004, 0)
5552	56960 (7183.544, 0)	59890 (7287.332, 0)	59760 (7285.579, 0)
5528	−23270 (5480.183, 0)	−25410 (5577.803, 0)	−25420 (5576.393, 0)
2299	5194.38 (2224.833, 0.02)	–	–
2171	828000 (179000, 0)	646300 (178000, 0)	648400 (178000, 0)
254	−0.05 (0.022, 0.033)	−0.053 (0.021, 0.013)	−0.0531 (0.021, 0.013)
243	−5792,898 (1358.485, 0)	−6103,9032 (1351.911, 0)	−6136,9485 (1351.601, 0)
Mean_868	−549.179 (121.504, 0)	−540.219 (121.509, 0)	–
Mean_5504	−10.51 (1.375, 0)	−3.478 (0.469, 0)	−3.4976 (0.469, 0)
Mean_6208	−0.17 (0.035, 0)	0.0562 (0.013, 0)	0.056 (0.013, 0)
Mean_5480	0.22 (0.017, 0)	0.0606 (0.006, 0)	0.0587 (0.006, 0)
Mean_5456	−0.04 (0.017, 0.009)	−0.0622 (0.007, 0)	−0.0604 (0.007, 0)
Mean_868	–	−540.22 (121.509, 0)	−549.179 (121.504, 0)
Mean_6208	−0.17 (0.035, 0)	0.0562 (0.013, 0)	0.056 (0.013, 0)
Mean_5468	0.22 (0.039, 0)	0.037 (0.015, 0.012)	0.0371 (0.015, 0.012)
Mean_5552	−56810 (26300, 0.031)	−32190 (13700, 0.019)	−29950 (13700, 0.029)
Mean_243	–	−4999.95 (2434.46, 0.04)	−5422.2032 (2436.698, 0.026)
Mean_244	33500 (9321.447, 0)	25020 (3444.40, 0)	25540 (3446.63, 0)
Mean_5516	−0.12 (0.01, 0)	−0.0186 (0.004, 0)	−0.0186 (0.004, 0)
Mean_5492	–	0.3394 (0.041, 0)	0.3593 (0.042, 0)
Mean_2943	–	−2.305 (0.969, 0.017)	−2.27 (0.968, 0.019)
Mean_97	–	−12240 (5585.19, 0.028)	−12390 (5583.93, 0.027)
Mean_5528	67340 (20100, 0.001)	30350 (10900, 0.005)	29980 (10900, 0.006)
R^2 (R^2 adj)	0.478 (0.458)	0.472 (0.453)	0.473 (0.453)
F-stat. (p=0)	24.49	23.95	23.95
D-W	2.188	2.198	2.198
Moran mean	0.0851	0.0737	0.0907
RMSE	3406241.26	3424163,21	3423224,27

Источник: составлено на основе Базы данных муниципальных образований [59].

Таблица 8

Номера и названия показателей

№	Название показателя
5504	Задолженность по платежам в государственные небюджетные фонды из общей суммы кредиторской задолженности
6208	Задолженность поставщикам и подрядчикам за товары, работы и услуги из общей суммы кредиторской задолженности
5468	Задолженность покупателей и заказчиков за товары, работы и услуги из общей суммы дебиторской задолженности
5516	Задолженность по полученным займам и кредитам
5492	Задолженность по платежам в бюджет из общей суммы кредиторской задолженности
2858	Среднесписочная численность работников организаций муниципальной формы собственности
80	Количество объектов розничной торговли и общественного питания — магазины
97	Количество объектов розничной торговли и общественного питания — рестораны, кафе, бары
5456	Дебиторская задолженность
5480	Кредиторская задолженность
5576	Финансовый результат убыточных организаций
5540	Количество убыточных организаций
5585	Финансовый результат прибыльных организаций
5552	Количество прибыльных организаций
5528	Количество организаций, представивших отчет
2299	Миграционный прирост — Всего — Всего — внутрирегиональная
2171	Число выбывших — трудоспособный возраст — Всего — Внешняя (для региона) миграция
254	Общая площадь земель муниципального образования
868	Число источников теплоснабжения
243	Число муниципальных спортивных сооружений — плоскостные спортивные сооружения
244	Число муниципальных спортивных сооружений — спортивные залы
2943	Фонд заработной платы всех работников организаций муниципальной формы собственности

Источник: составлено на основе Базы данных муниципальных образований [59].

В моделях установлено, что кластерные переменные не имеют значимого влияния, что может послужить поводом для дальнейшего исследования и подбора подходящего критерия разбиения на кластеры. Большая часть среди значимых показателей оказалась связанной с демографией, в таблице представлена лишь часть из них, которые могут быть детерми-

нантами выпуска продукции. Остальные были опущены в связи с очевидной мультиколлинеарностью. Важно также отметить, что оказались значимы коэффициенты при фиктивных переменных для 2010, 2013, 2014, 2016 гг. Это можно объяснить тем, что года являются предкризисными или периодами после выхода из рецессии, когда производство шло на спад, а затем на подъем. 2010 г. привнес падение выпуска относительно его среднего значения в зависимости от модели в среднем от 93 до 250 тыс. руб. в расчете на один регион. А в 2013 г., наоборот, произошло увеличение в среднем на 0,5 млн руб. в расчете на один регион. Подобная тенденция наблюдается в 2014 и 2016 гг. Таким образом, дамми-переменные могут успешно указывать на внешние шоки для региона. Кроме того, переменная пространственного лага по выпуску вне зависимости от спецификации оказывалась высокозначимой. Отрицательный знак указывает на наличие межрегиональных диспропорций.

Тут же встречаются кредиторская и дебиторская задолженности (которые оказались и в значимых лаговых переменных), финансовый результат прибыльных и убыточных предприятий и прочие показатели их деятельности. Задолженности в бюджет, увеличивая оборачиваемость активов, повышают производительность предприятий, но лагированное значение данной переменной дает негативный эффект, поскольку недополучение средств бюджетом уменьшает возможности властей по содействию развитию предприятий, субсидированию и т.д. В среднем финансовые результаты убыточных предприятий также оказывают большее влияние, чем прибыльных.

Из пространственных лагов, не встречающихся в основном списке, присутствуют показатели источников теплоснабжения, в среднем сокращающие выпуск, и число спортивных залов, которое, напротив, дает прирост. Можно полагать, что активное население, являющееся рабочей силой, будет более производительным. Наличие кафе, баров, ресторанов дает отрицательный эффект. Это, с одной стороны, можно расценивать как падение производительности, но с другой — меньшее число отгруженной продукции в сравнении со средним значением может отражать структуру производства товаров и услуг регионов. Регионы с большей долей производства будут отгружать больше продукции в сравнении с регионами, где превалируют услуги.

Еще одним значимым фактором оказалась площадь земель муниципального образования. Фактически есть некоторый предел для размещения числа предприятий в регионе из-за ограниченности территорий. Еще один механизм влияния, можно полагать, связан с высокими транспортными издержками, которые несет предприятие, чтобы доставлять продукцию по региону. Таким образом, выпуск предприятия падает в связи с ограниченностью и конкуренцией локальных рынков, что лимитирует

выпуск, если невыгодно расширять рынок сбыта в связи с транспортными издержками.

Важность численности работников предприятий муниципальной формы собственности, которая имеет отрицательный эффект, можно связать с бюрократическими трансакционными издержками по открытию и ведению бизнеса. Появление в этом списке фонда оплаты труда данного типа работников можно связать с его высокой корреляцией с численностью работников.

Подводя итог по результатам оценки качества модели, которые приведены в табл. 7, можно сказать, что выбранные спецификации дают примерно одинаковый результат, за исключением теста Морана, который показывает, что *y_mean* вносит дополнительную пространственную корреляцию в модель. В остальном тесты показывают, что спецификация (19) наиболее приемлема. Однако стоит рассмотреть данные спецификации на данных более качественных, чтобы делать однозначные выводы. Таким образом, требуется дополнительный анализ причинно-следственных связей.

Кроме классических регрессионных моделей и деревьев решений в данном исследовании были проанализированы результаты, полученные на основе искусственных нейронных сетей, для построения которых использовались готовые пакеты pytorch и torchvision совместно оптимизатором Adam и облачной платформой Google Colaboratory. При построении нейронной сети были исследованы несколько ее «персептронных» модификаций: 1) нейросеть с одним линейным слоем; 2) нейросеть с добавлением активации ReLU после линейного слоя; 3) нейросеть с двумя линейными слоями с активацией Relu после каждого слоя. Наращивание количества слоев не дало прироста качества модели. Исследование других функций активации не проводилось. В итоге только нейросеть модификации (3) дала результаты, аналогичные результатам рассмотренных выше МНК-моделей. Наращивание числа эпох и изменение шага обучения (learning rate), а также увеличение количества параметров скрытого слоя не привели к существенному улучшению результатов моделирования. Полученные результаты говорят о том, что не всегда все нейросетевые модели оказываются лучше классических регрессионных, хотя многое зависит от качества исходных статистических данных и спецификации исследуемых моделей (регрессионных и нейросетевых).

Заключение. В данном исследовании были разработаны и изучены различные модели регионального (муниципального) устойчивого развития, в которых регион рассматривается как сложная структура взаимосвязей, с выделением внешних и внутренних факторов, оказывающих влияние на его социально-эколого-экономическое развитие. Была обоснована необходимость включения пространственных взаимодей-

ствий, которые могут оказывать влияние как на результаты самого региона, так и отражаться в результативности соседних регионов. Были реализованы 23 спецификации регрессионных моделей, а также модели на основе случайных лесов и нейросетевые модели.

Показано, что наилучшими оказались регрессионные модели с включением пространственного лага и дамми-переменных времени (помогает отражать циклические экзогенные шоки) и кластеров, с порогом наполненности 85% и нормализованными данными.

На основе указанных наилучших моделей среди значимых источников изменения выпуска продукции региона, используемого в качестве целевой (объясняемой) переменной, были выявлены финансовые показатели (кредиторская, дебиторская и прочие задолженности), число объектов розничной торговли и общественного питания, численность и фонд оплаты труда работников организаций муниципальной формы собственности, демографические показатели, спортивные муниципальные сооружения и источники теплоснабжения и их пространственные лаги. Выдвинуты гипотезы о возможном механизме их влияния либо о причине, по которой указанные показатели могли быть включены в модель ошибочно. Результаты проведенного исследования могут быть использованы как для проведения дальнейших исследований по указанной тематике, так и для принятия решений в рамках выработки региональной (муниципальной) политики устойчивого развития.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 03.06.1996 № 803 «Об основных положениях региональной политики в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями на 16.01.2017).
2. Распоряжение Правительства РФ от 13.02.2019 № 207-р «Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года».
3. Распоряжение правительства РФ от 14.05.2015 № 2914п-П13 «Основные направления деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2018 года».
4. Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р «Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года» (с изменениями и дополнениями на 28.09.2018).
5. Распоряжение Правительства РФ от 23.09.2017 № 2033-р «Федеральный план статистических работ» (с изменениями и дополнениями на 21.04.2020).
6. Регионы России. Социально-экономические показатели. Статистический сборник / под ред. С. Н. Егоренко. М., 2018. 1162 с.
7. *Badi H.* Baltagi Forecasting with panel data // Deutsche bundesbank: Discussion Paper. Series 1: Economic Studies. 2006. № 25. P. 1–38.
8. *Demidova O. A., Daddi P., Medvedeva E. V., Signorelli M.* Modeling the Employment Rate in Russia:a Spatial-Econometric Approach // Ekonomika Regiona [Economy of Region]. 2018. № 14(4). P. 1383–1398.

9. *Geffrey J. D.* Hewings Spatially blind trade and fiscal impact policies and their impact on reginal economies // The Quarterly Review of Economics and Finance. 2014. № 54. P. 590–602.
10. *Gibbons S., Overman H. G., Patacchini E.* Handbook of Regional and Urban Economics / Elsevier. V. 5. 2015. P.143.
11. *Severson K. A., Molaro M. C., Braatz R. D.* Principal Component Analysis of Process Datasets with Missing Values // Processes. 2017. № 5. P. 1–18.
12. *Айвазян С. А., Афанасьев М. Ю., Кудров А. В.* Индикаторы основных направлений социально-экономического развития и их агрегаты в пространстве характеристик региональной дифференциации // Прикладная эконометрика. 2019. Т. 54. С. 51–69.
13. *Актуреева Э. А., Жанабаева Ж. К., Тлесова Э. Б.* Теоретические концепции устойчивого развития региона // Вестник КазНУ. 2015. URL: https://articlekz.com/article/15266).
14. *Антонова М. А.* Теоретико-методологические основы изучения устойчивого развития регионов // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2013. № 4 (36). Номер статьи: 3604. URL: https://eee-region.ru/article/3604/ (дата обращения: 20.02.2020).
15. *Бельгисова К. В.* Институциональные условия устойчивого развития регионов // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2009. № 96. С. 81–85.
16. *Бобылев С. Н.* Индикаторы устойчивого развития России (эколого-экономические аспекты) / под ред. Бобылева С. Н., Макеенко П. А. М.: ЦПРП, 2001. 220 с.
17. *Бокарев С. А.* Устойчивое развитие регионов России в процессе глобализации: автореф. дис... Тамбов, 2005. 24 с.
18. *Вернадский В. И.* Биосфера и ноосфера. М.: T8RUGRAM, 2017. 576 с.
19. *Гафарова Е. А.* Валовой муниципальный продукт как показатель уровня экономического развития муниципальных образований региона (на материалах Республики Башкортостан) // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10, № 4. С. 91—103.
20. *Горшкова Т.* Прогнозирование ВРП с использованием методов пространственной корреляции // Научный вестник ИЭП им. Гайдара.ру. 2018. № 8. С. 37–47. URL: https://www.iep.ru/ru/publikatcii/nauchnyi-vestnik-iep.php (дата обращения: 11.03.2020).
21. *Доугерти К.* Введение в эконометрику: учебник. 3-е изд. / пер. с англ. М.: ИНФРА-М. 2009. XIV. 465 с.
22. *Дьяченко В. Н.* Проблемы использования статистического инструментария при оценке развития муниципального образований // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2018. № 4(56). С. 1–18. URL: eee-region.ru/article/5603 (дата обращения: 13.03.2020).
23. *Еремеева Л. Н., Плисецкий Е. Л.* Региональная политика в современной России: особенности формирования и реализации // Экономика. Налоги. Право. 2013. № 6. С. 4–11.
24. *Калинина А. Э., Петрова Е. А., Лапина М. С., Рвачева А. С.* Методические подходы к оценке эффективности реализации кластерной политики в регионах РФ // Региональная экономика и управление: электронный научный жур-

нал. 2019. № 2 (58). URL: https://eee-region.ru/article/5814/ (дата обращения: 21.02.2020).
25. *Кузьменкова В. Д.* Устойчивое развитие регионов России // Вестник ВГУИТ. 2016. № 2. С. 257–261.
26. *Морошкина М. В.* Пространственное развитие России: региональные диспропорции // Регионология. 2018. Т. 26. № 4. С. 638–657.
27. *Новоченко Д. В., Малова Д. В.* Устойчивое развитие региона // Вестник РЭУ. 2013. № 4. С. 34–41.
28. *Пахомова Е. А., Харчева К. С., Шаркова Т. С.,* Комплексный анализ социально-экономического положения муниципальных районов Московской области на основе экономико-математического инструментария // Финансы и кредит. 2016. № 9. С. 4–17.
29. *Петрина О. А., Савкина Е. В.* К вопросу об устойчивом развитии социально-экономических систем // Вестник университета. 2017. № 2. С. 37–41.
30. *Рязанова Н. Е., Меньшов К. В.* Оценка имплементации повестки устойчивого городского развития и задач ЦУР 11 в структуре государственных стратегий Российской Федерации. Часть 1 // Экология урбанизированных территорий. 2018. № 4. С. 26–36.
31. *Рязанова Н. Е., Меньшов К. В.* Оценка имплементации повестки устойчивого городского развития и задач ЦУР 11 в структуре государственных стратегий Российской Федерации. Часть 2 // Экология урбанизированных территорий. 2018. № 4. С. 26–36.
32. *Савруков А. Н., Савруков Н. Т.* Методический подход и критерии оценки эффективности государственного управления в регионах // Финансы и кредит. 2017. Т. 23. № 7. С. 388–402.
33. *Сахаров А. Г., Колмар О. И.* Перспективы реализации Целей устойчивого развития ООН в России // Вестник международных организаций. 2019. Т. 14. № 1. С. 189–206.
34. *Семерикова Е. В., Демидова О. А.* Использование пространственных эконометрических моделей при прогнозе регионального уровня безработицы // Прикладная эконометрика. 2016. Т. 43. 2016. С. 29–51.
35. *Сидоренко В. Н.* Применение геостатистики и пространственной эконометрики в экономике // Материалы международной научной конференции «Ломоносов 2005». М., 2005. С. 184–185.
36. *Скворцов Л. И.* Большой толковый словарь правильной русской речи: более 8000 слов и выражений. 2-е изд., испр. и доп. М.: Оникс, 2011. 1104 с.
37. *Сорокина Н. Ю.* Содержание и направления устойчивого социально-экономического развития регионов России // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2015. № 2(22). С. 143–147.
38. *Сташкова О. В., Шестопал О. В.* Использование искусственных нейронных сетей для восстановления пропусков в массиве исходных данных // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2017. № 1. С. 37–42.
39. *Степусь И. С.* Пути достижения устойчивого развития регионов Арктической зоны России // Российское предпринимательство. 2018. Т. 19. № 10. С. 2881–2896.
40. *Турганова Л. В., Савенкова О. Ю., Морозова Н. С.* Систематизация подходов к определению устойчивого развития региона // Современные проблемы

науки и образования. 2014. № 3. URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13379 (дата обращения: 25.01.2020).
41. *Тюренкова Е. Н.* Паспорт региона как один из методов анализа проблем регионального развития // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2014. № 22. С. 37–40.
42. *Хайруллов Д. С.* Устойчивое развитие региона как основа безопасности национальной экономики. // Труды IV Всероссийской научной конференции «Информационные технологии в системе социально-экономической безопасности России и ее регионов». Казань: КФУ. 23–26 апреля 2012. С. 41–49.
43. *Ютяева О. Н., Мищенко В. В.* Устойчивое развитие региона как основа обеспечения его экономической безопасности // Известия Алтайского государственного университета 2011. С. 343–346.

Интернет-ресурсы

44. Accelebrate: Interpreting Results from Linear Regression — Is the data appropriate? URL: https://www.accelebrate.com/blog/interpreting-results-from-linear-regression-is-the-data-appropriate (дата обращения: 28.04.2020).
45. Andrew Gaidus. URL: http://andrewgaidus.com/Spatial_Econonometric_Modeling (дата обращения: 15.01.2020).
46. BaseGroup Labs: Технологии анализа данных: официальный сайт URL: https://basegroup.ru/community/articles/missing (дата обращения: 20.03.2020).
47. Commission on Sustainable Development (CSD). URL: https://sustainabledevelopment.un.org/csd.html (дата обращения: 07.12.2019).
48. Limits to growth Library. URL: http://donellameadows.org/donella-meadows-legacy/danas-writing/
49. Rachel Carson Center for Environment and Society (Library). URL: http://www.environmentandsociety.org
50. Sustainable Development Goals. URL: https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs (дата обращения: 15.12.2019).
51. The United Nations Human Settlements Programme. URL: https://unhabitat.org (дата обращения: 15.03.2020).
52. Towards data science. URL: https://towardsdatascience.com/what-is-exploratory-spatial-data-analysis-esda-335da79026ee (дата обращения: 29.04.2020).
53. UN Sustainable Development Knowledge Platform. URL: https://sustainabledevelopment.un.org (дата обращения: 07.12.2019).
54. UNESCO Digital Library. URL: https://unesdoc.unesco.org
55. United Nations Environment Programme (UNEP). URL: https://www.unenvironment.org (дата обращения: 09.12.2019).
56. United Nations ESCAP. URL: https://www.unescap.org/sites/default/files/Session%203_2.%20Special%20session_Natalia%20Ignatova.pdf
57. Worldometers. URL: https://www.worldometers.info/world-population/#table-historical (дата обращения: 14.01.2020).
58. Анализ малых данных: квазинаучный блог Александра Дьяконова. URL: https://dyakonov.org/2016/11/14/%D1%81%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%B9-%D0%BB%D0%B5%D1%81-random-forest/ (дата обращения: 16.04.2020).

59. База данных показателей муниципальных образований: официальный сайт. URL: https://www.gks.ru/dbscripts/munst/ (дата обращения: 25.02.2020).
60. Географические информационные системы и дистанционное зондирование. URL: https://gis-lab.info (дата обращения: 04.03.2020).
61. Данные для бизнеса. URL: https://mydata.biz/ru (дата обращения: 17.03.2020).
62. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. URL: https://www.gks.ru/classification (дата обращения: 21.04.2020).

1.4. АНАЛИЗ ПОТОКОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Тетерина Н. В., Шакун В. П., Кудрявцева О. В.

В настоящее время во всем мире весьма остро стоит проблема истощения природных ресурсов. В данном параграфе рассмотрены потоки такого важного вида ресурсов, как биологические, а именно сельскохозяйственные, рыбные и лесные. Для проведения исследования потоков природных ресурсов мы остановили выбор на новом субъекте Российской Федерации — Республике Крым. Для экономики данного региона особо важно рациональное использование биологических ресурсов в силу курортной специфики Крымского полуострова. Нами было рассмотрено общее материальное потребление биологических ресурсов данного региона с года его вхождения в состав РФ на протяжении трех лет. В своем исследовании мы работали со статистическими данными, проводили расчеты по методике «затраты — выпуск», результатом которой стала серия карт.

Теоретические подходы, применяемые в исследовании

В логистике под термином «материальный поток» подразумевается непрерывное движение ресурса или продукта труда по стадиям производства и его изменение. В отличие от финансовых и информационных потоков, материальные потоки имеют вещественную форму. В российской практике понятие «материальный поток» чаще всего применяется на уровне одного или группы предприятий, использующих материальные ресурсы или предметы их переработки. Материальные потоки можно рассматривать также и на региональных уровнях. При этом необходимо отслеживать ресурсы «на входе» и отходы «на выходе». В данной работе используется понятие «потоки природных ресурсов»[1].

Поскольку движение ресурсов на региональном уровне определяется производством и потреблением на микроуровне, данные по отдельным предприятиям могут быть агрегированы на уровень отраслей, а далее — на национальный уровень [9. С. 22]. Таким образом, можно увидеть,

---

[1] Означает материальные потоки, рассматриваемые на всех уровнях экономической системы [9. С. 17].

как изменения в потреблении ресурсов или выбросах на уровне предприятия повлияют на картину экологической эффективности в целом.

Потоки ресурсов бывают двух категорий: прямые потоки — это использованные в экономике ресурсы — и непрямые потоки — все затраты ресурсов, необходимые для создания продукта, включающие как использованные косвенно другими отраслями в процессе изготовления продукции, так и неиспользованные (потерянные, испорченные) материалы [19]. Использованные материалы — это все извлеченные ресурсы, поступившие в экономическую систему как для потребления, так и для дальнейшего преобразования. Неиспользованные материалы в экономическую систему не поступают. Примерами неиспользованных природных ресурсов являются: потери урожая, пойманная попутно рыба, вскрышные и сопутствующие породы, нарушенные строительством земли.

Материальное потребление является суммой прямого материального использования ресурса и его скрытых потоков. Прямое материальное использование — это материалы, имеющие экономическую ценность и прямо использованные в процессе потребления или производства. Оно вычисляется как сумма внутренней использованной добычи и ресурсов, импортируемых внутрь региона. Использованная внутренняя добыча — это сырье, добытое из окружающей среды внутри рассматриваемого субъекта, которое непосредственно используется для местного потребления.

Скрытыми потоками природного ресурса являются его части, не использованные в экономическом процессе, например, отходы, потерянные ресурсы. Для получения картины материального потребления какого-либо региона необходимо также учитывать скрытые потоки импортированных и ввезенных ресурсов. Важность учета всех скрытых потоков заключается в том, что они, не принося экономических выгод, наносят ущерб окружающей среде.

Ниже будет приведено описание методики «затраты — выпуск», по которой проводились расчеты.

Величина скрытых потоков каждого ресурса находится в прямой пропорциональной зависимости с его добытым объемом. В техническом докладе [18] приводится методология учета полного ресурсного потребления на макроуровне. О. В. Кудрявцевой в диссертационном исследовании [9] была проведена адаптация вышеназванной методологии для России. Согласно разработанной методике, скрытые потоки добычи рассчитываются на основании данных об использованном ресурсе согласно следующей формуле:

$$S = k \cdot I,$$

где S — скрытые потоки ресурса; I — использованная часть; k — коэффициент.

Каждому виду природных ресурсов соответствует свой разработанный коэффициент для расчета его неиспользованной части [подробнее см.: 9. С. 60].

Для наглядности представления статистические данные по добыче каждого вида сырья заносятся в таблицу. На основе этих величин по формуле рассчитываются скрытые потоки и отражаются в той же таблице. В нее же заносятся данные суммарно по импорту и ввозу природных ресурсов в рассматриваемый регион. Затем по такой же формуле проводится расчет величины скрытых потоков для импортируемых и ввозимых ресурсов. Потом полученные четыре величины делятся на значение численности населения данного региона за выбранный год, и получаются условные значения потребления, импорта и скрытых потоков каждого природного ресурса, выражаемые в тоннах на человека. Затем проводится суммирование по категориям ресурсов (топливные, минеральные, биологические, металлы), общее суммирование по столбцам и получается общее материальное потребление региона.

Ранее нашим авторским коллективом была выполнена работа по расчету общего материального потребления для Калининградской области [10; 14], Ярославской, Ростовской и Ленинградской областей, города Санкт-Петербург, Камчатского края, Иркутской и Свердловской областей [16].

В данной работе мы провели расчеты по вышеописанной методике для биологических ресурсов Республики Крым за 2014–2016 гг. Сначала были собраны, проанализированы и структурированы статистические данные о добыче, импорте, ввозе и потреблении всех биологических ресурсов Республики Крым за 2014–2016 гг. Результаты представлены в табл. 1. Большинство данных, внесенных в таблицу в столбцы «Добытое», нами было взято из Статистического ежегодника Республики Крым за 2016 г. [15], большинство данных, внесенных в столбцы «Импорт», — из Базы данных экспорта и импорта России [2], а данные в столбцах «Ввоз» взяты преимущественно в Отделе статистики торговли и услуг КрымСтата [13], поэтому для удобства восприятия в таблице не будем дублировать ссылки на эти источники, а в ячейках, где данные из иных источников, будем приводить ссылку.

Далее, основываясь на методологии, описанной выше, и на методиках [20; 21; 22], нами были проведены расчеты скрытых потоков добычи и скрытых потоков импорта каждого вида биологических ресурсов в рассматриваемый регион. В данном исследовании авторами также было рассчитано условное потребление каждого вида рассматриваемых природных ресурсов и скрытые потоки его добычи и импорта на душу населения.

Для винограда, фруктов, ягод и подсолнечника величина скрытых потоков в данной работе не была рассчитана, так как в настоящее время

не выработаны коэффициенты для формулы для этих категорий сельского хозяйства.

Таблица 1

Общее материальное потребление биологических ресурсов Республики Крым в 2014–2016 гг.

Ресурсы	Добытое, тыс. т			Добытое, т на человека		
	в 2014 г.	в 2015 г.	в 2016 г.	в 2014 г.[1]	в 2015 г.[2]	в 2016 г.
Лесное хозяйство	0[3]	0	0	0	0	0
Рыбное хозяйство	28,4[4]	52,7[5]	59,8[6]	0,02	0,03	0,03
Животноводство	172,6	146,7	141,3	0,09	0,08	0,07
Молоко	286,7	243,3	243,8	0,15	0,13	0,13
Яйца[7]	27,5	24,4	24,3	0,01	0,01	0,01
Зерновые[8]	1101,1	1263,1	1286,5	0,58	0,67	0,67
Картофель	387,8	272,6	258,1	0,21	0,14	0,14
Овощи	413,9	354,3	365,6	0,22	0,19	0,19
Подсолнечник	101,2	107,4	152	0,05	0,06	0,08
Фрукты и ягоды	113,4	121,6	143,9	0,06	0,06	0,08
Виноград	70,2	58,3	56,3	0,04	0,03	0,03
Корм для скота[9]	24,5	28,3	41,5	0,01	0,01	0,02
Сено[10]	43	23	32,4	0,02	0,01	0,02
Урожай пастбищ[11]	51	51	51	0,03	0,03	0,03

[1] Рассчитано по итогам переписи населения от 14.10.2014 — 1891,4 тыс. человек [1. С. 27].

[2] Численность населения Республики Крым по состоянию на 01.01.2015 составляет 1895,9 тыс. человек, на 01.01.2016 — 1907,1 тыс. человек, на 01.01.2017 — 1912,2 тыс. человек [1. С. 27].

[3] Заготовка древесины ведется, но в незначительных объемах — эксплуатационное значение лесов ограничено, так как все леса Крыма отнесены к категории защитных лесов [14].

[4] [5].

[5] [5].

[6] [7].

[7] Здесь и далее: рассчитано на основании среднего веса куриного яйца — 50 г.

[8] В Крыму выращивают следующие зерновые культуры: озимые пшеница, рожь, ячмень; яровые пшеница, ячмень, овес, кукуруза на зерно, просо, зернобобовые.

[9] Учитывались кормовые корнеплоды (включая сахарную свеклу на корм скоту), кукуруза на силос и зеленый корм.

[10] Учитывались однолетние и многолетние травы на сено.

[11] Рассчитано, исходя из площади пастбищ, равной 54 832,9 га по состоянию на 01.07.2016 [6. С. 8], принимая среднюю урожайность пастбищ Крыма за 9,3 ц/га сухого вещества без внесения удобрений за годичный период вегетации (на основании исследования [12]).

Продолжение табл. 1

Ресурсы	Добытое, тыс. т			Добытое, т на человека		
	в 2014 г.	в 2015 г.	в 2016 г.	в 2014 г.	в 2015 г.	в 2016 г.
Сахарная свекла	0	0	0[1]	0	0	0
Всего биологических ресурсов	**2821,3**	**2746,7**	**2856,5**	**1,49**	**1,45**	**1,5**
Ресурсы	**Скрытые потоки добычи, тыс. т**			**Скрытые потоки добычи, т на человека**		
	в 2014 г.	**в 2015 г.**	**в 2016 г.**	**в 2014 г.**	**в 2015 г.**	**в 2016 г.**
Лесное хозяйство	0	0	0	0	0	0
Рыбное хозяйство	6,87	12,75	14,47	0	0,01	0,01
Животноводство	0,5	0,43	0,41	0	0	0
Молоко	0,17	0,15	0,15	0	0	0
Яйца	0	0	0	0	0	0
Зерновые	194,34	222,94	227,07	0,1	0,12	0,12
Картофель	68,45	48,11	45,55	0,04	0,03	0,02
Овощи	73,05	62,53	64,53	0,04	0,03	0,03
Корм для скота	4,32	4,99	7,32	0	0	0
Сено	43	23	32,4	0,02	0,01	0,02
Урожай пастбищ	0	0	0	0	0	0
Сахарная свекла	0	0	0	0	0	0
Всего скрытых потоков биологических ресурсов	**390,7**	**374,9**	**391,9**	**0,2**	**0,2**	**0,2**
Ресурсы	**Импорт, тыс. т**			**Импорт, т на человека**		
	в 2014 г.	**в 2015 г.**	**в 2016 г.**	**в 2014 г.**	**в 2015 г.**	**в 2016 г.**
Лесное хозяйство: древесина и изделия из нее	0,3	10,4	6,1	0	0,01	0
Рыбное хозяйство: мороженая рыба, продукты из рыбы	57,3	62,7	88,2	0,03	0,03	0,05
Животноводство[2]	0	0	0,1	0	0	0

[1] В настоящее время объем выращивания свеклы незначителен, но Министерство сельского хозяйства Республики Крым имеет план увеличить посевные площади свеклы для цели получения семян и импортозамещения [8].

[2] В том числе учитывался ввоз и импорт готовых продуктов из мяса, консервов, колбас.

Продолжение табл. 1

Ресурсы	Импорт, тыс. т			Импорт, т на человека		
	в 2014 г.	в 2015 г.	в 2016 г.	в 2014 г.	в 2015 г.	в 2016 г.
Молоко	93,1	0,4	1,43	0,05	0	0
Яйца	0	1,19	0	0	0	0
Зерновые (и зерно злаков обработанное)	0	0	0,1	0	0	0
Картофель	0	0	0	0	0	0
Овощи	0,4	4,62	0,6	0	0	0
Подсолнечник (животные или растительные жиры и масла и их фракции, обработанные)	0	0	0	0	0	0
Фрукты и ягоды	3,6	2,5	1,8	0	0	0
Виноград	0,1	0,4	0	0	0	0
Корм для скота, продукты для кормления животных (кормовые корнеплоды)	0	0,1	0	0	0	0
Сено	0	0	0	0	0	0
Урожай пастбищ	0	0	0	0	0	0
Сахарная свекла, сахар	0	0	0	0	0	0
Всего импортируемых биологических ресурсов	**154,8**	**82,31**	**98,33**	**0,08**	**0,04**	**0,05**
Ресурсы	**Скрытые потоки импорта, тыс. т**			**Скрытые потоки импорта, т на человека**		
	в 2014 г.	**в 2015 г.**	**в 2016 г.**	**в 2014 г.**	**в 2015 г.**	**в 2016 г.**
Лесное хозяйство: древесина и изделия из нее	0,05	1,87	1,1	0	0	0
Рыбное хозяйство: мороженая рыба	13,87	15,17	21,34	0,01	0,01	0,01
Животноводство	0	0	0	0	0	0

Продолжение табл. 1

Ресурсы	Скрытые потоки импорта, тыс. т			Скрытые потоки импорта, т на человека		
	в 2014 г.	в 2015 г.	в 2016 г.	в 2014 г.	в 2015 г.	в 2016 г.
Молоко	0,06	0	0	0	0	0
Яйца	0	0	0	0	0	0
Зерновые[1]	0	0	0,02	0	0	0
Картофель	0	0	0	0	0	0
Овощи	0,07	0,82	0,11	0	0	0
Корм для скота[2]	0	0	0	0	0	0
Сено[3]	0	0	0	0	0	0
Урожай пастбищ	0	0	0	0	0	0
Сахарная свекла, сахар	0	0	0	0	0	0
Всего скрытых потоков импорта биологических ресурсов	**14,05**	**17,86**	**22,57**	**0,01**	**0,01**	**0,01**
Ресурсы	**Ввоз[4], тыс. т**			**Ввоз, т на человека**		
	в 2014 г.	**в 2015 г.**	**в 2016 г.**	**в 2014 г.**	**в 2015 г.**	**в 2016 г.**
Древесина: пиломатериалы, кроме шпал[5]	0,006	1,81	0,35	0	0	0
Рыба[6]	2,12	2,55	3,2	0	0	0
Мясо[7]	0,04	1,93	12,1	0	0	0,01
Молоко	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.

[1] Учитывались следующие зерновые культуры: озимые пшеница, рожь, ячмень; яровые пшеница, ячмень, овес, кукуруза на зерно, просо, зернобобовые.

[2] Учитывались кормовые корнеплоды (включая сахарную свеклу на корм скоту), кукуруза на силос и зеленый корм.

[3] Учитывались однолетние и многолетние травы на сено.

[4] Имеется в виду ввоз в Республику Крым из регионов РФ предприятиями-производителями и организациями оптовой торговли (по юридическим лицам, кроме микропредприятий).

[5] Рассчитано на основании средней плотности ели и сосны.

[6] Учитывались рыба и переработанные рыбные продукты (рыбные консервы и пресервы не учитывались, так как нет данных).

[7] Мясо с учетом мяса птицы, кроме субпродуктов.

Продолжение табл. 1

Ресурсы	Ввоз, тыс. т			Ввоз, т на человека		
	в 2014 г.	в 2015 г.	в 2016 г.	в 2014 г.	в 2015 г.	в 2016 г.
Яйца	X[1]	0	0,002	X	0	0
Зерновые[2]	0	19,11	2,05	0	0	0
Картофель[3]	0,12	0,13	0,66	0	0	0
Овощи: замороженные и сушеные овощи и грибы, консервированные овощи, включая овощные соки[4]	0,02	0,16	0,14	0	0	0
Подсолнечник	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Фрукты и ягоды[5]	X	0	0,002	X	0	0
Виноград	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Корм для скота[6]	X	24,79	72,33	X	0,01	0,04
Сено	0	0	0	0	0	0
Урожай пастбищ	0	0	0	0	0	0
Сахарная свекла, сахар	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Всего ввозимых биологических ресурсов	**2,306**	**50,48**	**90,83**	**0**	**0,01**	**0,05**
Ресурсы	**Скрытые потоки ввоза, тыс. т**			**Скрытые потоки ввоза, т на человека**		
	в 2014 г.	**в 2015 г.**	**в 2016 г.**	**в 2014 г.**	**в 2015 г.**	**в 2016 г.**
Лесное хозяйство: древесина и изделия из нее	0	0,33	0,06	0	0	0
Рыбное хозяйство: мороженая рыба	0,51	0,62	0,77	0	0	0

[1] В данной таблице «X» обозначает тот факт, что показатель не рассчитывался КрымСтатом, т.е. расчет такого показателя не предусмотрен методологией (из-за изменения номенклатуры в 2014 г.).

[2] Учитывалось зерно злаковых и бобовых культур.

[3] Учитывался переработанный и консервированный картофель.

[4] Рассчитано, исходя из веса одной условной консервной банки в 400 г.

[5] Учитывались сушеные фрукты, ягоды и орехи.

[6] Учитывались комбикорма.

Продолжение табл. 1

Ресурсы	Скрытые потоки ввоза, тыс. т			Скрытые потоки ввоза, т на человека		
	в 2014 г.	в 2015 г.	в 2016 г.	в 2014 г.	в 2015 г.	в 2016 г.
Животноводство	0	0,01	0,04	0	0	0
Молоко	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Яйца	0	0	0	0	0	0
Зерновые	0	–	0,36	0	–	0
Картофель	0,02	0,02	0,12	0	0	0
Овощи	0	0,03	0,02	0	0	0
Корм для скота	X	4,38	12,77	X	0	0,01
Сено	0	0	0	0	0	0
Урожай пастбищ	0	0	0	0	0	0
Сахарная свекла, сахар	0	0	0	0	0	0
Всего скрытых потоков ввозимых биологических ресурсов	**0,53**	**5,39**	**14,14**	**0**	**0**	**0,01**
Ресурсы	**Суммарно ввоз и импорт, тыс. т**			**Суммарно ввоз и импорт, т на человека**		
	в 2014 г.	**в 2015 г.**	**в 2016 г.**	**в 2014 г.**	**в 2015 г.**	**в 2016 г.**
Древесина	0,31	12,21	6,45	0	0,01	0
Рыба	59,42	65,25	91,4	0,03	0,03	0,05
Мясо	0,04	1,93	12,2	0	0	0,01
Молоко	93,1	0,4	1,43	0,05	0	0
Яйца	0	1,19	0	0	0	0
Зерновые	0	19,11	2,15	0	0,01	0
Картофель	0,12	0,13	0,66	0	0	0
Овощи	0,42	4,78	0,74	0	0	0
Подсолнечник	0	0	0	0	0	0
Фрукты и ягоды	3,6	2,5	1,8	0	0	0
Виноград	0,1	0,4	0	0	0	0
Корм для скота	0	24,89	72,33	0	0,01	0,04
Сено	0	0	0	0	0	0
Урожай пастбищ	0	0	0	0	0	0
Сахарная свекла, сахар	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.

Окончание табл. 1

Ресурсы	Суммарно ввоз и импорт, тыс. т			Суммарно ввоз и импорт, т на человека		
	в 2014 г.	в 2015 г.	в 2016 г.	в 2014 г.	в 2015 г.	в 2016 г.
Всего ввозимых и импортируемых биологических ресурсов	**157,11**	**132,79**	**189,16**	**0,08**	**0,06**	**0,1**
Ресурсы	**Скрытые потоки ввоза и импорта, тыс. т**			**Скрытые потоки ввоза и импорта, т на человека**		
	в 2014 г.	**в 2015 г.**	**в 2016 г.**	**в 2014 г.**	**в 2015 г.**	**в 2016 г.**
Древесина	0,06	2,2	1,16	0	0	0
Рыба	14,38	15,79	22,12	0,01	0,01	0,01
Мясо	0	0,01	0,04	0	0	0
Молоко	0,06	0	0	0	0	0
Яйца	0	0	0	0	0	0
Зерновые	0	3,37	0,38	0	0	0
Картофель	0,02	0,02	0,12	0	0	0
Овощи	0,07	0,84	0,13	0	0	0
Корм для скота	0	4,39	12,77	0	0	0,01
Сено	0	0	0	0	0	0
Урожай пастбищ	0	0	0	0	0	0
Сахарная свекла, сахар	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Всего скрытых потоков импортируемых и ввозимых биологических ресурсов	**14,59**	**22,23**	**36,71**	**0,01**	**0,01**	**0,02**

Источник: составлено авторами.

Анализ полученных результатов показывает, что наиболее крупные потери происходят при заготовке зерновых культур, овощей, сена, рыбных ресурсов.

В силу ограниченной пропускной транспортной способности мостов, ведущих в Крым, сельское хозяйство полуострова выгодней ориентировать на минимизацию ввоза и тем более импорта, нацелить на выращивание необходимого населению и туристам внутри полуострова. В некоторых

случаях уменьшение скрытых потоков добычи биологических ресурсов позволит частично осуществить импортозамещение[1].

Исходя из того, в Крыму есть большая необходимость решения проблемы дефицита водных ресурсов, наряду с прочими действиями требуется повышение эффективности использования земельных и водных ресурсов, которое должно проводиться на основе внедрения высокоэффективных технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции [10].

В работе [1. С. 69] была проведена оценка энергосодержания отходов растениеводства за 2014 г. Полученная величина оказалась весьма значительной для энергетики полуострова. Учитывая тот факт, что котельно-печное топливо преимущественно завозится в Крым с материка, энергоносители из отходов растениеводства в виде пеллет и брикетов способствовали бы энергонезависимости Крыма [1].

Административное-территориальное деление Республики Крым включает Бахчисарайский, Белогорский, Джанкойский, Кировский, Красногвардейский, Красноперекопский, Ленинский, Нижнегорский, Первомайский, Раздольненский, Сакский, Симферопольский, Советский и Черноморский муниципальные районы и городские округа: Алушта, Армянск, Джанкой, Евпатория, Керчь, Красноперекопск, Саки, Симферополь, Судак, Феодосия, Ялта. Для отображения пространственного расположения этих регионов использовались данные на основе открытых источников Open Street Map [3]. При создании карт градации распределения ресурса, расположенные в графе условных обозначений карты, выбраны на основе метода естественных групп, который создает диапазоны в соответствии с алгоритмом, использующим среднее внутри каждой статистической группы. Это наилучшим образом обеспечивает то, что градации ресурсов на карте представлены своими средними значениями.

По данным годового урожая основных видов сельскохозяйственной продукции [15] нами была построена серия карт, ранжирующих 25 вышеназванных внутренних районов Крыма по объему выращивания винограда (рис. 1), зерновых и зернобобовых культур (рис. 2), картофеля (рис. 3), овощей (рис. 4), подсолнечника (рис. 5), фруктов и ягод (рис. 6). Помимо этого нами были построены карты, отражающие годовые объемы надоя молока (рис. 7), производства мяса (рис. 8), яиц (рис. 9), и карты, показывающие поголовье скота и птицы (рис. 10) во всех внутренних районах Республики Крым.

В настоящем параграфе были приведены данные, отражающие ситуацию в 2016 г., а карты, составленные по данным 2014 и 2015 гг., помещены в приложение 1 (подробнее см. рис. 1–19 приложения 1).

[1] Например, есть проект по сахарной свекле [8].

Специфика приморских городских округов Крымского полуострова заключается в их рекреационной значимости. По этой причине и в связи с геоморфологическими условиями полуострова зерновые и подсолнечник выращиваются преимущественно в северной и северо-восточной частях Крыма. В расположенных на побережье районах преобладает выращивание такой важной сельскохозяйственной культуры для Крыма, как виноград. Производство вин из местных виноматериалов весьма развито в Крыму и востребовано отдыхающими, а отходы виноградарства имеют высокий биоэнергетический потенциал (как и ряд других отходов сельского хозяйства) [1].

Итак, в стратегии социально-экономического развития Республики Крым [4] в числе задач названы: обеспечение экологически ориентированного роста экономики, в том числе с помощью внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий, снижения объемов образования отходов производства и потребления.

Уникальный природный капитал является важнейшей частью потенциала развития Крыма, учитывая его рекреационный профиль. Такому конкурентному преимуществу полуострова необходимо грамотное управление, ведь многие экологические проблемы вызваны нерациональным использованием природных ресурсов. Выходом является проведение политики ресурсосбережения на всех уровнях, а именно весьма важной становится задача максимизации ресурсной продуктивности каждого товара на протяжении всего его жизненного цикла (включая минимизацию отходов). Поэтому для дальнейшего развития экономики Республики Крым очень важно проводить оценку ресурсного потребления и потерь. Для достижения данной цели вышеописанная методика учета потоков природных ресурсов является весьма полезной.

Список литературы

1. *Андреенко Т. И., Киселева С. В., Рафикова Ю. Ю.* Энергетический потенциал отходов сельскохозяйственного производства южных регионов России (Волгоградская область, Республика Крым) // Вестник аграрной науки Дона. 2017. № 3. С. 63–72.
2. База данных экспорта и импорта России (ВЭД). Статистика внешней торговли. По данным Федеральной таможенной службы России. URL: http://ru-stat.com/database
3. Веб-сайт Open Street Map (OSM). URL: https://www.openstreetmap.org
4. Закон Республики Крым «О стратегии социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года». Принят Государственным Советом Республики Крым 28 декабря 2016 года. Симферополь. 343 с.
5. Интервью главы председателя государственного комитета по рыболовству Республики Крым А. Дедюхина от 08.04.2016 информационно-аналитическому журналу Fishnews.

6. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года на территории Республики Крым. Том 3. Земельные ресурсы и их использование. Крымстат-Симферополь, 2018. 198 с.
7. Крым в 2016 году побил рекорд по вылову рыбы. Новость от 25.01.2017 информационного агентства ТАСС. URL: https://tass.ru/v-strane/3969462
8. Крым станет базовым регионом для импортозамещения семян сахарной свеклы. Новость от 29.03.2018. Портал Sugar.Ru. URL: http://sugar.ru/node/22413
9. *Кудрявцева О. В.* Теоретические и методологические основы экономического анализа движения природных ресурсов: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05. М.: МГУ, 2009. 358 с.
10. *Кудрявцева О. В., Тетерина Н. В.* Учет потоков природных ресурсов для устойчивого развития экономики региона (на примере Калининградской области) // Монография «Инновационное экологически устойчивое развитие экономики региона» / под ред. С. Н. Бобылева. М.: Экономический ф-т МГУ, 2013.
11. *Кудрявцева О. В., Тетерина Н. В.* Экономика замкнутого цикла и биологические ресурсы // Стратегии и инструменты экологически устойчивого развития экономики: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции Российского общества экологической экономики / под ред. И. М. Потравного. АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та Ставрополь, 2019. С. 457–461.
12. *Николаев Е. В., Письменный В. Д., Мельников М. М.* Повышение продуктивности естественных пастбищ западной предгорной степи Крыма // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2013. № 157. С. 105–112.
13. Отдел статистики торговли и услуг Управления Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. URL: http://crimea.gks.ru
14. Паспорт государственной программы Республики Крым «Развитие лесного и охотничьего хозяйства в Республике Крым» на 2015–2017 годы. URL: http://programma.x-pdf.ru/16raznoe/618476-1-gosudarstvennaya-programma-respubliki-krim-razvitie-lesnogo-ohotnichego-hozyaystva-respublike-krim-2015-2017-godi-pa.php
15. Статистический ежегодник Республики Крым. 2016: стат. сб. / Крымстат-Симферополь, 2017. 243 с.
16. *Тетерина Н. В., Кудрявцева О. В.* Учет потоков природных ресурсов на региональном уровне // Экономический анализ движения природных ресурсов в России / под ред. О. В. Кудрявцева. М.: Проспект, 2015. С. 5–39.
17. *Тетерина Н. В., Кудрявцева О. В.* Учет потоков природных ресурсов для Калининградской области // Сборник трудов IV Международной конференции «Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов» (Environment and Natural Resource Management). Тюмень, 11–13 сентября 2013 г.
18. *Bringezu S., Schütz H.* Total material requirement of the European Union. Technical part // Technical Report Nr. 56. European Environmental Agency. Copenhagen, 2001b.
19. EUROSTAT. Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide. Statistical Office of the European Union. Luxembourg, 2001.

20. EUROSTAT. Material use in the European Union 1980–2000: indicators and analysis. Statistical Office of the European Union. Luxembourg, 2002.
21. *Giljum St. et al.* Material input data for the GINFORS model/Technical report/ MOSUS, 2005.
22. *Moll St., Bringezu St., Schuetz H.* Resource use in European countries. Material Flows and resource management // Wuppertal. 2005. December. P. 78.

1.5. ПОДХОДЫ К ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ РЕГИОНОВ РОССИИ

Ситкина К. С.

Экосистемные услуги в настоящее время могут рассматриваться в качестве одного из факторов, определяющих экономическое развитие того или иного региона.

Для России с ее разнообразием природных зон, значительной долей ненарушенных экосистем и большим числом особо охраняемых природных территорий вопросы интеграции экосистемных услуг в программы регионального экономического развития особенно актуальны. Это в первую очередь касается регионов Сибири и Дальнего Востока, богатых лесными ресурсами, регионов Арктической зоны РФ и сельскохозяйственных территорий страны.

Услуги различных типов экосистем, несмотря на различия, как правило, классифицируются по укрупненным категориям:

- обеспечивающие услуги — продовольствие, материалы (волокна, древесина), генетические, декоративные и биохимические ресурсы и пресная вода;
- регулирующие — регулирование климата, качества воздуха, водных ресурсов и эрозии, заболеваний и стихийных бедствий, а также опыление, очистка воды и переработка отходов;
- поддерживающие — те услуги, которые обеспечивают выполнение всех остальных услуг, — это почвообразование, фотосинтез, предоставление первичной продукции и кругооборот питательных веществ;
- культурные функции, к которым относят культурное разнообразие, образовательные, эстетические, духовные и религиозные ценности, системы знаний, ощущение места, социальные связи, ценности культурного наследия, а также рекреацию и экотуризм [1].

Определение общей структуры экосистемных услуг региона может проводиться на основе анализа структуры его земельного фонда (табл. 1).

Таблица 1

Структура земельного фонда регионов Среднего и Нижнего Поволжья, %

	Болота	Земли застройки	Лесные насаждения, не входящие в лесной фонд	Лесные площади	Нарушенные земли	Под водой	Под дорогами	Прочие земли	Сельскохозяйственные угодья всего
Республика Татарстан	0,74	2,10	1,91	17,68	0,07	6,66	2,32	1,63	66,89
Чувашская Республика	0,28	1,92	0,95	32,91	0,03	2,62	3,28	1,56	56,39
Пензенская область	0,31	1,40	1,78	22,51	0,02	0,98	2,07	0,77	70,08
Самарская область	0,78	1,93	1,95	12,80	0,07	4,22	2,31	1,21	74,63
Ульяновская область	0,29	0,94	1,48	27,82	0,04	6,15	2,30	1,60	59,39
Саратовская область	0,19	1,12	1,20	6,07	0,02	3,54	1,48	1,91	84,38
Астраханская область	2,34	0,58	0,40	2,12	0,01	13,96	1,17	12,96	66,42
Волгоградская область	0,31	1,47	1,16	5,24	0,03	4,34	1,04	8,73	77,62
Республика Калмыкия	1,65	0,43	0,57	0,43	0,05	2,35	0,87	5,27	84,53

Источник: рассчитано автором на основе данных «Регионы России. Социально-экономические показатели — 2018 г.», Росстат.

Как видно из табл. 1, преобладающим типом земель в данном кластере регионов являются сельскохозяйственные угодья, затем идут лесные земли и земли водно-болотных угодий.

Соответственно одним из наиболее важных направлений в оценке экосистемных услуг будет оценка выгод, предоставляемых агроценозами, — преимущественно это собственно сельскохозяйственная продукция (обеспечивающие услуги) и ряд культурных услуг. Предоставление регулирующих и поддерживающих зависит от экологического состояния агроценозов и подходов к управлению ими [2].

Так, например, услуги агроэкосистем включают поглощение углерода, опыление, ряд эстетических и культурных услуг, в том числе рекреацию и сельский образ жизни, сельский туризм. При этом исследователями отмечается зависимость сельского хозяйства от внешних экосистемных услуг, получаемых агроценозами, и негативное воздействие на окружающую среду, в том числе эрозия почв, эмиссия парниковых газов, загрязнение вод [5].

Таблица 2

Структура земельного фонда территорий Арктической зоны РФ, %

	Под дорогами	Земли застройки	Лесные насаждения, не входящие в лесной фонд	Лесные площади	Болота	Под водой	Нарушенные земли	Прочие земли	Сельскохозяйственные угодья всего
Регионы, полностью входящие в Арктическую зону РФ									
Мурманская область	0,22	0,26	4,01	37,15	39,35	8,22	0,14	10,49	0,18
Ненецкий АО	0,06	0,07	8,14	9,85	19,13	5,66	0,01	56,94	0,15
Ямало-Ненецкий АО	0,22	0,17	5,69	24,39	19,24	17,32	0,13	32,54	0,29
Чукотский АО	0,03	0,01	5,38	18,04	3,93	3,39	0,07	69,16	0,01
Регионы, частично входящие в Арктическую зону РФ									
Архангельская область	0,32	0,23	0,31	55,55	14,10	1,96	0,01	25,77	1,76
Красноярский край	0,08	0,07	1,34	51,10	9,59	3,90	0,01	31,63	2,29
Республика Карелия	0,49	0,21	0,12	54,57	19,63	23,20	0,07	0,53	1,18
Республика Коми	0,35	0,12	0,33	74,60	9,77	1,54	0,04	12,25	1,00
Республика Саха (Якутия)	0,04	0,03	0,60	53,47	6,42	4,24	0,01	34,67	0,53

Источник: БД ЕМИСС, показатель «Площадь земельного фонда в границах территорий Российской Федерации». URL: https://fedstat.ru/indicator/38150

Как следует из табл. 2, в арктических регионах России структура земельного фонда совершенно иная. В данных регионах доля сельскохозяйственных земель незначительна, преобладают лесные территории и в регионах, полностью входящих в АЗ РФ, собственно арктические экосистемы.

Соответственно к числу экосистемных услуг лесов относится целый ряд обеспечивающих услуг — включая сбор недревесной продукции лесов, в том числе заготовку лекарственных растений и сбор меда, охоту, древесину и др.; регулирующие услуги лесов в первую очередь заключаются в регулировании качества атмосферного воздуха, поглощении углекислого газа, производстве кислорода, регулировании водного баланса территорий, предоставлении местообитания и иных услуг. Культурные функции лесов, как правило, наиболее трудны для эколого-экономической оценки, однако они также, в той или иной мере, должны приниматься во внимание.

Отдельного внимания, особенно в связи с нарастанием глобальных проблем водопользования и растущим интересом к водным ресурсам, за-

служивают экосистемные услуг водно-болотных угодий, к числу которых относятся услуги предоставления воды для нужд населения и экосистем, регулирование водного баланса, предоставление местообитаний видам, рекреационные услуги и ряд других.

Так, растет интерес к использованию арктических водных ресурсов, а в регионах Поволжья особенную роль играют экосистемные услуги собственно Волги, в том числе в сохранении биоразнообразия. Дельта реки Волги, Астраханская область, входит в список водно-болотных угодий международного значения в рамках Рамсарской конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местообитаний водоплавающих птиц[1].

Оценить ряд экосистемных услуг водно-болотных угодий региона можно на основе экстраполяции данных, полученных в ходе исследования экономической оценки мировых водно-болотных угодий [3].

Полученные результаты представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Экономическая оценка экосистемных услуг водно-болотных угодий регионов Поволжья, млн руб.[2]

	Площадь болот, тыс. га	Предотвращение наводнений	Рекреация	Очистные функции	Местообитание	Биоразнообразие
Цена, долл./га* [3]		464	201	492	288	214
Республика Татарстан	50,5	1759,98	762,40	1866,18	1092,40	811,71
Чувашская Республика	5,1	177,74	77,00	188,47	110,32	81,98
Пензенская область	13,5	470,49	203,81	498,88	292,03	216,99
Самарская область	42	1463,74	634,08	1552,07	908,53	675,09
Ульяновская область	10,7	372,91	161,54	395,41	231,46	171,99
Саратовская область	19,2	669,14	289,86	709,52	415,33	308,61
Астраханская область	114,7	3997,41	1731,64	4238,64	2481,15	1843,64
Волгоградская область	35,2	1226,76	531,42	1300,79	761,44	565,79
Республика Калмыкия	123,5	4304,10	1864,49	4563,83	2671,51	1985,08

Источник: расчеты автора.

[1] Ramsar Sites Information Service // Volga Delta. URL: https://rsis.ramsar.org/ris/111

[2] Рассчитано по курсу рубля, установленному Центральным банком РФ на 06.02.2021 (URL: https://cbr.ru/currency_base/daily/) в размере 75,11 руб. за доллар США.

Таблица 4

Экономическая оценка экосистемных услуг водно-болотных угодий регионов Арктической зоны РФ, млн руб.[1]

	Площадь болот, тыс. га	Предотвращение наводнений	Рекреация	Очистные функции	Местообитание	Биоразнообразие
Цена, долл./га [3]		464	201	492	288	214
Регионы, полностью входящие в Арктическую зону РФ						
Мурманская область	5701,20	198 692,75	86 071,64	210 682,83	123 326,53	91 638,47
Ненецкий АО	3381,80	117 859,25	51 055,41	124 971,44	73 154,02	54 357,50
Ямало-Ненецкий АО	14 798,80	478 742 363,90	207 386 239,54	507 631 989,31	297 150 432,77	220 799 279,90
Чукотский АО	2833,00	98 733,00	42 770,11	104 691,02	61 282,55	45 536,34
Регионы, частично входящие в Арктическую зону РФ						
Архангельская область	5823,30	202 948,06	87 915,00	215 194,93	125 967,76	93 601,05
Красноярский край	22 690,20	790 777,07	342 556,45	838 496,37	490 827,15	364 711,84
Республика Карелия	3543,60	123 498,15	53 498,12	130 950,62	76 654,02	56 958,20
Республика Коми	4073,10	141 951,77	61 492,04	150 517,83	88 108,00	65 469,14
Республика Саха (Якутия)	19 783,60	689 479,03	298 675,19	731 085,53	427 952,50	317 992,49

Источник: расчеты автора.

В табл. 5 и 6 представлены суммарные результаты оценки экосистемных услуг водно-болотных угодий.

[1] Рассчитано по курсу рубля, установленному Центральным банком РФ на 06.02.2021 (URL: https://cbr.ru/currency_base/daily/) в размере 75,11 руб. за доллар США.

Таблица 5

Суммарная стоимость оценки экосистемных услуг водно-болотных угодий регионов Поволжья, млрд руб.

Республика Татарстан	6,29
Чувашская Республика	0,64
Пензенская область	1,68
Самарская область	5,23
Ульяновская область	1,33
Саратовская область	2,39
Астраханская область	14,29
Волгоградская область	4,39
Республика Калмыкия	15,39
Всего регионы Поволжья	51,64

Источник: расчеты автора.

Таблица 6

Суммарная стоимость оценки экосистемных услуг водно-болотных угодий регионов Арктической зоны РФ, млрд руб.

Мурманская область	710,41
Ненецкий АО	421,40
Ямало-Ненецкий АО	1 711 710,31
Чукотский АО	353,01
Архангельская область	725,63
Красноярский край	2827,37
Республика Карелия	441,56
Республика Коми	511,61
Республика Саха (Якутия)	2465,18
Всего регионы АЗ РФ	1 720 166,48

Источник: расчеты автора.

Как видно из табл. 5–6,стоимости экосистемных услуг болот в рассматриваемых кластерах регионов существенно различаются.

Таким образом, на основе анализа полученных результатов можно говорить о том, что регулирование вопросов, связанных с устойчивым использованием заболоченных земель, имеет наибольшее значение: среди регионов Поволжья — в Республике Калмыкия; среди регионов АЗ РФ — в Ямало-Ненецком автономном округе.

Список литературы

1. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC., 2005.
2. *Power A. G.* Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies, 2010. Ecosystem Phil.Trans. R. Soc. B., 365(1554): 2959–2971.
3. *Schuyt K., Brander L.* The economic values of world's wetlands. Gland/Amsterdam, January 2004.
4. *Stallman H. R.* Ecosystem services in agriculture: Determining suitability for provision by collective management // Ecological Economics. 2011. 71.
5. *Swinton S. M., Lupi F., Robertson G. P., Hamilton S. K.* Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits // Ecological Economics. 2007. 64.

1.6. «ПЛАТОН»: ИНТЕРНАЛИЗАЦИЯ ЭКСТЕРНАЛИЙ ИЛИ «КАРА НЕБЕСНАЯ»?

Ховавко И. Ю.[1]

Система «Платон» — плата за тонны — была запущена в РФ в 2015 г. Эта система предполагает взимание платы за проезд по федеральным трассам с грузовиков, имеющих разрешенную максимальную массу свыше 12 т. Введение системы сопровождалось акциями протеста дальнобойщиков и широкими общественными дискуссиями относительно целесообразности дальнейшего увеличения налоговой нагрузки на перевозчиков. В частности, во время дебатов с дальнобойщиками на Московском экономическом форуме 2016 г. известный российский аграрий Василий Мельниченко высказался в том роде, что к системе «Платон» следует относиться как к «каре небесной». Вместе с тем и экономическая теория, и зарубежная практика рассматривают подобную плату как важный инструмент регулирования грузового транспорта.

В параграфе автор ставит целью проанализировать эффективность системы «Платон» как инструмента, направленного на интернализацию внешних эффектов грузового транспорта в конкретных российских условиях. Для реализации поставленной цели автором были решены следующие задачи: 1) проанализированы теоретические подходы к оценке внешних эффектов автотранспорта и, в частности, грузового автотранспорта; 2) обобщен зарубежный опыт регулирования автотранспорта; 3) оценены первые практические результаты функционирования системы «Платон».

Внешние эффекты автотранспорта. Экстерналии, или внешние эффекты, — это результаты производства и потребления благ, которые не проходят через рыночный механизм (не включаются в рыночное ценообразование). Теоретически возникновение экстерналий объясняется свойством общественных благ. Появление негативных экстерналий свидетельствует о растущей ограниченности ресурса и о переходе ресурса из категории чистых общественных благ в категорию ресурсов общего доступа. Наличие неторгуемых и неоцениваемых благ (антиблаг) снижает общественное благосостояние, поскольку ведет к расхождению реальной

---

[1] Опубликовано в: *Ховавко И.* Система «Платон»: интернализация экстерналий или «кара небесная»? // Экономическая политика. 2018. Т. 13. № 2. С. 78–99.

аллокации ресурсов с той эффективной аллокацией, которая сложилась бы на идеальном конкурентном рынке.

Экстерналии возникают тогда, когда действия субъектов рынка не имеют эффектов обратной связи, отсюда ключом к повышению эффективности рыночной экономики является создание недостающей обратной связи путем интернализации внешних эффектов (включения внешних издержек во внутренние издержки источника экстерналий). Решить эту задачу призвана система государственного регулирования, эффективность которой может быть определена полнотой интернализации внешних эффектов.

Теоретические обоснования транспортной политики за рубежом лежат в области экономики благосостояния. В экстернальной экономике сформировалось самостоятельное направление, занимающееся изучением транспортных экстерналий. Начало исследований относят к началу 50-х гг. прошлого века. Тогда будущий нобелевский лауреат Уильям Викери впервые предложил регулировать транспортные потоки в Нью-Йоркском метро, используя налог Пигу, дифференцированный по величине в час и вне часа пик. В дальнейшем внешние эффекты автотранспорта и методы их интернализации изучались в работах М. Делучи, Е. Кралс, Т. Литмана, И. Мейерс, И. Пэри, С. Пруста, А. Паулуса, Л. Вирека, Ф. Верхофа и др.

В настоящее время в литературе [4; 6; 7] выделяются 14 видов экстернальных эффектов автотранспорта (влияние на землепользование; неоплаченная часть издержек на парковку; разнообразие транспорта, дорожные пробки; загрязнение воздуха; риск аварий; издержки потребления невозобновляемых природных ресурсов; стоимость земли; внешние инфраструктурные издержки; загрязнение воды; регулирование дорожного движения; эффект барьера; шумовое загрязнение; отходы). Описания внешних эффектов и их размер (среднее значение или диапазон оценок) для среднего легкового автомобиля представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные экстернальные издержки автотранспорта

	Внешний эффект (рыночный/нерыночный)	**Описание**	**Среднее значение или диапазон (долл. на автомилю)**
1	Влияние на землепользование (смешанные)	Экономические, социальные и экологические последствия автомобилеориентированного землепользования	0,056
2	Издержки на парковку (рыночные)	Издержки на внеуличные парковки, не оплачиваемые пользователем	0,05

Продолжение табл. 1

	Внешний эффект (рыночный/нерыночный)	Описание	Среднее значение или диапазон (долл. на автомилю)
3	Разнообразие транспорта (нерыночные)	Разнообразие вариантов перемещения относится к основополагающей характеристике транспортных услуг, отражающей требование справедливой конкуренции всех видов транспорта. Расширение передвижения на автомобилях приводит к деградации других видов транспорта, поэтому издержки от снижения разнообразия транспорта правомерно рассматривать как экстернальные для автотранспорта[1]	0,05
4	Дорожные пробки (смешанные)	Потери времени других участников дорожного движения	0,042
5	Загрязнение воздуха (нерыночные)	Ущерб от загрязнения воздуха традиционными загрязнителями и парниковыми газами	0,04
6	Риск аварий (нерыночные)	Некомпенсированный материальный ущерб, потери дохода, затраты на скорую помощь, медицинское обслуживание третьих лиц, а также некомпенсированные нерыночные издержки у третьих лиц (страдания и потеря качества жизни, страдания близких, сокращение возможностей передвижения)	0,035

[1] В экономической литературе предложено два основных подхода к стоимостной оценке разнообразия транспорта. Это:

1) оценка на основе величины субсидирования общественного транспорта. Принцип горизонтального равенства гласит, что если общество в виде бесплатных дорог и парковок субсидирует каждый автомобиль в среднем на 2 тыс. долл. в год, то столько же должно быть потрачено на субсидирование пешеходов и велосипедистов;

2) оценка на основе сравнения транспортных расходов домохозяйств в автомобилеориентированных населенных пунктах и в населенных пунктах, имеющих в наличии несколько видов транспорта (Transportation Cost and Benefit Analysis — Transportation Diversity, www.vtpi.org, p. 5.9-8).

Продолжение табл. 1

	Внешний эффект (рыночный/нерыночный)	Описание	Среднее значение или диапазон (долл. на автомилю)
7	Издержки потребления невозобновляемых природных ресурсов (смешанные)	Издержки по обеспечению энергетической безопасности страны, экологический ущерб, ущерб здоровью в процессе добычи и переработки нефти	0,024
8	Стоимость земли (смешанные)	Стоимость земли под дорожной инфраструктурой	0,01–0,1
9	Внешние инфраструктурные издержки (рыночные)	В переменных издержках (ремонт, эксплуатация и содержание дорог) необходимо выделить долю, которую оплачивают пользователи дорог. Оставшаяся часть представляет собой внешние издержки, поскольку она оплачивается всеми налогоплательщиками	0,013
10	Загрязнение воды (нерыночные)	Ущерб от загрязнения грунтовых вод и питьевых источников (утечки нефтепродуктов, стоки с парковок и АЗС, смыв дорожных реагентов) и нарушения гидрологических режимов (концентрированный водосток, изменение береговой линии рек и озер)	0,013
11	Регулирование дорожного движения (рыночные)	Издержки по регулированию дорожного движения. Подавляющая часть этих расходов связана с уровнем дорожного движения, однако финансируются эти затраты из общих налогов	0,003–0,015
12	Эффект барьера (нерыночные)	Дороги и дорожное движение создают барьер, сокращая возможности немоторизованного передвижения. Пешеходы и велосипедисты несут дополнительные издержки, которые необходимо заставить оплачивать моторизованные виды транспорта	0,009

Окончание табл. 1

	Внешний эффект (рыночный/нерыночный)	Описание	Среднее значение или диапазон (долл. на автомилю)
13	Шумовое загрязнение (нерыночные)	Экономический ущерб от шума	0,001–0,02
14	Отходы (нерыночные)	Ущерб от неутилизированных элементов автомобиля (шин, батарей, карбюраторов, металлолома) и издержки по их утилизации	0,002

Источник: составлено автором на основе [4].

Описания внешних эффектов и их оценки, представленные в табл. 1, дают общее представление о структуре и величине экстернальных эффектов автотранспорта. Наибольшую трудность представляют оценки нерыночных издержек. Для этого широко применяются методы субъективной оценки «Желание платить за улучшение» и «Желание принять компенсацию за ухудшение», первоначально разрабатываемые в рамках теории экологических рисков[1]. Для расчета экологического ущерба от загрязнения применяются методические подходы «сверху вниз» и «снизу вверх». Подход «сверху вниз» предполагает распределение агрегированного ущерба от загрязнения на отдельные автотранспортные средства (АТС) в зависимости от их экологических характеристик. Подход «снизу вверх» предполагает детальную оценку воздействия отдельного АТС на определенном участке дороги и получение обобщающих оценок на основе построения общих зависимостей величины ущерба от загрязнения от количества АТС. Очевидно, что такая трудоемкая работа вряд ли возможна в массовом масштабе. Для трудно исчисляемых нерыночных эффектов (например, для оценки разнообразия транспорта) предлагается определять границы значений на основе ранжирования нескольких внешних эффектов, имеющих надежные количественные оценки.

Т. Литман оценивает полные издержки среднего автомобиля в 1,64 долл. на автомобиле-милю в городе (час пик) и 0,94 — в сельской местно-

[1] Цена экологического риска, связанного с каким-либо экологическим воздействием, равна денежной сумме, которую среднестатистический индивид готов заплатить за снижение риска, или, наоборот, сумма компенсации, которая требуется, чтобы побудить его пойти на этот риск добровольно. Оценка определяется максимумом «желания платить» и минимумом «желания принять компенсацию». Это развитие понятия рыночных цен на товары и услуги, оказавшиеся вне рыночного ценообразования. По своей экономической сути эти методы идентичны. Большее распространение получили оценки «желание платить», хотя они могут быть лишь нижней границей экономического ущерба от загрязнения.

сти[1] [5. P. 15]. 35% полных затрат на передвижение автомобиля составляют экстернальные издержки [4. P. 4]. То есть для общества поездка на автомобиле стоит на треть дороже, чем для водителя.

В целом автотранспорт характеризуется самыми большими экстернальными эффектами среди всех видов транспорта. При общей оценке экстернальных издержек транспорта в Евросоюзе в 500 млрд евро (4% ВВП 2008 г.) на долю автотранспорта приходилось 93% всех негативных внешних эффектов [2. P. 5]. В табл. 2 приведено сравнение внешних эффектов различных видов транспорта.

Таблица 2

Внешние издержки транспорта в ЕС

Вид транспорта	Негативные внешние эффекты, %
Транспорт	100
Автотранспорт	93
в том числе: — пассажирский — грузовой	 61 32
Авиатранспорт	5
Железнодорожный	2
Внутренний речной транспорт*	0,3

* Морские перевозки не рассматривались.
Источник: составлено автором на основе [2].

Из табл. 2 видно, что на грузовой транспорт приходится треть негативных внешних эффектов автотранспорта, хотя он составляет всего 8–15% дорожного трафика. Негативные экстернальные эффекты автотранспорта заметно выше, чем железнодорожного и речного. Отрицательные экстерналии единицы грузового транспорта выше, чем легкового. Например, если внешние инфраструктурные издержки легкового автомобиля составляют 0,013 долл. на автомилю, то грузовика — 0,075 [4. P. 14].

Передвижение на личном легковом автотранспорте не имеет положительных экстерналий. Все выгоды от использования личного автотранспорта (от улучшения мобильности) — внутренние. Еще никому не удалось показать, что можно получить какие-то выгоды от того, что ваш сосед больше ездит на машине. Положительный эффект грузового транспорта

[1] Это некоторая усредненная цифра, полученная Тоддом Литманом на основе обобщения расчетов экстернальных эффектов автотранспорта разных авторов в различных населенных пунктах мира. Пересчет этой цифры в рубли (с учетом ППС и перевода в километры пробега) дает оценку экстерналий для Москвы в 3 руб. на автомобиле-км (*Ховавко И. Ю.* Ездить нельзя платить // Экономическая наука современной России. 2011. № 4. С. 89–94).

состоит в том, что он выполняет важную экономическую работу (обеспечение товарами и услугами, повышение конкурентоспособности стран, регионов и т.д.). Корреляционная связь грузоперевозок с ВВП составляет 0,77 [1. С. 8]. Хотя получить количественные оценки положительного эффекта работы грузового автотранспорта довольно сложно, факт его наличия необходимо принимать во внимание в процессе разработки мер по регулированию автотранспорта.

Таким образом, если картина с внешними эффектами личного легкового автотранспорта однозначная (чем больше интернализировано, тем лучше), то для грузового автотранспорта однозначного ответа нет. С точки зрения эффективной аллокации ресурсов для грузового транспорта необходима некоторая оптимизация, предусматривающая интернализацию внешних эффектов лишь на уровне, который не приводил бы к значительным негативным последствиям в экономике (росту цен, сокращению объемов перевозимых грузов и др.). То есть, согласно западной экономической теории, не ставится задача полностью скорректировать налогообложение грузового транспорта с помощью пигувианского налога. Рекомендуется ограничиться минимальными изменениями, достаточными лишь для перенаправления транспортных потоков на те виды транспорта, которые имеют более низкие социальные издержки. Подчеркивается, что налогообложение грузового транспорта эффективно лишь в сочетании со снижением других видов налогов (например, налогов на труд). Снижение внешних эффектов грузового транспорта целесообразно обеспечивать:

а) мерами градостроительной политики;
б) регулированием землепользования (количество и распределение точек торговли и общепита, размещение складов, парковок);
в) развитием межмодальных инфраструктурных хабов (мест соединения автотранспорта с местами доставки грузов альтернативными видами транспорта), что позволит сократить автомобильное плечо (last mile delivery);
г) повышением эффективности доставки грузов (использования ITS в логистике);
д) стимулированием использования местных продуктов.

То есть экономическая теория не дает однозначного ответа на вопрос о том, в каком объеме следует интернализировать экстерналии грузового транспорта. В связи с этим обратимся к анализу зарубежной практики.

Регулирование автотранспорта: зарубежная практика

Государственное регулирование автотранспорта за рубежом включает два направления: 1) экологическое регулирование, целью которого явля-

ется снижение экологического воздействия отдельного автотранспортного средства; и 2) управление спросом на передвижение, имеющее целью сокращение количества автомобилей на дорогах путем изменения принципов ценообразования.

Экологическое регулирование. Экологическое регулирование автотранспорта в развитых странах начиналось с установления экологических стандартов, регулирующих содержание вредных веществ в выхлопных газах, картерных газов и испарений у АТС. Первые стандарты появились в 60-е гг. XX в. Сначала стандарты были разработаны для легковых автомобилей, затем нормы распространились на грузовые автомобили и автобусы, позднее — на дорожную и строительную технику. Контролю подлежат наиболее опасные для здоровья людей выбросы вредных веществ автомобиля — оксиды серы и азота, летучие углеводороды, твердые частицы. Практически все ведущие автомобилестроительные компании мира вовлечены в разработку новых экологически чистых технологий в отрасли. Из табл. 3 наглядно видно, как ужесточались требования к выбросам дизельных грузовых автомобилей и автобусов в Евросоюзе.

Таблица 3

Требования к содержанию вредных веществ в выхлопах дизельных грузовых автомобилей и автобусов

Стандарт	Дата	CO (гр./кВт)	NO_x (гр./кВт)	HC (гр./кВт)	PM (гр./кВт.ч)
Евро 0	1988–1992	12,3	15,8	2,6	
Евро 1	1992–1995	4,9	9,0	1,23	0,40
Евро 2	1995–1999	4,0	7,0	1,1	0,15
Евро 3	1999–2005	2,1	5,0	0,66	0,1
Евро 4	2005–2008	1,5	3,5	0,46	0,02
Евро 5	2008–2012	1,5	2,0	0,46	0,02
Евро 6	2013 – наст. время	1,5	0,5	0,13	0,01

Источник: Экологические стандарты Евро. URL: https://www.stroyteh.ru/wiki/Экологические стандарты Евро

Таким образом, в области снижения природоемкости отдельных АТС доминируют меры прямого регулирования в виде экологических стандартов на выбросы автотранспорта.

Управление спросом на передвижение. Объектом государственного регулирования в развитых странах является и количество автотранспортных средств на дорогах (управление спросом на передвижение). Целью такого регулирования является устойчивое развитие городского транспорта, предполагающее сокращение количества личного автотранспорта на дорогах

и переориентацию населения на использование общественного транспорта. Реализуется эта цель с помощью системы транспортных налогов, которая призвана заставить владельцев автомобилей полностью оплачивать издержки, которые несет общество от передвижения автотранспорта. Эта система включает следующие виды налогов [10]: 1) на автомобили (дополнительный налог при покупке автомобиля, транспортный налог); 2) на перемещение на автомобиле (плата за проезд по дорогам, где наблюдаются заторы (congestion pricing), плата за движение по дорогам в определенном районе (area licensing), плата за въезд в город (cordon pricing); плата за разрешение пользоваться дорожной сетью в течение определенного времени (vignettes schemes); электронные системы оплаты в зависимости от места движения и пройденного расстояния (Electronic Road Pricing); 3) на хранение автомобиля (плата за парковки); и 4) на автомобильные топлива. Налоги могут быть дифференцированы в зависимости от уровня выбросов АТС или пройденного расстояния (Distance –Based Pricing).

Все налоги на автомобилистов можно разделить на две категории: 1) налоги, уплачиваемые по факту владения автомобилем (входной билет за доступ к дорожной инфраструктуре); и 2) налоги, связанные с использованием автомобиля. В большинстве стран с высоким уровнем автомобилизации широко применяются следующие налоги первого типа: налоги на владение, приобретение, продажу и регистрацию транспортных средств. Среди налогов второго типа самыми распространенными являются топливный налог, плата за пользование дорогами, а также плата за парковки. Топливный налог отражает степень пользования дорожной сетью «больше ездишь — больше платишь», однако он не отражает реальные экстерналии, поскольку налог не привязан к месту движения (экстерналии в городе заметно больше, чем в сельской местности). Плата за движение по дорогам применяется в виде покилометровой, абонентской или электронной систем оплаты проезда. Платные дороги существуют более чем в 30 странах мира, хотя в целом в мире платных дорог менее 1%. Большинство платных дорог имеют низкие тарифы за проезд, достаточные лишь для регулирования транспортных потоков. В мире существует всего несколько примеров полностью коммерческих проектов транспортной инфраструктуры (Гонконг, Сингапур, США), где плата составляет выше 1 долл. США за км[1]. Количество парковочных мест и цены на них являются также важным средством регулирования транспортной мобильности. Однако эффективной эта мера становится только в сочетании с запретом на бесплатную парковку, что требует организации сложной системы контроля.

[1] *Блинкин М., Сарычев А.* О плате за пользование дорогами (историко-методические заметки), 2003. URL: http://rosavtodor.ru/eye/news/312/15055

Таким образом, перечисленные выше меры регулирования автотранспорта позволяют решить ряд задач по реализации стратегии устойчивого развития: снизить количество владельцев личного автотранспорта, сократить количество поездок, совершаемых на личном автотранспорте, переориентировать автовладельцев на использование более экологически чистых АТС, побудить пользоваться общественным транспортом.

Регулирование грузового транспорта. Как уже указывалось, грузовой транспорт выполняет важную работу, поэтому целью регулирования грузового транспорта в развитых странах является не сокращение объема перевозимых грузов, а лишь переориентация транспортных потоков на более экологичные виды транспорта (железнодорожный, водный), а также некоторая оптимизация логистической деятельности. Регулирование грузового транспорта осуществляется *мерами прямого контроля* (временное окно для передвижения в городе, ограничения на габариты автомобилей, использование автомобилей только определенных экологических классов) и *рыночными мерами* (плата, зависящая от места и времени передвижения, топливный налог). Последние должны стимулировать перевозчиков сокращать внутренние издержки (использовать оптимальный размер автомобилей, сокращать частоту отгрузок, использовать общественный транспорт для доставки товаров и т.п.).

В зарубежной литературе отмечается низкая ценовая эластичность грузовых перевозок. Она колеблется в диапазонах — 0,1... — 0,8 (автомобиле-км) и — 0,1–0,5 (т-км) [3. P. 28], что ограничивает применение рыночных мер регулирования.

Практика налогообложения грузового транспорта в мире различна. В Евросоюзе в соответствии с «Белой книгой транспорта» (2011 г.) основными направлениями транспортной политики названы: переход на транспорт с низкими выбросами, «безуглеродная» (free CO_2) логистика в городах, запрет на движение грузовиков в час пик, развитие системы межмодальных логистических центров. Система мер по регулированию грузового транспорта в ЕС включает и различные формы платы за дороги:

- евровиньетки — разрешения на движение по дорогам страны в течение определенного срока (Нидерланды, Бельгия, Дания, Люксембург);
- платные участки дорог (Франция, Италия, Испания, Португалия, Греция), где тарифы на передвижение определяются соглашением концессионера и государства;
- системы, основанные на электронном контроле пройденного грузовым транспортом расстояния (Германия, Австрия, Швейцария). Именно этот сложный и дорогой способ взимания платы за дороги был взят за основу системы «Платон».

Плата за использование дорог в ЕС дифференцируется в зависимости от количества осей и экологического класса автомобиля. Вес груза не учитывается (плата устанавливается так, будто все грузовики едут полностью груженными). По оценкам в Британии, например, с помощью налогов интернализировано примерно 79% внешних издержек тяжелых грузовиков и только 55% внешних издержек легких грузовиков [9].

В США, стране с развитой системой автомобильных дорог и менее развитой железнодорожной сетью, плата за проезд по дорогам отсутствует. По мнению американцев, дороги строились для того, чтобы по ним возить грузы, поэтому любая плата — это только увеличение стоимости товаров.

Таким образом, практика регулирования грузового транспорта заметно отличается в странах в зависимости от концептуальных воззрений и конкретных экономических условий. То есть как экономическая теория, так и зарубежная практика не предопределяет однозначного решения относительно целесообразности введения платы за проезд грузового транспорта по дорогам страны и ее конкретные формы.

Регулирование грузового автотранспорта в РФ

В современной России в качестве мер регулирования грузового автотранспорта применяются:

- транспортный налог, рассчитываемый на единицу мощности автомобиля и различающийся по регионам;
- топливный налог (акциз в цене топлива);
- временные ограничения на въезд грузовиков в городах (к примеру, запрещено движение грузовиков днем по МКАД);
- требования к экологическому классу грузовой техники (запрет на въезд в центр Москвы для грузовиков экологического класса ниже Евро-3 введен с 1 сентября 2017 г.).

Наиболее дискуссионным инструментом является система «Платон» — российская система взимания платы с грузовиков за проезд по федеральным трассам. Остановимся на ее анализе подробнее.

Система «Платон» была введена с 15 ноября 2015 г. для грузовиков, имеющих разрешенную максимальную массу свыше 12 т, в целях поддержания старых и строительства новых федеральных дорог. Первоначально планировался тариф 3,73 руб. за километр, однако под влиянием протестов водителей тариф был снижен до 1,53 руб. В 2017 г. предполагалось вернуть плановый уровень тарифа, но под угрозой забастовки с 15 апреля 2017 г. тариф увеличили лишь на четверть (до 1,91 руб.).

Оплата производится с помощью маршрутной карты или с помощью бортового устройства. Контролируется перемещение фур по федераль-

ным трассам через систему ГЛОНАСС. Грузовики, не оснащенные специальными датчиками, штрафуются в размере от 5 тыс. руб. при первом нарушении и 10 тыс. руб. — при повторном (первоначально штрафы планировались до 1 млн руб.).

Оператором системы выступает «РТ-Инвест транспортные системы» — дочерняя компания корпорации «Ростех», которая была утверждена правительством в качестве оператора по взиманию платы. Данное решение было принято без конкурса. По условиям концессионного соглашения предполагалось, что оператор, профинансировавший запуск системы, будет получать 10,6 млрд руб. в год из бюджета в качестве оплаты ее функционирования (независимо от объема собранных средств). Расходы ООО «РТ-Инвест Транспортные Системы» на внедрение «Платона» составили около 29 млрд руб., 27 из которых получены в кредит от Газпромбанка[1]. Собранная плата должна перечисляться в бюджет через тот же Газпромбанк, для чего там открыт специальный банковский счет.

Введение «Платона» сопровождается массовыми протестами дальнобойщиков. Первые протесты стартовали 11 ноября 2015 г. В 40 регионах Российской Федерации сотни водителей грузовиков выехали на трассы и устроили масштабную забастовку. В настоящее время протестные акции периодически возникают в разных местах. В марте 2017 г. забастовки проводились в целом ряде регионов России (Санкт-Петербурге, Татарстане, Дагестане и др.). Несмотря на недовольство водителей, власти планируют в дальнейшем расширить сферу применения системы «Платон» на региональные и муниципальные дороги, а также включить в нее все грузовые автомобили грузоподъемностью свыше 3,5 т.

Рассмотрим, в каких экономических условиях была введена система «Платон» и какое влияние она, в свою очередь, может оказать и уже оказывает на российскую экономику.

«Платон» и бюджетный процесс. В системе «Платон» к концу 2016 г. было зарегистрировано 773 тыс. автомобилей российских перевозчиков и 118 тыс. автомобилей иностранных перевозчиков. По данным экспертов, общее количество большегрузных автомобилей в России составляет более 2 млн. Дискуссионным является охват системой целевой аудитории, поскольку значительное количество большегрузных автомобилей, принадлежащих армии, пожарным, МЧС, выведены из системы «Платон». По мнению начальника ФКЦ «Дороги России» И. Григоровича, в стране около 1 млн грузовых автомобилей подпадает под действие «Платона», т.е. современный охват системой «Платон» составляет

[1] Глава системы взимания платы с грузовиков «Платон» назвал сумму вложений в проект. URL: https://republic.ru/posts/60060?utm_source=slon.ru&utm_medium=rss&utm_campaign=all

75–80% целевой аудитории[1]. Таким образом, даже по официальным оценкам, 25% парка большегрузных автомобилей до сих пор осталось в сером сегменте рынка.

За год функционирования системы удалось собрать около 18 млрд руб., которые поступили в Федеральный дорожный фонд (ФДФ)[2]. Общая величина ФДФ составила в 2016 г. 560 млрд руб., т.е. поступления от системы «Платон» при нынешнем уровне тарифов составили всего 3% величины ФДФ. Если разделить поступления от «Платона» на количество зарегистрированных грузовиков, то получится, что в месяц средний грузовик проходит около 1,6 тыс. км. Реально, по оценкам специалистов, фура проезжает в месяц 10–14 тыс. км[3]. И хотя не весь трафик проходит по федеральным трассам, очевидно, что системой фиксируется лишь небольшая часть грузового трафика. Нельзя исключить и возможность части средств раствориться внутри системы, несмотря на декларируемую прозрачность перечисления средств ФДФ через Газпромбанк. Тем более что деньги, собранные «Платоном», вопреки исходным декларациям, растворились в ФДФ и отследить целевое расходование средств становится проблематичным. Исходно средства от «Платона» предполагалось тратить на строительство и ремонт федеральных трасс, однако на практике, по заявлениям чиновников Росавтодора, они были направлены на ремонт региональных дорог. Например, указывается, что из 230 улиц Петрозаводска треть была отремонтирована на средства «Платона»[4]. То есть средства, собираемые с водителей, пользующихся федеральными дорогами, были потрачены вопреки установленным правилам в других местах. Можно предположить, что в Петрозаводске была очень плохая ситуация с дорогами, но такая же ситуация с дорогами практически по всей России. Где критерии выбора? Какая процедура выбора? Основные требования дальнобойщиков, озвученные ими на встрече с премьер-министром Д. А. Медведевым 25 марта 2017 г.[5], вполне справедливы: перевозчики сами выбирают, какие дороги ремонтировать, имеют доступ к контролю качества выполнения работ и целевому расходованию средств. Это вполне цивилизованная

---

[1] ФКУ «Дороги России»: система «Платон» стала катализатором назревших перемен в системе грузоперевозок. URL: http://rosavtodor.ru/press-center/reports/14929

[2] «Росавтодор» спрогнозировал рост сборов от «Платона» до 34 миллиардов рублей. URL: https://lenta.ru/news/2017/03/03/platon/

[3] *Мереминская Е.* Перевозчики нашли объезд // Ведомости. 31.05.2016. № 4085. URL: http://www.vedomosti.ru/newspaper/articles/2016/05/30/642982-perevozchiki-obezd

[4] Замглавы Росавтодора Дмитрий Прончатов подвел итоги первого года работы системы «Платон» в эфире «Коммерсантъ FM». URL: http://rosavtodor.ru/press-center/reports/14930

[5] Медведев поручил представить предложения по возможным скидкам в «Платоне». URL: http://www.rbc.ru/rbcfreenews/58d64b619a794765260c9700

гражданская позиция: имею право контролировать, как власть распоряжается моими налогами.

В качестве компромисса Правительство РФ разрешило плательщикам системы «Платон» получать налоговый вычет по транспортному налогу. Однако это решение вызвало ряд дополнительных негативных последствий. Прежде всего, суммы выплат несопоставимы (200–300 тыс. руб. с фуры в год по «Платону» и около 18 тыс. руб. в год транспортного налога). Главное — это решение лишило регионы части доходов от транспортного налога, которые государство взялось компенсировать регионам. То есть сложилась парадоксальная ситуация: чем больше средств будет получать «Платон», тем больше доходов будет нужно компенсировать регионам из федерального бюджета. Такая корректировка означает прямую перекачку государственных денег в «частно-государственный» карман.

На первом этапе отмечались многочисленные нарушения в работе «Платона». Среди проблем представители бизнеса отмечали произвольные многократные списания денежных средств с личных счетов, кратные завышения реального пробега автотранспорта, сбои в работе интернет-портала, не дающие возможности отмечать маршрут передвижения.

Таким образом, можно заключить, что с введением «Платона» на 10,6 млрд руб. уменьшились другие статьи федерального бюджета, выигрыш государства оказался крайне невелик, дальнобойщики — явно проигравшие, а выгодоприобретателями становятся исключительно владельцы «РТ-Инвест Транспортные Системы», а также Газпромбанк.

«Платон» и российский рынок грузоперевозок. Российский рынок автомобильных грузоперевозок включает коммерческие транспортные предприятия и нетранспортные предприятия, имеющие свой автопарк. В структуре коммерческих транспортных перевозок на автотранспорт приходится 54% всех объемов перевезенных грузов и 4,8% всего грузооборота. Среди перевозимых грузовым автотранспортом грузов лидируют навалочные грузы — 74%, продовольственные товары составляют 9%, товары народного потребления — 3%, оборудование — 3%. Крупные и средние автотранспортные предприятия составляют 44,3% по объему перевозок и 41,1% по обороту. Велика доля малых предприятий и ИП. 96,8% транспортных предприятий — частные[1]. За счет налоговой оптимизации они могут предлагать

[1] Рынок автомобильных грузоперевозок в 2014–2015 гг. и прогноз до 2018 г. Динамика и структура, конкурентная среда, рейтинги и профили компаний // РБК Research. URL: http://alfabank.rbc.ru/media/research/file/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%BA%D0%B8_%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%86%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%8F-7.pdf

более конкурентные ставки перевозок. Все участники рынка прячут объемы перевозок.

«Платон» вводился, когда весь рынок грузовых автоперевозок в РФ находился на нисходящем тренде: с 2012 по 2015 г. объем перевозимых грузов снизился с 8,5 млрд т до 5 млрд т[1]. Основные причины: падение промышленного производства, снижение покупательной способности, санкции, подорожание импорта из-за девальвации. Грузооборот оставался практически неизменным (около 5080 млрд т/км) за счет увеличения дальности поездок. С 2000 по 2014 г. конкурентоспособная зона автотранспорта выросла с 950 до 2000 км[2]. Это явно противоречит европейским установкам сокращения автомобильного плеча. После введения системы «Платон» первые четыре месяца 2016 г. на рынке автоперевозок наблюдалась отрицательная динамика. По результатам года грузооборот прибавил около 2,5%, а объемы перевезенных грузов увеличились на 0,1%[3] (в основном за счет строительных грузов). Во многом сохранению грузопотоков на автотранспорте способствовал рост тарифов на железной дороге и мелководье на основных судоходных реках России.

Перераспределение транспортных потоков на железнодорожный и водный транспорт, по заявлениям Минтранса РФ, является одной из задач «Платона». Однако, как указывалось, заметных успехов в этом направлении не достигнуто. Водные пути проходят в РФ в направлении «север — юг», а основные торговые пути связывают «запад — восток», поэтому водные пути пригодны в основном для северного завоза. Плотность железных дорог в России составляет 5,5 км на 1000 кв. км территории (против 50 км во Франции, 60 км — в Германии, 70 км — в Италии). Кроме того, железная дорога постоянно повышает тарифы, выталкивая грузы на другие виды транспорта. В России сложилась ситуация, когда грузоотправители не могут планировать свою деятельность, поскольку на практике все транспортные тарифы растут, обгоняя друг друга. Предприятия, где в продукции велика доля транспортной составляющей, просто сокращают выпуск. То есть можно констатировать, что перенести грузопоток на транспорт с низкими социальными издержками не удалось.

---

[1] Обзор рынка грузоперевозок — 2015: статистика и тенденции. URL: http://proved-np.org/services/novosti/novosti_ved/obzor_rynka_gruzoperevozok_-_2015_statistika_i_tendencii/

[2] Рынок автомобильных грузоперевозок в 2014–2015 гг. и прогноз до 2018 г. Динамика и структура, конкурентная среда, рейтинги и профили компаний // РБК Research. URL: http://alfabank.rbc.ru/media/research/file/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%BA%D0%B8_%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%86%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%8F-7.pdf

[3] Рассчитано на основе: Информация о социально-экономическом положении России в 2016 году. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/info/oper-01-2017.pdf

В РФ доля транспортной составляющей в цене продукции, по оценкам экспертов, почти в два раза выше, чем в Евросоюзе[1]. Это связано прежде всего с размером нашей страны. Кроме того, отсутствует соответствующая транспортная инфраструктура (подъездные пути к портам и железнодорожным терминалам, логистическим центрам). Для мелких и средних компаний перегрузка машины — недоступная роскошь. Экономическая ситуация в стране и государственное регулирование ведут к росту издержек в отрасли (увеличение прямых и косвенных налогов, удорожание комплектующих, увеличение ставок по кредитам, рост тарифов страховщиков, утилизационный сбор, обязанность установки тахографов). Расходы на топливо можно сокращать, обновляя автопарк, однако в кризис для этого нет возможности. Единственная статья в структуре себестоимости грузовых автоперевозок, которая в России ниже, чем в ЕС (приблизительно в 2,5–3 раза), — это зарплата водителей. В сложившихся условиях попытка снизить эту статью приводит к социальным волнениям.

После введения системы «Платон» на рынке снизилось количество предложений транспортных услуг малыми и средними предприятиями. Отмечается противоречивая тенденция: если в целом происходит «обеление» рынка грузоперевозок, то на продовольственном рынке, например, компании жалуются на недобросовестную конкуренцию (увеличение перевозок в серой зоне). Выросли тарифы, особенно для перевозок на большие расстояния. По данным международной транспортной компании DPD, стоимость услуг перевозчиков в России возросла от 8 до 15% в зависимости от маршрута транспортировки. По данным компании Danone, в феврале 2016 г. стоимость автоперевозок на ряде протяженных маршрутов увеличилась почти вдвое[2]. Добавим еще статью расходов перевозчиков — «поборы на дорогах» (особенно много нареканий на весовой контроль и штрафстоянки), и можно констатировать, что отрасль находится на грани выживания.

В Правительстве РФ рассматривается вопрос о льготных ставках «Платона» для малого и среднего бизнеса[3]. Это подрывает исходный посыл создания системы (плата за разрушение дорог) и обнажает ее чисто фискальную сущность.

Таким образом, можно утверждать, что в краткосрочной перспективе рынок грузовых автоперевозок адаптировался к существующему уровню

---

[1] *Демидов Н.* Автомобильные грузовые перевозки. Структура составляющих себестоимости автоперевозок. Транспортная логистика. 2014. URL: http://zakonrus.ru/vlad_st/zp.htm

[2] Автоперевозки в 2016 году. URL: http://www.formag.ru/o-kompanii/novosti/avtoperevozki-v-2016-godu/

[3] Поручения по итогам встречи с представителями малого и среднего бизнеса в сфере автоперевозок. URL: http://government.ru/orders/selection/401/26905/

платы. Однако в долгосрочной перспективе рост транспортных издержек только усилит кризисные явления в экономике.

Влияние на товарные рынки. Выделить долю влияния «Платона» в росте цен на товары и услуги в нашей стране — сложнейшая задача. В табл. 4 сведены экспертные оценки и прогнозные ожидания изменений на товарных рынках в связи с работой системы «Платон».

Таблица 4

Прогнозные ожидания изменения товарных рынков от введения системы «Платон»

	Авторы прогноза	Прогнозные оценки
1	Минтранс РФ	Новая система «виновата» в повышении цен не более чем на 0,1%
2	Росавтодор	Доля продовольственных и непродовольственных потребительских товаров, перевозимых грузовиками массой свыше 12 т, минимальна — только 3,8% от общего количества грузоперевозок. Вклад нового сбора в темпы прироста потребительских цен на продовольственные товары не превысил 0,1 процентного пункта в течение всего 2016 г.
3	Глава ЦБ РФ Эльвира Набиуллина	Влияние «Платона» на рост инфляции составит 0,1–0,2%
4	Уполномоченный при Президенте РФ по правам предпринимателей Борис Титов	Введение сбора с большегрузных машин прибавит к текущему уровню инфляции 2,7 процентного пункта
5	Глава Сбербанка Герман Греф	Вклад «Платона» в инфляцию в 2016 г. составит 1,5%. Внедрение этой системы окажет серьезное влияние на ассортимент товаров и цены
6	«Союзмолоко»	Под требование уплаты транспортного сбора попадает более 90% молоковозов, доставляющих сырое молоко на перерабатывающие заводы, со средним плечом доставки по стране в 600 км. По расчетам «Союзмолока», действующий тариф 1,53 руб. за километр приводит к удорожанию 1 кг молока в рознице на 1,2 руб., повышенный тариф 3,73 руб. за километр прибавит 2,5 руб.
7	Президент «Союзмолока» А. Даниленко	Логистический тариф в 2016 г. вырос по сравнению с прошлым годом на 15%. Четвертую часть роста составил фактор «Платона», остальное — инфляция, сокращение объемов, сокращение предложения на рынке перевозок (в среднем по стране на 20%)

Окончание табл. 4

	Авторы прогноза	Прогнозные оценки
8	Координатор движения «Синие ведерки» Петр Шкуматов	В конечной цене товара логистика занимает не более 8–15%. Таким образом, максимально это даст удорожание на 5%
9	Ассоциация застройщиков	Себестоимость строительства жилья может подняться из-за «Платона» на 79%
10	Директор по развитию Руспродсоюза Дмитрий Востриков	В наибольшей степени введение сбора отразится на социально значимых товарах с меньшей стоимостью

Источники: составлено автором на основе: *Лабыкин А.* «Платон» подводит государство // Эксперт. 2017. № 5 (1015). С. 20–21; Замглавы Росавтодора Дмитрий Прончаков подвел итоги первого года работы системы «Платон» в эфире «Коммерсантъ FM». URL: http://rosavtodor.ru/press-center/reports/14930; Греф: «Платон» обойдется России в 1,5 процентного пункта инфляции». URL: http://www.vedomosti.ru/business/articles/2015/11/23/617930-gref-platon; Новый год — новые цены? Как скажется «Платон» на стоимости продуктов. URL: http://www.anews.com/p/36456341/; Ретейлеры оценили потери после введения сбора для большегрузов. URL: http://www.interfax.ru/business/480627; Инфляция в России: почему цены продолжают расти в 2016 году. URL: https://newsland.com/user/4297843535/content/infliatsiia-v-rossii-pochemu-tseny-prodolzhat-rasti-v-2016-godu/4879416; Транспортный налог, топливный акциз, «Платон». Куда деваются собранные средства от этих трех налогов (сборов)? URL: http://впередроссия.рф/blog/43645606504/Transportnyiy-nalog,-toplivnyiy-aktsiz,-Platon...-Kuda-devayutsy

Обобщим приведенные в табл. 4 мнения. Несмотря на различие в оценках уровня влияния системы «Платон» на цены товаров (самые высокие ожидания на рынке продовольственных товаров), все эксперты согласны с тем, что система вносит свой вклад в инфляцию. Введение системы способствует вымыванию дешевых объемных товаров, а также качественных товаров с небольшим сроком хранения (например, на рынке молочных товаров). Отмечается сокращение предложения грузовых автоперевозок и рост тарифов на грузоперевозки. Таким образом, введение системы «Платон» в условиях экономического кризиса не только не способствует росту общественного благосостояния, а выполняет в этом смысле деструктивную роль. Это как холодные обливания: они полезны для закаливания организма, но явно противопоказаны больному гриппом.

Попытки властей идейно обосновать эту меру плохо прикрывают исключительно фискальные интересы, обусловившие ее введение. Отметим, что Президент РФ В. В. Путин дал указание не поднимать налоговую нагрузку в стране до 2018 г. Однако общая фискальная нагрузка на бизнес, включающая обязательные платежи (от экологии до обязательного страхования ответственности), только растет. В современной России уже насчитывается до 70 видов неналоговых платежей общим

объемом 1% ВВП[1], что представляет собой серьезную дополнительную нагрузку на бизнес. Кроме того, негативную реакцию в обществе вызывает частный способ взимания платежей. Такой аутсорсинг оборачивается снижением прозрачности и ростом издержек для общества.

Таким образом, вышеизложенное свидетельствует, что для введения платы за проезд по дорогам большегрузных автомобилей есть объективная основа. Успешность решения проблемы регулирования автомобильных грузоперевозок определяется полнотой учета конкретных экономических и социальных условий в стране. Введение системы «Платон» в РФ в сложившихся экономических условиях не способствует росту общественного благосостояния, а выступает дестабилизирующим фактором. Низкий уровень государственного регулирования проявляется, в частности, в том, что исправление ошибок, допущенных при вводе системы, ведет к целой череде новых, вызывая растущее недовольство. Непродуманные фискальные меры формируются негативный фон и способствуют росту социальной напряженности в стране.

Список литературы

1. *Сулакшин С., Кравченко Л., Лексин В.* Стагнация экономики России в 2013 году: причины и следствия. Труды Центра научной политической мысли и идеологии. Вып. № 2. М.: Наука и политика, 2014.
2. *Essen van H., Schroten A., Often M.* External Costs of Transport in Europe. Delft. 2011. September. URL: http://ecocalc-test.ecotransit.org/CE_Delft_4215_External_Costs_of_Transport_in_Europe_def.pdf.
3. *Jong G., Schroten A., Essen Van H., Otten M., Bucci P.* Price sensitivity of European Road Freight Transport — Towards a Better Understanding of Existing Results. Report 9012-1. CE Delft. 2010. June. URL: https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/media/2010_07_price_sensitivity_road_freight_significance_ce.pdf.
4. *Litman T.* Transportation Cost and Benefit Analysis: Techniques, Estimates and Implications. Executive Summary. Victoria Transport Policy Institute. 2011. March. URL: http://www.vtpi.org/tca/tca00.pdf.
5. *Litman T.* Transportation Cost and Benefit Analysis II — Cost Summary and Analysis. Victoria Transport Policy. Institute, 2009. January. URL: http://www.vtpi.org/tca/tca06.pdf.
6. *Madisson D., Pearce D., Johansson O., Calthrop E., Litmann T., Verhoef E.* The True Costs of Road Transport. CSERGE, Earthscan Publications, London, 1996.
7. *Parry I.* How Should Heavy Duty be Taxed? / Discussion paper. RFF DP 06-23, Washington DC 20036, 2006. April. URL: http://www.rff.org/files/sharepoint/WorkImages/Download/RFF-DP-06-23.pdf.

[1] Глава ТПП призвал к серьезной дискуссии по уменьшению неналоговых платежей. URL: https://ria.ru/economy/20170114/1485702730.html

8. *Parry I., Walls M., Harrington W.* Automobile Externalities and Policies / Discussion paper. RFF DP 06-26, Washington DC 20036, 2006. June. URL: http://www.rff.org/files/sharepoint/WorkImages/Download/RFF-DP-06-26.pdf.
9. *Piecyk M., McKinnon A.* Internalising the External Costs of Road Freight Transport in the UK / Logistic Research Centre. Heriot-Watt University. Edinburg, 2007. November. URL: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.445.9426&rep=rep1&type=pdf.
10. *Schwaab J., Tielmann S.* Economic Instruments for Sustainable Road Transport. An Overview for Policy Makers in Developing Countries. Eschborn, 2001. December. URL: https://ru.scribd.com/document/8069837/Economic-Instruments-for-Sustainable-Road-Transport-an-Over.

1.7. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ГОРОДОВ: «УМНЫЕ» ГОРОДА И ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Сунгатуллова А. М., Кирюшин П. А.[1]

В современном мире города являются основным местом проживания людей. Начиная с 2007 г. в них обитает более половины населения мира. В 2018 г. в городах проживало 4,2 млрд человек — около 55% мирового населения на тот момент [59. P. 3–15]. Очевидно, что в дальнейшем будет продолжаться рост численности населения городов. Высказываются, например, такие предположения: к 2050 г. число городских жителей может составить в общей сложности 6,25 млрд человек, притом что 80% из них будет проживать в Африке и Азии [35. P. 55–64].

С одной стороны, росту численности городского населения могут сопутствовать ограничения возможностей для обеспечения достойной занятости, получения коммунальных, социальных и экологических услуг. Может расти количество людей, живущих в трущобах в условиях, опасных для жизни. Население в бедных городских районах обычно проживает без надлежащего доступа к водопроводу, утилизации отходов, электричеству и школам [31. P. 129–132]. С другой стороны, в целом города, по всей видимости, будут сохранять роль центра экономического роста и ядра современной производственной деятельности, где создаются рабочие места, инновации и происходит культурный обмен. Сегодня, объединяя людей, инвестиции и ресурсы, города расширяют возможности для экономического развития и социального взаимодействия, способствуют снижению удельных затрат на общественные услуги, такие как водоснабжение, здравоохранение, образование, электроснабжение и зоны отдыха [7. P. 14–15; 4. P. 10–12].

Здесь важно остановиться на вопросе роста антропогенного воздействия на окружающую среду, вызванного стремительной урбанизацией. Подобное воздействие происходит как внутри самих городов, так и за их пределами. В настоящее время рост урбанизации на 1% приводит к росту

---

[1] Из дипломной работы А. М. Сунгатулловой «Управление применением природоподобных технологий для устойчивого развития «умных» городов», подготовленной под научным руководством П. А. Кирюшина.

загрязнений в воздухе на 1,37% [25. P. 6–8], а наиболее заметными эффектами антропогенного воздействия в городах являются острова тепла в промышленно развитых районах, увеличение количества дождей, загрязнение воздуха, эрозия почвы, деградация водных ресурсов, уничтожение или изменение мест обитаний животных и шумовое загрязнение [57. P. 1638–1640]. За пределами городов антропогенное воздействие чаще всего принимает форму сброса бытовых и химических отходов (например, нитратов или органики) в почву и воду [1. P. 298–316]. К примеру, за один только 2016 г. в мире было выработано 2017 млн т твердых отходов [26. P. 1–9].

Важным драйвером на пути преодоления проблем, связанных с урбанизацией (например, негативное влияние на окружающую среду), стало устойчивое развитие. «Устойчивость» подразумевает способность социальной или экологической системы выдерживать причиненный ей вред, сохраняя при этом ту же базовую структуру, пути функционирования, возможности к самоорганизации и восстановлению после перенесенного стресса [68. С. 40–45]. Важным аспектом устойчивости является способность системы противостоять ударам, а также способность «перестраивать систему» всякий раз, когда это необходимо. Устойчивые системы способны реорганизовываться после случившихся изменений.

Города, аккумулирующие как человеческие, так и прочие ресурсы, способны внести значительный вклад в развитие устойчивости. Город обладает большим потенциалам для развития вторичной переработки отходов и вторичного использования продуктов, применения экологичных видов транспорта (например, велосипедов), в городе хорошо заметен эффект экономии от масштаба, есть возможность для развития малого бизнеса, в том числе городского сельского хозяйства [48. P. 2–5].

В данной главе монографии мы рассмотрим две концепции, реализация которых может способствовать достижению устойчивого городского развития: «умные» города и применение природоподобных технологий для их развития.

Понятие «устойчивое развитие» обрело популярность с 1992 г., когда оно стало главной темой обсуждения во время Конференции ООН в Рио-де-Жанейро, в которой приняли участие более 170 стран. Выпущенная после конференции декларация 1992 г. объединила экономические, социальные и экологические аспекты устойчивости, а главными тезисами декларации стали искоренение нищеты и усиление роли государства, местных жителей и международного сообщества в области защиты окружающей среды [44. P. 3–9].

Ядром устойчивого развития является достижение масштабной цели: удовлетворение нынешних потребностей человечества без ущерба для спо-

собности будущих поколений удовлетворять их собственные потребности [48. P. 2–5]. В рамках этой цели рассматриваются все меры по сокращению бедности, обеспечению высокого качества жизни, устойчивости к стихийным бедствиям и изменениям климата, поскольку они являются одними из самых насущных проблем современности.

На первой сессии Всемирного форума городов, созванной в штабквартире Программы Организации Объединенных Наций по населенным пунктам в Найроби в 2002 г., была проведена углубленная дискуссия по вопросам урбанизации в контексте устойчивого развития [24. P. 1–11]. Было подтверждено, что решение экономических, социальных, экологических и управленческих вопросов является неотъемлемой частью создания устойчивых городов. Устойчивость городов — это широкая концепция, которая объединяет социальное развитие, экономическое развитие, управление окружающей средой и городское управление, которое осуществляется муниципальными властями в координации с местными жителями и негосударственными организациями. Однако, согласно докладу, сделанному по результатам Программы, главным препятствием на пути достижения устойчивости является отсутствие у органов местного самоуправления распланированной программы достижения устойчивости [63. С. 3–4]. В дальнейшем тема устойчивого развития городов поднималась многими авторами, но уже не на уровне определения термина, а с рассмотрением отдельных аспектов устойчивого города: какое место в нем займет креативный класс, как выглядит жизнь человека в таком городе, что делать со старением населения, как продвигать город как бренд [62. С. 29–38].

Поскольку концепция устойчивого развития возникла в первую очередь как средство противостояния вызовам, которые возникают при дальнейшем росте городов, с чем сталкиваются как развитые, так и развивающиеся страны, необходимо в первую очередь рассмотреть эти вызовы. Как видно из табл. 1, для развивающихся стран наиболее актуальным является создание городской инфраструктуры, тогда как для развитых — усовершенствование уже имеющейся инфраструктуры так, чтобы уменьшить негативное воздействие на население и добиться экономического роста.

Таблица 1

Вызовы для устойчивого развития городов

Основные тренды развития городов	Развивающиеся страны		Развитые страны	
	Вызовы	Пути решения	Вызовы	Пути решения
Социальная сфера				
К 2025 г. городское население в большинстве будет жить в малых и средних городах	Необходимость дать доступ к жилью, воде, санитарии, улучшить городскую инфраструктуру	Инвестиции в городскую инфраструктуру, строительство компактных зданий в странах со средним доходом, усиление связи между городом и сельской местностью	Необходимость сплотить городское население	Инвестиции в компактное городское развитие и децентрализацию
Количество людей, живущих в трущобах, растет	Необходимость сократить уровень бедности и риск заболеваний, улучшить социальную сплоченность, уменьшить безработицу среди молодежи	Создание общественного транспорта и рабочих мест для сокращения роста трущоб; использование «молодежного» дивиденда в странах с низким уровнем дохода	Необходимость сократить уровень безработицы среди молодежи, обеспечить адекватное жилье в бедных районах	Расширить и усилить социальную защиту, ввести эффективное реагирование на кризисы
Неэффективное использование общественных услуг (таких как вода, электричество)	Необходимость улучшить управление утилизацией отходов, поддерживать потребление местной продукции, изменить модели чрезмерного потребления домохозяйств	Субсидии домашним хозяйствам и небольшим фирмам для сокращения неэкономных систем водоснабжения и отходов; стимулы для местных сообществ по улучшению систем утилизации	Необходимость избавиться от чрезмерного потребления и улучшить управление утилизацией отходов	Инвестирование в реконструкцию зданий, в водо- и энергосберегающие устройства, модернизация общественной инфраструктуры

Продолжение табл. 1

Основные тренды развития городов	Развивающиеся страны		Развитые страны	
	Вызовы	**Пути решения**	**Вызовы**	**Пути решения**
Старение	Необходимость создания продуктивной занятость для пожилых людей	Инвестиции в универсальные пенсии, продление трудоспособного возраста	Налоговое давление, приводящее к снижению затрат на здравоохранение	Инвестиции в переподготовку пожилых людей и продление трудоспособного возраста
Экономическая сфера				
Неравенство и финансовая неустойчивость	Необходимость сократить неполную занятость, способствовать экономической диверсификации, создать политику инклюзивности	Инвестиции в «зеленую» промышленность» структурные экономические изменения (скачок в промышленности и сфере услуг для наименее развитых стран), укрепление регионального сотрудничества	Необходимость уменьшить безработицу, стимулировать экономический рост, укрепить международное сотрудничество	Инвестиции в «зеленую» инфраструктуру; согласованность и координация политики
Отсутствие продовольственной безопасности	Необходимость улучшить доступ к еде, повысить продуктивность	Инвестиции в городское сельское хозяйство, местные складские помещения	Необходимость уменьшить количество пищевых отходов	Инвестиции в инфраструктуру сохранения продуктов, сокращение продовольственных субсидий

Окончание табл. 1

Основные тренды развития городов	Развивающиеся страны		Развитые страны	
	Вызовы	**Пути решения**	**Вызовы**	**Пути решения**
Экологическая сфера				
Доступ к энергии	Необходимость обеспечить доступ к чистой энергии и сократить использование «грязной» энергии в бедных домохозяйствах, препятствовать высокому потреблению энергии в домохозяйствах	Инвестиции в энергосберегающие устройства, производство и использование возобновляемых источников энергии, субсидии и стимулы для эффективного использования энергии и воды для домохозяйств	Необходимость сократить перепроизводство и потребление энергии	Инвестиции и стимулы для производства и использования возобновляемых источников энергии, децентрализация производства энергии
Изменение климата	Необходимость уменьшить влияние на экосистему, уменьшить выбросы углерода	Инвестиции в инфраструктуру и образование, технологии адаптации и смягчения последствий изменения климата, экологический общественный транспорт	Необходимость модернизировать системы предотвращения риска природных катастроф и снизить выбросы углерода	Инвестирование в системы смягчения изменения климата, промышленная «зеленая» трансформация, «зеленая» реконструкция зданий

Источник: [58. P. 64].

Отдельно можно рассмотреть следующие проблемы современных городов:

1. Изменение климата. Во всем мире повышается средняя температура окружающей среды. Считается, что к 2080 г. это повышение составит в некоторых регионах более 5 градусов, что в конечном счете приведет к разрушительному поднятию уровня моря (на 124 см в 2080 г.) [8. P. 10–15]. Кроме того, увеличение температуры приводит к более частым засухам, цунами и землетрясениям. Города вносят существенный вклад в этот процесс благодаря наличию в них особой жаркой зоны (urban heat island), возникающей в густозастроенных местах интенсивного использования электроэнергии. Чаще всего это касается центра города, где температура постоянно на пару градусов выше, чем на окраинах.

2. Продовольственная безопасность. Если город следует политике продовольственной безопасности, то это значит, что его население имеет локальный доступ к полноценному питанию, подходящему каждой этнической группе горожан [42. P. 1–10]. Однако подобное получается соблюдать не во всяком городском районе (особенно это касается свежих овощей и фруктов), наоборот, в некоторых районах все торговое пространство занято только точками, торгующими вредной пищей. Учитывая, что уже к 2050 г. более 50% всех людей в мире могут стать горожанами, проблемой доступности полноценного питания не стоит пренебрегать.

3. Безопасность водных ресурсов. У города, особенно крупного, нет возможности локально снабжать себя водными ресурсами, их необходимо поставлять извне. Такая зависимость имеет определенные риски для города. Например, природные водные катастрофы и заболевания, передающиеся с помощью воды, могут привести к перебоям в поставке воды городу, поэтому задача политики в области безопасности водных ресурсов заключается в снижении этих рисков, а также в том, чтобы использование водных ресурсов приводило к росту благосостояния города [21. P. 2–18]. Это достигается созданием оптимальной водной системы с максимально развитыми параметрами, такими как водоснабжение, защита от затоплений, создание водных коридоров.

4. Риски природных катастроф. Природные катастрофы, случающиеся в городах, оказывают негативное воздействие на население, особенно на наименее защищенные группы, например бедных [46. P. 93–105]. Такие группы живут в условиях повышенного риска природных катастроф, поскольку их дома зачастую строятся на местах, подверженных оползням и обрушениям, где легко возможно возгорание. Это особенно актуально в городах Латинской Америки, Азии и Африки. С усилением урбанизации планеты эти риски только продолжают расти.

5. Здоровье населения. От того, как организована жизнь людей в городе, зависит их физическое состояние. Недостаточно просто агитировать

людей вести здоровый образ жизни, само устройство города должно мотивировать жителей. К примеру, если город устроен так, что ходить пешком по нему непрактично из-за неудобного расположения зданий, то такое планирование города само по себе стимулирует людей передвигаться только на автомобиле. А ведь регулярные физические активности, такие как прогулка, являются профилактикой от многих современных заболеваний (диабета, сердечно-сосудистых и т.д.), а также положительно влияют на душевное здоровье населения [3. P. 129–140]. Более того, город, в котором основной транспорт — это автомобили, неудобен для многих групп жителей: детей, безработных, инвалидов и старых людей.

6. Экономическое и социальное развитие. Города могут предоставить множество низкозатратных средств для борьбы с бедностью. Развивать в городах инфраструктуру и муниципальные сервисы проще благодаря большому числу потенциальных клиентов, а также компактности проживания населения. Все это приводит к тому, что города являются мощным двигателем экономического прогресса страны [10. P. 4–5]. Однако эффективность развития города целиком и полностью зависит от местных властей и их решений.

Для того чтобы эффективно отвечать на эти вызовы и развиваться устойчиво, городам необходимо выработать и применять новые подходы. Среди таких подходов основные — делать города «умными» и применять природоподобные технологии.

Понятие «умного» города появилось сравнительно недавно, в 1993 г., и тогда под ним понимали такое развитие города, при котором транспорт, управление городским пространством и городские социальные услуги вместе оказывают долгосрочное положительное влияние на экономику [30. P. 1–4]. Многие из новых подходов, связанных с обслуживанием города, были основаны на использовании электронных технологий, а ключевым элементом такого города считался высококачественный и эффективный общественный транспорт. «Умный» город в такой концепции состоит из трех частей, как показано на рис. 1.

Однако концепция «умного» города далеко не ограничивается применением технологий в городах — в современной литературе принято считать, что в «умном» городе присутствует тесное сотрудничество между правительством, бизнесом и горожанами [6. P. 189–197]. Последнее важно, поскольку устойчивое развитие не может быть достигнуто без поддержки граждан. Кроме того, городам для устойчивого развития необходимо поддерживать тесное сотрудничество между секторами науки и промышленности для того, чтобы передать университетские знания промышленному производству и внести вклад в инновационное развитие. Цель этого сотрудничества — обеспечить постоянное увеличение человеческого капитала города. Однако в настоящее время большинство решений по созданию

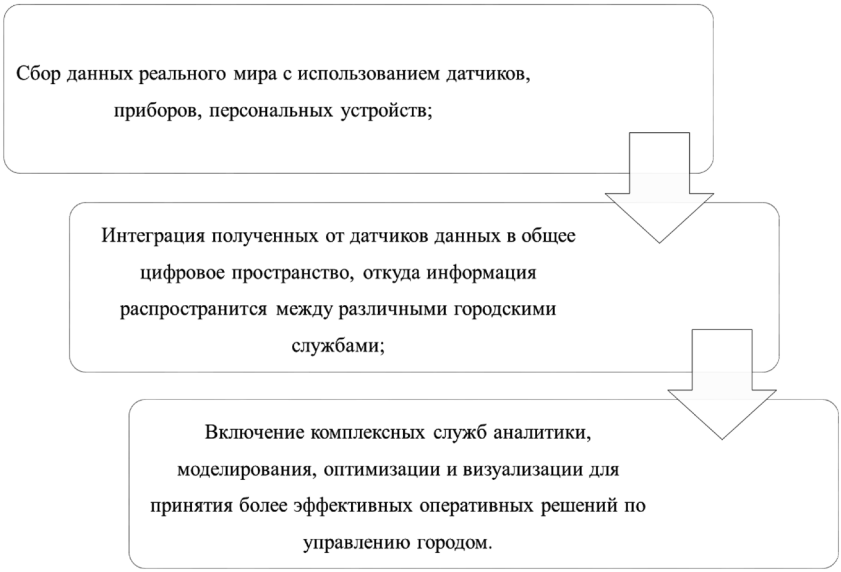


Рис. 1. Особенности «умного» города
Источник: [30].

«умного» города представляют собой нишевые, пилотные инновационные проекты, находящиеся на ранних стадиях реализации и разрабатывающиеся в ограниченных локальных масштабах, а не по всему городу [51. P. 58–60].

Креативность считается ключевой движущей силой такого города, поэтому образование, обучение и знание играют в нем центральную роль [29. P. 4–6]. Понятие «умного» города включает создание климата, подходящего для креативного класса, где город становится центром высшего образования и квалифицированной рабочей силы и действует как магнит для творческих людей, которые получают возможность эффективно использовать свой человеческий потенциал [50. P. 82–86]. Знания в «умных» городах важны еще и потому, что благодаря развитию облачных технологий, используемых для систем мониторинга, в городе аккумулируются терабайты информации, которые должны в дальнейшем быть обработаны, а благодаря электронным устройствам, таким как смартфоны, жители города имеют возможность мгновенно обмениваться этими терабайтами информации [38. P. 283–286]. Эта информация появляется благодаря технологии больших данных, способной быстро передавать объемные и разнообразные массивы информации различным стейкхолдерам. Информация собирается из разных источников: потоки данных в реальном времени

из городских инфраструктур и датчиков, данные об активных гражданах из социальных сетей и мобильных приложений, традиционные статистические источники данных, собранные с помощью опросов.

Таким образом, «умный» город направлен на развитие человеческого общества, удобен для жизни и экологичен. Под экологичностью тут понимается, что в городе большое внимание уделяется экологической политике: устанавливаются датчики, вычисляющие количество использованной энергии и выбросов углерода в воздух, развиваются «зеленые» технологии, защита окружающей среды и забота о физическом и ментальном здоровье горожан, развиваются методы повторного использования ресурсов. Впрочем, можно рассматривать «умный» город и по его компонентам. В 2014 г. Европарламент определил, что «умный» город состоит из шести основных компонентов, собранных в единый комплекс:

1. «Умная» среда, в которой природные ресурсы используются рационально, экономно и энергоэффективно, при этом экосистема города находится под постоянной защитой. Подобное достигается вторичным использованием ресурсов (в том числе строительных) и ограничением использования невозобновляемых ресурсов, детектированием и визуализацией расходов ресурсов для их эффективного использования, поощрением общественного транспорта для снижения использования автомобилей и, следовательно, топлива, использованием альтернативных источников электроэнергии (например, солнечных батарей) [52. P. 1–10].

2. «Умные» люди, которые высококвалифицированы, участвуют в общественной жизни и имеют доступ к различным образовательным ресурсам.

3. «Умная» мобильность, подразумевающая, что транспорт в городе эффективен и экологичен.

4. «Умный» образ жизни, означающий, что город комфортен для жизни людей в нем, а сами горожане рациональны в потреблении ресурсов, а также имеют все инструменты для социализации и поддержки своего здоровья.

5. «Умная» экономика — продуктивная, гибкая и инновационная.

6. «Умное» управление, в которое вовлечены горожане, имеющие широкий доступ к различным данным.

Степень развития этих компонентов можно определить по конкурентоспособности региона, экономичности транспортных и информационно-коммуникационных систем, природным ресурсам, человеческому и социальному капиталу, качеству жизни и участию граждан в жизни общества [2. P. 3–15]. Среди всех этих компонентов наиболее важными являются «умное» управление и «умные» люди. Подходы к образованию и лидерству в «умном» городе должны создавать условия для предприни-

мательства, доступные для всех граждан. «Умное» управление нуждается в устранении барьеров, связанных с языком, культурой и образованием, а проблемы городских сообществ могут быть решены с помощью творчества, человеческого капитала и сотрудничества между соответствующими заинтересованными сторонами. Фактор «умных» людей включает различные аспекты, такие как стремление к обучению на протяжении всей жизни, социальное и этническое многообразие, гибкость, креативность, космополитизм, терпимость и вовлеченность в общественную жизнь [19. P. 25].

Согласно существующей классификации, развитие «умного» города делится на три этапа [66. С. 10–30; 9. P. 1–5]. На первом этапе важнее всего технология и бизнес, когда в городе расположено большое количество офисных зданий, а сами сотрудники могут с легкостью достичь своих рабочих мест благодаря умному регулированию транспортных потоков и тщательно спроектированной инфраструктуре. Примерами таких городов являются Сонгдо в Южной Корее, Масдар в ОАЭ и Иннополис в России. На этом этапе активно применяются круглосуточные камеры наблюдения, которые собирают огромные объемы данных, но доступ к ним есть только у правительственных структур.

На втором этапе большое внимание уделяется управлению городом, когда использование технологических методов, таких как интернет вещей, соединяется с постоянным мониторингом и контролем технологий со стороны человека, поскольку даже самый высокотехнологичный город сталкивается с непредсказуемыми ситуациями, вызванными горожанами. Сами горожане активно вовлечены в городское развитие, поскольку данные, собранные по всему городу, более открытые и прозрачные, чем на первом этапе. Примерами городов этого этапа являются Пусан в Южной Корее, Барселона в Испании, к этому стремится Санкт-Петербург в России [60. С. 8–20].

На этом этапе большое внимание уделяется экологической политике. Устанавливаются датчики, вычисляющие количество использованной энергии и выбросов углерода в воздух. Стихийные бедствия, способные привести к потере как человеческих жизней, так и десятков миллиардов долларов в год, создали необходимость разработки инструментов прогнозирования погоды и ущерба от природных катастроф. Города на втором этапе стремятся использовать интеллектуальные технологии для прогнозирования и управления пожарными, полицейскими, медицинскими, водохозяйственными, санитарными и другими государственными службами во время стихийных бедствий и для ликвидаций их последствий.

На втором этапе активно развиваются инновационные экономические модели, такие как открытые закупки для быстрого и дешевого внедрения «умных» энергосистем, в которых, например, используется солнечная энергия. Города также изучают, как активно привлекать граждан и ком-

пании к решению проблем с помощью приложений для смартфонов, например, предлагая общественным группам и компаниям разрабатывать инновационные прототипы, чтобы выиграть деньги или возможность подписать контракт с городом на дальнейшее производство и установку таких прототипов [54. P. 1–3].

На третьем этапе активно начинают развиваться «зеленые» технологии, защита окружающей среды и забота о физическом и ментальном здоровье горожан. На этом этапе также важно повторное использование ресурсов. В таких городах должны быть высококачественные школы и доступные рабочие места, жилье, удобный транспорт, открытое пространство для отдыха горожан с проведением культурных мероприятий, и все это при одновременном сокращении использования энергии и выбросов углерода. Примером такого города в некотором смысле можно назвать Лондон в Великобритании [66. С. 15]. Однако этот город не перешел в полной мере на данный этап, поскольку в нем все еще есть транспортные заторы, бездомность и растущее неравенство в доходах.

Таким образом, поскольку развитие «умного» города предполагает, что в нем будут широко использоваться «зеленые» технологии, а сам город будет удобен и рационально устроен, что приведет к снижению использования ресурсов, которые нужно затратить на движение по городу или строительство дополнительной инфраструктуры, то такой город будет развиваться устойчиво.

Для устойчивого развития современных «умных» городов возможно применять так называемые природоподобные технологии (nature-based solutions). Европейская комиссия определяет их как постоянно поддерживаемые технологии, вдохновленные природой и использующие ее для того, чтобы эффективно и адаптивно решать общественные проблемы, заботясь о здоровье людей и благополучии окружающей среды одновременно [33. P. 121]. Природоподобные технологии рассматриваются как инновации для решения экологических, социальных и экономических проблем города, таких как адаптация к изменению климата и снижение выбросов парниковых газов, улучшение качества воздуха, снижение потерь биоразнообразия, уязвимость водных ресурсов и городских экосистем, обеспечение продовольственной безопасности, улучшение социального и экономического положения и здоровья людей.

Примеры применения природоподобных технологий можно найти в различных городах мира. В Амстердаме усилиями фонда Stichting Postzegelparken на месте пустырей создаются крошечные парки, ответственность за которые несут местные жители. Финансирование этого проекта осуществляется через городской совет, который ищет инвестиции за счет взносов районных комитетов, участников рынка, фондов и частных лиц [43. P. 50–61]. В Эдинбурге (Шотландия) был организован про-

ект «Обещание для опылителей», целью которого было поощрить частные лица, организации и предприятия к созданию зеленых зон, подходящих для насекомых-опылителей, и распространению информации об их важности для экосистемы . Дело в том, что в Шотландии стремительно уменьшается число опылителей, и через создание «зеленых зон» и повышение интереса общества к судьбе опылителей возможно остановить этот процесс.

Примером природоподобной технологии является также очистка ливневой сточной воды не через резервуары для очистки воды, а с помощью зеленых насаждений. Датский проект по очистке городской воды C2C-CC является яркой иллюстрацией подобного способа применения природоподобных технологий [Coast to Coast Climate Challenge, 2017–2022]. Еще один пример — создание устричных рифов для уменьшения береговой эрозии, как это было сделано в Бангладеш [22. P. 15–23], вместо строительства искусственных волновых заграждений. Среди других разновидностей природоподобных технологий — возобновляемые источники энергии, основанные на использовании водорослей, обладающих исключительно высокой скоростью роста — они растут в 20–30 раз быстрее, чем пищевые культуры [Algal Solutions For Local Energy Economy (ASLEE), 2016], и системы очистки воздуха, основанные на использовании естественной способности растений к очистке, что было реализовано, например, в системе очистки воздуха Natede от итальянской компании Vitesy.

Природоподобные технологии показали свою востребованность в широком диапазоне областей, таких как «зеленая» и «синяя» экономика, биоэкономика, экономика эффективного использования природных ресурсов, система адаптации климата, система снижения риска природных катастроф, производство биотоплива, биомедицина и биохимия [49. P. 2]. Существует несколько причин популярности природоподобных технологий [40. P. 4–7]. **Во-первых**, из-за их гибкости. В зависимости от поставленной задачи и данных о внешней среде, где будут применены эти технологии, возможен широкий выбор инструментов, подходящих именно в данной ситуации. Например, если говорить о «зеленых» крышах, в зависимости от климата и температуры воздуха возможно подобрать такие сорта растений, которые наилучшим образом произрастают в данных условиях и при этом выполняют свою функцию. То есть биоразнообразие является ключевым преимуществом природоподобных технологий.

Во-вторых, в бизнес-сообществе растет интерес к предоставлению экосистемных услуг как новой формы бизнеса и средству снижения экономических рисков [39. P. 102–110]. Новые бизнес-модели, использующие инновации, основанные на «зеленых» технологиях, в том числе природоподобных технологиях, таких как защита и реставрация природных экосистем (пойм, водно-болотных угодий, лесов), могут принести к 2030 г. 10,1 трлн долл. в годовой стоимости всего мирового бизнеса и создать 395

млн новых рабочих мест [41. P. 8–16]. Причиной для бизнеса использовать природоподобные технологии может быть и следование регуляторным требованиям. Помимо следования законам, использование природоподобных технологий — это способ продемонстрировать свою приверженность устойчивому развитию и защите окружающей среды. Многие потребители сейчас заинтересованы в покупке товаров от более экологичных брендов. Опрос, проведенный в Китае в 2015 г., показал, что 53% опрошенных предпочитают «зеленые» бренды [32. P. 1–12]. Ориентированная на экологичность компания также может рассчитывать на привлечение трудовых кадров, заинтересованных в том, чтобы компания, на которую они работают, заботилась об окружающей среде. Более того, такая компания может использовать свою ориентированность для того, чтобы вводить высокоэффективные инициативы в области здоровья и производительности на рабочем месте, результатами чего являются сокращение затрат на здравоохранение на одного работника и меньшее количество дней, потерянных сотрудником из-за болезни [45. P. 422–425].

В-третьих, природоподобные технологии вносят позитивный вклад в здоровье и благополучие людей, что особенно важно в городах. Возьмем, к примеру, Москву как город, стремящийся к устойчивому развитию. Этот город обладает всеми возможностями для устойчивого развития благодаря удачным природно-географическим условиям, радиально-кольцевой структуре и большим массивам лесов [67. С. 3–6]. Однако сейчас существующие зеленые насаждения в Москве уже не могут обслужить город, климат теплеет, что может привести в угрозе многочисленных пожаров (снега мало, а сухой древесины много). Более того, для поддержания как здоровья горожан, так и их рекреационных потребностей необходимо задуматься о следующих экологических услугах:

- улавливание загрязнителей (углекислого газа и вредных для человека соединений серы, азоты и т.д.) с помощью деревьев,
- регулирование температуры и влажности воздуха,
- снижение шумового загрязнения,
- поддержание круговорота воды и энергии (и тем самым регулирование составляющих теплового баланса),
- формирование природной среды для животных,
- создание благоприятной ландшафтно-визуальной среды для людей.

Все это возможно достичь при использовании природоподобных технологий.

Природоподобные технологии могут способствовать развитию экологически устойчивой мобильности в Москве. Среди важных задач Москвы в настоящее время развитие экологически устойчивой мобильности, т.е. превращение транспортных систем города в более устойчивые

и безопасные [64. С. 45–48]. То есть устойчивая мобильность включает минимизацию дорожно-транспортных происшествий, сокращение дорожных заторов и снижение рисков для здоровья вследствие атмосферных и шумовых загрязнений. При этом не должно быть препятствий для экономического развития, система должна быть построена таким образом, чтобы не затруднять доступ к товарам и услугам или препятствовать перевозке грузов. В Москве препятствием на пути к этому стали перегруженность транспортной системы, количество пробок, слабое развитие пешеходной и велосипедной инфраструктуры и высокая степень загрязнения воздуха.

Природоподобные технологии при их применении в вопросах устойчивой мобильности не смогут решить проблему перегруженности трассы, но помогут по другим вопросам. Например, по длине трассы возможно высаживать дождевые сады для того, чтобы растения улавливали вредные вещества, выделяющиеся при работе автомобилей, а также препятствовали выделению углекислого газа и тепла [40. P. 38–39]. Для более комплексной борьбы с загрязнителями воздуха возможно использовать «зеленые» крыши, которые способствуют уменьшению количества островов тепла в городах благодаря тому, что вода на крыше, испаряясь, охлаждает воздух [53. P. 4–12]. Растительность крыш поглощает химические частицы, загрязняющие воздух, и уменьшает количество смога и углекислого газа, выделяющегося в атмосферу. В Москве для создания «зеленых» крыш применяются два метода — экстенсивный и интенсивный. В первом случае на крышу высаживаются только газонные травы, второй подразумевает создание полноценной садовой зоны с кустарниками, деревьями и искусственными водоемами. Себестоимость высаживания газонной травы на крыше — около 100 тыс. руб. за 17–20 кв. м. Стоимость же 1 кв. м зеленого покрытия при интенсивном методе — от 7 до 10 тыс. руб. Услуги фирм, занимающихся созданием искусственных водоемов и площадок для отдыха, оплачиваются отдельно: 1 кв. м пруда стоит 12–30 тыс. руб., а мощеной дорожки — 2–4 тыс. руб. [65. С. 2–5].

Может показаться, что из этой концепции трудно извлечь экономическую выгоду, но это не так. В Москве около 1500 га площади оснований зданий. Около 30% всех крыш в городе можно эксплуатировать, а арендная ставка на помещение на этаже с террасами не превосходит среднюю ставку на объекте. Например, можно использовать эти крыши как площадки для проведения различных мероприятий, с зеленью в качестве предмета декора. Так, дизайн-завод «Флакон» потратил на приспособление крыши к эксплуатации с настилами и газонами 5 тыс. руб. на 1 кв. м. На крыше проходит 8–15 мероприятий в месяц, что приносит дизайн-заводу 300–500 тыс. руб. «Зеленые» крыши также помогают в экономии за счет энергосбережения, позволяя сохранять энергию внутри здания.

Снижение теплопотерь может экономить эквивалент стоимости нефтепродуктов до 2 л/кв. м в год [61. С. 1–4].

Одна из проблем, связанных с применением природоподобных технологий, заключается в том, что многие из этих услуг сложно оценить материально, например, рассчитать экономический эффект от очистки воздуха в городе [55. P. 25–30]. Было разработано много методов для их экономической оценки: метод выявленных предпочтений (revealed preference method), метод определения предпочтений (stated preference method) и анализ избегаемых затрат (avoided cost analysis). Метод выявленных предпочтений используют для определения стоимости нерыночных товаров и услуг через различные рыночные операции и заключенные сделки. Например, если мы сравним две схожие сделки, в состав одной из которых будет входить некая услуга, связанная с применением природоподобных технологий, например строительство здания с «зеленой» крышей, а в состав другой — не будет (т.е., если продолжить пример, здание с обычной кровлей), разница между ценами этих сделок будет использоваться при экономической оценке. Метод определения предпочтений используется для опроса людей, сколько они готовы заплатить за данный товар или услугу, например за чистый воздух, или сколько они готовы принять в качестве компенсации за причиненный им вред. Наконец, анализ избегаемых затрат — это определение долгосрочных или краткосрочных издержек, которые понесет компания, если не будет использовать природоподобные технологии для снижения издержек.

Существует множество возможных областей применения природоподобных технологий, рассмотрим некоторые из них.

1. Экологическая реставрация (ecological restoration). История экологической реставрации городов началась в Америке 1930-х гг. в районе университетов, где были сосредоточены научные кадры, волонтеры в качестве рабочей силы и источники финансирования [23. P. 175–180]. Причиной возникновения экологической реставрации стала озабоченность качеством городской воды, качеством жизни, вымиранием видов животных и прочими проблемами, которые до сих пор вносят изменения в жизнь городов. Экологическая реставрация направлена на воссоздание, инициирование или ускорение восстановления экосистемы, которая была нарушена. Это может быть повторное высаживание растительности в буферной прибрежной зоне, где растительность защищает воду от городских или сельскохозяйственных стоков или помогает в борьбе с эрозией, или адаптирование какой-либо городской зоны для того, чтобы сделать ее привлекательной для находящихся под угрозой видов животных. Примером экологической реставрации является природный центр на Шейкер-Лейкс возле города Кливленда (США). Изначально экосистема Шейкер-Лейкс серьезно пострадала из-за строительства шоссе, но затем этим землям по-

старались вернуть первоначальный вид за счет повторного высаживания местных растений [28. P. 1–3].

2. Экологический инжиниринг (ecological engineering). В его основе лежит попытка соединить природные экосистемы и искусственно созданные человеком. К задачам экологического инжиниринга относятся: восстановление наземных, водных и водно-болотных экосистем, поиск путей сохранения биоразнообразия, оценивание экологических рисков, повышение устойчивости сельскохозяйственного производства [20. P. 290–318]. При этом экологический инжиниринг предполагает не просто восстановление экосистемы, но ее выстраивание с нуля таким образом, чтобы сделать ее наиболее устойчивой к условиям окружающей среды. Например, восстановление солончаков в заливе Делавэр на востоке США было основано на проектировании новых приливных ручьев и высаживании ранее не встречавшихся там видов растений для того, чтобы получившаяся система обрела устойчивость и далее смогла бы существовать без необходимости человеческого вмешательства [36. P. 10–11].

3. Восстановление лесной биомассы (forest landscape restoration) предполагает возвращение к первоначальному виду деградированных и обезлесенных экосистем. Впрочем, некоторые подходы к восстановлению лесной биомассы подразумевают повышение адаптивной способности и устойчивости экосистем за счет увеличения видового разнообразия растений в общей биомассе [14. P. 3–10]. Здесь стоит учитывать, что лесная биомасса определяется как система, которая должна быть способна поддерживать благосостояние леса вне зависимости от текущего вида лесной растительности. Самое важное в восстановлении лесной биомассы — не сделать ее изолированной от города, но интегрировать в него для улучшения его социального и экологического состояния.

Восстановление лесной биомассы способствует продовольственной безопасности в том смысле, что позволяет улучшить качество растительных товаров (дикие фрукты, листья, семена, орехи и т.д.), способствует притоку доходов от агросектора, сектора туризма, производства древесины, смягчает последствия изменения климата и снижает риски стихийных бедствий (путем использования деревьев в качестве буфера для защиты прибрежных районов от наводнений и предотвращения эрозии почвы и песчаных бурь). Примером восстановления лесной биомассы может считаться проект по восстановлению лесной биомассы в Мадагаскаре, начатый в 2005 г. Всемирным фондом дикой природы. В результате 95 063 га было использовано для создания национального парка Мароламбо. Основные реализованные мероприятия заключались в привлечении местного населения и властей, удалении инвазивных растений, создании противопожарных заграждений для защиты от горения лесов, адаптации методов сельского хозяйства и высаживании местных видов растений [34. P. 8–20].

4. Экосистемная адаптация (ecosystem-based adaptation) означает приспособление естественных или антропогенных систем в ответ на фактические или ожидаемые изменения внешней среды и климата, целью которого является уменьшение нанесенного ущерба [5. P. 20–27]. Адаптация — это всегда непрерывный и циклический процесс. При применении к городской среде обычно говорят о необходимости устойчивого управления городскими экосистемами, их восстановлении и использовании для получения социальных, экономических и культурных выгод для местных жителей. Главными участниками проектов по внедрению адаптации являются местные власти или муниципалитеты, поскольку они часто несут ответственность за планирование землепользования, управление водными ресурсами и аварийные службы. Однако их средства зачастую ограничены, что дает возможность обществу принимать в этом активное участие. Именно граждане могут создавать необходимое для адаптации «пространство действий», открытое к изменению, например через организацию частных предприятий, заботу об окружающей среде и проведение личных исследований и проектов по экосистемной адаптации.

Примерами экосистемной адаптации могут являться дополнительное высаживание растений для защиты прибрежной экосистемы от эрозии, создание устричных рифов для защиты от волн, изменение устья реки для того, чтобы адаптировать под городскую инфраструктуру [37. P. 1–3].

5. Экосистемное смягчение (ecosystem-based mitigation) — это использование элементов экосистем для удаления избытков углекислого газа и прочих загрязняющих агентов в атмосфере и смягчения последствий изменения климата. Это достигается использованием экологически чистой энергии, сохранением лесов, торфяников и водно-болотных угодий и сокращением выбросов парниковых газов от производства, лесного и сельского хозяйств. Примером экосистемного смягчения является проект 2009 г. Exmoor Mire в Великобритании, целью которого было восстановление торфяников для снижения загрязнения в водных стоках [13. P. 10–40].

6. Сохранение природных территорий (area-based conservation) — это природоохранная деятельность, направленная на повышение сопротивляемости видов и экосистем к оказываемому на них давлению и облегчение их адаптации к новым условиям [27. P. 134–140]. Существует несколько стратегий достижения поставленной цели: сделать так, чтобы вопросы сохранения природных территорий были всегда на слуху у общества и правительства; уменьшить прямое давление на природные территории (например, через налоговые льготы для владельцев частных территорий, придерживающихся принципа сохранения природных территорий); повысить выгоду от предоставления экосистемных услуг на сохраняемой территории и разработать стратегию устойчивого управления экосистем-

ными услугами; создать несколько особых зон восстановления экосистем, видов и их генетического разнообразия; принять меры для восстановления уже поврежденных природных территорий; смягчить последствия изменения климата.

7. Уменьшение угрозы природных катастроф (ecosystem-based disaster risk reduction). В городской среде основными угрозами являются повышение уровня моря, шторм, избыток тепла, экстремальные осадки, наводнения во внутренних и прибрежных районах, оползни, засуха, повышение уровня засушливости и дефицит воды. Причины этому могут быть разные: нерациональное землепользование, неправильное использование воды, бытовое и промышленное загрязнение или проникновение экзотических сорняков, но ключевыми факторами, ускоряющими риск стихийных бедствий в городских районах, являются стихийная и нераспланированная урбанизация, перенаселенность городов, отсутствие долгосрочного видения в сочетании с плохим городским управлением [12. P. 1–20].

Среди основных способов снижения уровня угрозы рассматриваются: снижение уязвимости города перед природными катастрофами и повышение способности реагировать и восстанавливаться после случившейся катастрофы [18. P. 1–11]. В большинстве стран Европы основным подходом к решению проблемы является инженерный, направленный на то, чтобы не допустить возникновения опасных явлений за счет использования устойчивых физических конструкций. Тем не менее этого недостаточно, и к тому же внедрение подобного стоит дорого, а сами конструкции не способны адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды. На местном уровне эффективные действия могут варьироваться от мелкомасштабных мер, таких как высаживание зеленых ветроломов (windbreak, преграда от ветра из растений), до общегородских инициатив, направленных на сохранение или восстановление и защиту зеленых зон и водоемов. В основе любых мер должна лежать интеграция с региональными и национальными правительственными учреждениями и международными институтами, поскольку только в широком масштабе многие факторы риска могут быть устранены (например, в случае наводнений и засух).

8. Служба климатической адаптации (climate adaptation services) разрабатывает и внедряет набор действий, предпринимаемых как в естественной, так и антропогенной среде в ответ на существующие или ожидающиеся климатические воздействия и стимулы с целью уменьшить вред или извлечь некоторую выгоду. Основной подход климатической адаптации заключается в управлении, сохранении и восстановлении экосистем, способных предоставить инструменты для противодействия изменению климата. Например, определенные типы деревьев способствуют рассеиванию штормов и защите человеческих сообществ от наводнений и эро-

зии почвы. Что касается возможной выгоды, то она обычно заключается в сохранении биоразнообразия, улучшении возможностей для отдыха и туризма и повышении продовольственной безопасности.

Современные города особенно уязвимы к изменению климата из-за большого и растущего городского населения и сложной структуры экономики, инфраструктуры и муниципальных услуг. Климатическая адаптация в городе нацелена на борьбу с повышением температуры, островками тепла, наводнениями и нехваткой воды и использует подходы, основанные на проектировании и совершенствовании «зеленой» инфраструктуры. Основные меры, применяемые для климатической адаптации в городе, следующие [16. P. 38–47]:

- вентиляция из более прохладных районов за пределами города через воду и растительность (спроектированные водные пути могут создавать постоянную циркуляцию воздуха, что и обеспечит эффект охлаждения, а растительность снижает температуру воздуха и поверхности, обеспечивает затенение и повышает суммарное испарение);
- уменьшение количества непроницаемых поверхностей (такие меры, как пористое мощение улиц или зеленые парковки, способствуют усилению проникновения воды в землю, что защищает от наводнений) и восстановление речных систем (также препятствует наводнению);
- стимулирование использования растений, устойчивых к местному климату и засухе, что способствует сокращению количества воды для полива.

9. «Зеленая» инфраструктура (green infrastructure) является городской структурой, которая объединяет «зеленые» крыши, деревья в парках, дождевые сады и тротуары, проницаемые для дождевой воды, что уменьшает количество ливневых вод, попадающих в канализацию.

«Зеленая» крыша отличается от обычной как своим устройством (в основании лежит водонепроницаемая мембрана), так и тем, что частично или полностью покрыта различной растительностью [5. P. 5–12]. «Зеленая» крыша может включать также дренажную и ирригационную системы. Хорошо изучены преимущества таких крыш для городской среды: они уменьшают количество ливневых вод (капли дождя попадают в почву растительности крыш, где затем либо впитываются зеленью, либо испаряются); способствуют снижению энергопотребления здания (благодаря дополнительной изоляции из-за водонепроницаемой мембраны, препятствующей потере тепла); способствуют уменьшению количества островков тепла в городах благодаря тому, что вода на крыше, испаряясь, охлаждает воздух; растительность поглощает химические частицы, загрязняющие воздух, уменьшает количество смога и углекислого газа, выделяющегося

в атмосферу; растительность на крышах также делает города более привлекательными внешне, уменьшает шумовое загрязнение города и способствует биоразнообразию как растений, так и животных.

Дождевые сады сконструированы так, чтобы уменьшить количество требуемой для полива воды. Их разбивают на дне склона, где возможно собирать жидкость из водосточных труб или прилегающей изолирующей поверхности, и засаживают растениями с длинными корнями, способными эффективно впитывать даже небольшое количество воды. Дождевые сады устанавливают рядом с автостоянками, магистралями и тротуарами для того, чтобы растения улавливали вредные вещества, выделяющиеся при работе автомобилей, а также препятствовали выделению углекислого газа и тепла.

10. Экосистемный менеджмент (ecosystem-based management). В начале 1970-х гг. общественное давление на государственные структуры по управлению ресурсами привело к зарождению экосистемного менеджмента, т.е. управления на основании четко поставленных целей, достичь которых возможно только при понимании процессов, происходящих в окружающей среде, и использовании этого знания для поддержания состава, структуры и функционирования городской экосистемы [11. P. 17–20]. Первоначально такой тип менеджмента применялся для управления национальными парками в США и Канаде, но сейчас эта концепция стала применима и к городам. Основная цель экосистемного менеджмента в настоящее время — это сделать города более пригодными для жизни как людей, так и других существ. Главная сложность при этом — учесть, к каким последствиям приведет воздействие принятых решений на городские экосистемы, поскольку они сильно отличаются от любых других экосистем из-за высокого вклада человеческой деятельности в их структуру и функции. То есть для успешного управления мало учесть только физические параметры, такие как биологическое разнообразие, степень очистки воды, истощение почвы, важно также понять, какое место в городских экосистемах занимают транспорт, социальные учреждения, человеческие ценности и законы.

Ключевую роль в экосистемном менеджменте играет адаптация, т.е. учет в управлении неопределенностей, связанных с ограниченными знаниями, неожиданных результатов, уязвимостей экосистемы и внешних воздействий. В городах меняется население, экономика, окружающая среда, качество воды и воздуха, и экосистемный менеджмент должен предвидеть и учитывать такие изменения, проявлять осторожность при принятии решений, искать возможности смягчения последствий.

В конечном счете можно сказать, что это разделение условно, поскольку решения в одной области могут быть применены и в другой, как показано в табл. 2.

Таблица 2

Области применения природоподобных технологий

Области применения	Возможные решения
Экологическая реставрация	Восстановление популяции биологического вида (животных и растений), избавление от инвазивных видов, создание природных заповедников для восстановленных видов
Экологический инжиниринг	Создание искусственной экосистемы с использованием научных знаний для ее устойчивости
Восстановление лесной биомассы	Создание национальных заповедников, высаживание лесной растительности, применение методов «умного» сельского хозяйства
Экосистемная адаптация	Создание дополнительных экосистемных элементов для защиты экосистемы: мангровых зарослей, устричных и коралловых рифов
Экосистемное смягчение	Использование торфяников для снижения загрязнения воды, наращивание лесной биомассы для уменьшения количества CO_2
Сохранение природных территорий	Создание национальных и природных заповедников, городских парков, экотуризма
Уменьшение угрозы природных катастроф	Создание «зеленых» ветроломов, коралловых и устричных рифов, высаживание лесной биомассы
Служба климатической адаптации	Создание «зеленых» городских коридоров, «зеленых» крыш, дождевых садов
«Зеленая» инфраструктура	Создание «зеленых» крыш и стен, дренажных систем, дождевых садов, зеленых парковых зон
«Зеленый» менеджмент	Отдельное изучение менеджмента водных, природных ресурсов

Источник: составлено авторами.

Итак, «умные» города обладают необходимым потенциалом, чтобы развиваться устойчиво. Их рациональная планировка и инфраструктура, использование цифровых технологий и датчиков, а также экологическая политика полностью отвечают определению устойчивости городов. Однако «умные» города — это очень обширная тема, и практически нет технологической области, достижения которой нельзя использовать при развитии «умного» города. Поэтому может быть целесообразно сосредоточиться на одной конкретной теме, которая и станет отправной точкой для устойчивого развития. И здесь авторы видят именно природоподобные технологии в качестве одного из таких направлений, поскольку использование этих технологий способно дать видимый и измеримый результат. Природоподобные технологии очень гибкие и потому могут быть применимы для решения разнообразных задач, появляющихся по мере развития го-

рода. Основная задача здесь — подобрать наиболее эффективную экономически и целесообразную из доступного набора технологий.

Список литературы

1. *Adinna E.* Environmental Pollution In Urban And Rural Areas: Sources And Ethical Implications // Environmental Pollution and Management in the Tropics. Edition: 1st, Chapter: 19, 2003.
2. *Albino V., Berardi U., Dangelico R.* Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives // Journal of Urban Technology. 2015. Vol. 22. No. 1.
3. *Barton H., Grant M.* Urban Planning for Healthy Cities. A Review of the Progress of the European Healthy Cities Programme // Journal of Urban Health, 2012.
4. *Bloom D., Khanna T.* The Urban Revolution // Finance & Development, 2007.
5. *Brink E.* Adapting Cities. Ecosystem-based approaches and citizen engagement in municipal climate adaptation in Scania, Sweden // Lund University, 2018.
6. *Caird S., Hallett S.* Towards evaluation design for smart city development // Journal of Urban Design. 2019. Vol. 24. No. 2.
7. *Castells-Quintana D.* Malthus living in a slum: urban concentration, infrastructures and economic growth // Research Institute of Applied Economics, Working Paper 2015/06 1/31, 2015.
8. Climate Change and Cities. Summary for City Leaders // Urban Climate Change Research Network, 2015.
9. *Cohen B.* The 3 Generations Of Smart Cities. Inside the development of the technology driven city // Fastcompany, 2015.
10. *Colenbrander S.* Cities as engines of economic growth: The case for providing basic infrastructure and services in urban areas // International Institute for Environment and Development: Working Paper, 2016.
11. Defining an Ecosystem Approach to Urban Management and Policy Development. UNU/IAS Report // United Nations University Institute of Advanced Studies, 2003.
12. *Dhyani S., Lahoti S., Khare S., Pujari P., Verma P.* Ecosystem based Disaster Risk Reduction approaches (EbDRR) as a prerequisite for inclusive urban transformation of Nagpur City, India // International Journal of Disaster Risk Reduction, 2017.
13. *Doswald N., Osti M.* Ecosystem-based approaches to adaptation and mitigation — good practice examples and lessons learned in Europe // Federal Agency for Nature Conservation, 2011.
14. Enhancing Resilience through Forest Landscape Restoration: Understanding Synergies and Identifying Opportunities: Discussion Paper // Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, 2017.
15. *Enzi V. et al.* Nature-Based Solutions and Buildings – The Power of Surfaces to Help Cities Adapt to Climate Change and to Deliver Biodiversity // Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions, 2017.
16. *Geneletti D., Zardo L.* Ecosystem-based adaptation in cities: An analysis of European urban climate adaptation plans // Land Use Policy- Volume 50, 2016.
17. Green Office: A Guide to Running a More Cost-effective and Environmentally Sustainable Office. Business Resource Efficiency Guide // WRAP, 2014.

18. *Guadagno L., Depietri Y., Paleo U.* Urban disaster risk reduction and ecosystem services // The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction, Chapter: 16, 2013.
19. *Gupta S. et al.* Smart People for Smart Cities: A Behavioral Framework for Personality and Roles // Advances In Smart Cities, 2017.
20. *Hadjinicolaou J.* Ecological engineering in the urban environment // Encyclopedia of Life Support Systems: The Sustainable Built Environment. Vol. 2, 2009.
21. *Hoekstra A., Buurman J., Ginkel K.* Urban water security: A review // Environmental Research Letters, 2018.
22. *Hossain M. et al.* Oyster aquaculture for coastal defense with food production in Bangladesh // Aquaculture, Volume XVIII No. 1 January-March 2013.
23. *Ingram M.* Urban Ecological Restoration // Ecological Restoration, 2008.
24. *Ivanova M.* The Contested Legacy of Rio + 20 // Global Environmental Politics. 2013. Vol. 13. Number 4.
25. *Kalhor K., Mahdisoltani M.* Urbanization and its Effects on the Environment and Society Along with Sustainable Development // Third International Symposium On Environmental and Water Resources Engineering, 2015.
26. *Kaza S. et al.* What a Waste 2.0. A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050 // International Bank for Reconstruction and Development, 2018.
27. *Laffole D., Jona H., Dudle N., Mackinno D., MacKinnon K., Hockings M., Woodley S.* An introduction to 'other effective area-based conservation measures' under Aichi Target 11 of the Convention on Biological Diversity: Origin, interpretation and emerging ocean issues // Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems, 2017.
28. *Lefkowitz M.* Back to nature: 10 best examples of ecological restoration in NEO // GreenCityBlueLake, 2016.
29. *Lima E. et al.* Smart and Sustainable Cities: The Main Guidelines of City Statute for Increasing the Intelligence of Brazilian Cities // Sustainability, 2020.
30. *Lindskog H.* Smart communities' initiatives // ResearchGate, 2004.
31. *Ling Ooi G., Hong Phua K.* Urbanization and Slum Formation // Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine. 2007. Vol. 84. No. 1.
32. *Liu Q. et al.* Consumer Choices and Motives for Eco-Labeled Products in China: An Empirical Analysis Based on the Choice Experiment // Sustainability. 2017. 9. 331.
33. *Maes J., Jacobs S.* Nature-Based Solutions for Europe's Sustainable Development // Conservation letters, 2015.
34. *Mansourian S. et al.* Lessons Learnt from 13 Years of Restoration in a Moist Tropical Forest: The Fandriana-Marolambo Landscape in Madagascar // WWF, 2018.
35. *Marcotullio P.* Towards Sustainable Cities: East Asian, North American and European Perspectives on Managing Urban Regions (Urban Planning and Environment) // Routledge, 2004.
36. *Mitsch W.* What is ecological engineering? // Ecological Engineering. 2012. 45.
37. *Munroe R., Jenner N.* Ecosystem-based approaches for adaptation and impacts of adaptation activities on biodiversity // BirdLife, 2011.
38. *Nam T., Pardo T.* Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions // The Proceedings of the 12th Annual International Conference on Digital Government Research, 2011.
39. *Nandi V.,* Green marketing: way to green economy // 2nd International Conference on Marketing, 2014.

40. Nature-Based Solutions For Building Resilience In Towns And Cities. Case Studies from the Greater Mekong Subregion // Asian Development Bank, 2016.
41. New Nature Economy Report II: The Future Of Nature And Business // World Economic Forum, 2020.
42. *Opitz I., Berges R., Piorr, A., Krikser T.* Contributing to food security in urban areas: differences between urban agriculture and peri-urban agriculture in the Global North // Agric Hum Values, 2015.
43. *Rafiee A. et al.* Local Impact of Tree Volume on Nocturnal Urban Heat Island: A Case Study in Amsterdam // Urban Forestry & Urban Greening, 2016.
44. Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Vol. 1: Resolutions Adopted by the Conference // United Nations, 1992.
45. *Samaranayake S.* De Silva S. Effect Of Green Workplace Environment On Employee Performance // International Conference on Sustainable Built Environment (ICSBE-2010), 2010.
46. *Sanderson D.* Cities, Disasters and Livelihoods // Environment and Urbanization, 2000.
47. *Satterthwaite D.* Sustainable cities or cities that contribute to sustainable development? // Urban Studies, 1997.
48. *Satterthwaite D.* The Role of Cities in Sustainable Development // Sustainable Development Insights, 2010.
49. *Sepp K.* Nature-based solutions- concept and applications // Nature-based solutions for smart cities summer school, 2018.
50. *Sikora-Fernandez D.* The Concept Of Smart City In The Theory And Practice Of Urban Development Management // The Journal of the Romanian Regional Science Association, 2016.
51. Smart city guidance package for integrated planning and management // Norwegian University of science and technology, 2017.
52. *Stephan A. et al.* Our cities need to go on a resource diet // The Conversation, 2016.
53. *Suszanowicz D., Wiecek A.* The Impact of Green Roofs on the Parameters of the Environment in Urban Areas—Review // Atmosphere, 2019.
54. *Tatsuno S.* The evolution of smart cities // Forbes, 2019.
55. The value of green infrastructure. A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits // Center for Neighborhood Technology (CNT), 2010.
56. Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions and re-naturing cities. Final report of the horizon 2020 expert group on 'nature-based solutions and re-naturing cities' // European Union, 2015.
57. *Uttara S. et al.* Impacts Of Urbanization On Environment // IJREAS Volume 2, Issue 2, 2012.
58. World Economic and Social Survey 2013: Sustainable Development Challenges // UN/DESA, Development Policy and Analysis Division, 2013.
59. World Urbanization Prospects 2018: Highlights // United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2019.
60. Безопасный «умный» Санкт-Петербург: научно-промышленный комплекс города — основа обеспечения комплексной безопасности горожан // Петербург предлагает. 2018. № 4 (31).
61. Быть на высоте // Ведомости. 10 октября 2016. № 1.

62. *Волошинская А. А., Комаров В. М., Коцюбинский В. А.* Современные теории устойчивого развития: подходы, методология, прикладные рекомендации // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», 2016.
63. Деятельность Программы Организации Объединенных Наций по населенным пунктам ООН-Хабитат: Периодический доклад // Совет управляющих Программы Организации Объединенных Наций по населенным пунктам, 2003.
64. *Евсеева А.* Эволюция концепции устойчивой мобильности // Государственное управление. Электронный вестник. Август 2018 г. Вып. № 69.
65. *Краузова Е.* Трава на доме // Свой бизнес, 2013.
66. *Липецкая М. С.* Технологии для умных городов. Доклад // Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад»», 2017.
67. *Минин А.* Устойчивое развитие Москвы и экосистемные услуги ее природных территорий // На пути к устойчивому развитию России. 2014. № 69.
68. Экологические приоритеты для России. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации // Аналитический центр при правительстве Российской Федерации, 2017.

1.8. ПЕРСПЕКТИВЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В ГОРОДЕ МОСКВЕ

Кудрявцева О. В., Солодова М. А., Кореневская Д. С., Кутубаева Р. Ж., Тишкова А. А., Щевьева Л. С.[1]

Введение

Твердые коммунальные отходы (ТКО) — это отходы, образованные в результате конечного потребления, а также товары, которые потеряли свои потребительские свойства. На сегодняшний день проблема утилизации ТКО в мировом сообществе стоит очень остро в связи с ростом численности городского населения, а также повсеместным распространением идеологии общества потребления. Согласно данным Всемирного банка, в 2016 г. в городах мира образовалось 2 млрд т ТКО, и при сохранении текущих тенденций к 2050 г. этот показатель увеличится до 3,4 млрд т в год [23].

Тенденция роста объемов образования отходов прослеживается также и в России, особенно остро проблема стоит для крупных городов и населенных пунктов. Так, согласно данным муниципальной статистики, в 2016 г. в Москве официально вывезено для дальнейшей переработки или захоронения 6,6 млн т твердых коммунальных отходов, или около 500 кг в пересчете на одного жителя столицы. Порядка 90% ТКО отправляется на полигоны, 6% сжигается, и только 4% перерабатывается.

Помимо указанных объемов часть мусора отправляется на обустроенные полигоны, не попадая в официальный учет и статистику, а также формируются стихийные несанкционированные свалки; часть мусора сжигается вне специализированных учреждений по утилизации отходов. Таким образом, проблема недостатка мощностей по утилизации и размещению отходов в Москве и Московской области усугубляется ростом негативного влияния на экологическую ситуацию и качество жизни, повышением эколого-экономических рисков и, как следствие, негативным общественным резонансом.

---

[1] Опубликовано в: *Кудрявцева О. В., Солодова М. А., Кореневская Д. С., Кутубаева Р. Ж., Тишкова А. А., Щевьева Л. С.* Перспективы обращения с отходами в городе Москве // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2018. Т. 10. № 2. С. 64–87.

Обзор литературы

Актуальность проблемы утилизации отходов

С проблемой обращения с отходами, которая так остро стоит в настоящее время для Московского региона, сталкивались многие развитые и развивающиеся страны уже начиная с 80-х гг. XX в.: полигоны для захоронения отходов стали заполняться, и перед обществом встала необходимость поиска новых способов утилизации отходов.

Так, в 1987–1989 гг. в Северной Америке СМИ подробно освещали «кризис свалок» [9]. Самым обсуждаемым и резонансным случаем выступила история про баржу The Mobro 4000, которая преодолела более чем 8000 км в поисках места для выгрузки более 3000 т мусора из штата Нью-Йорк [3]. Этот случай ярко проиллюстрировал кризис подхода, повсеместно практиковавшегося тогда по отношению к ТКО, — «выбросим отходы где-нибудь в другом месте». Когда в 1988 и в 1989 гг. на пляжи Нью-Йорка и Нью-Джерси были выброшены медицинские отходы, население США снова было повержено в шок: в разгар пляжного сезона на песке лежало бесчисленное множество использованных шприцев. Именно в эти годы пика достигла обеспокоенность людей вирусом иммунодефицита человека, и многие считали, что источником этого вируса являются медицинские отходы [21]. В том же году с кризисом ТКО столкнулась и Канада. Мусорные полигоны Торонто не справлялись с поступающими потоками, ситуация обострялась и начинала представлять угрозу здоровью населения города.

С тех пор данный вопрос не потерял своей актуальности. Так, в 2004 г. очередной «мусорный кризис» разразился на юге Италии. Проблема с утилизацией отходов там достигла таких катастрофических размеров, что некоторые исследователи стали связывать повышающиеся уровни заболеваний раком в регионе с проблемами утилизации отходов [13]. Население местности неподалеку от Неаполя и Салерно производило больше мусора, чем полигоны этой области могли переработать. Организованная преступность пользовалась ситуацией и извлекала прибыль из теневой экономики отходов. Эксперты были очень озабочены здоровьем итальянцев, проживающих в этом регионе, который даже прозвали «треугольником смерти».

Проблема обращения с отходами приобрела глобальный характер, и в настоящее время управление ими включено в качестве задачи в Цель устойчивого развития ООН № 12 «Обеспечение устойчивых моделей потребления и производства» (подробнее о Целях устойчивого развития и их адаптации для России [26]).

До сих пор шел разговор об обращении с отходами в развитых странах, однако развивающиеся страны также сталкиваются с проблемами утили-

зации городских отходов. В результате высокой плотности и положительной динамики численности населения, роста продолжительности жизни, развития экономики и ускоренной урбанизации объемы отходов, образуемых городами, также растут [12]. Неадекватное управление отходами в таких странах может привести к загрязнению воды, почвы и атмосферы, что, в свою очередь, может оказывать негативное воздействие на здоровье людей. Так, за десять лет гражданской войны, начавшейся в 1991 г., в Могадишо, Сомали, накопились горы мусора, которые лежали на улицах города [1]. Солдаты пользовались этой ситуацией и зарабатывали тем, что останавливали действия по очистке улиц от отходов и требовали денег за их возобновление.

Способы утилизации отходов

Обзор существующих технологий по обращению с отходами следует начать с представления иерархии методов обращения с отходами, которую предложил Ад Лансинк еще в 1979 г. (рис. 1). В соответствии с «лестницей Лансинка» стратегию по обращению с отходами следует выстраивать таким образом, чтобы максимальное количество отходов было обработано наиболее приоритетным методом. Однако следует отметить, что при должном регулировании однозначно непригодных способов обращения с отходами не существует: на выбор подходящих технологий в каждом конкретном случае влияет множество факторов, включая доступность ресурсов, специфику институциональной среды, общественное мнение.

Рис. 1. Иерархия методов обращения с отходами [1]

[1] Составлено на основании [18].

На практике ряд передовых «зеленых» экономик стремится к соотношению подходов к обращению с отходами, предложенному Лансинком. Однако для множества развивающихся стран, включая Россию, наиболее распространенным способом является захоронение на полигонах, в то время как переработке и сокращению образования отходов уделяется значительно меньшее внимание. Далее мы приведем краткую характеристику подходов и отдельных технологий обращения с отходами (рис. 2).

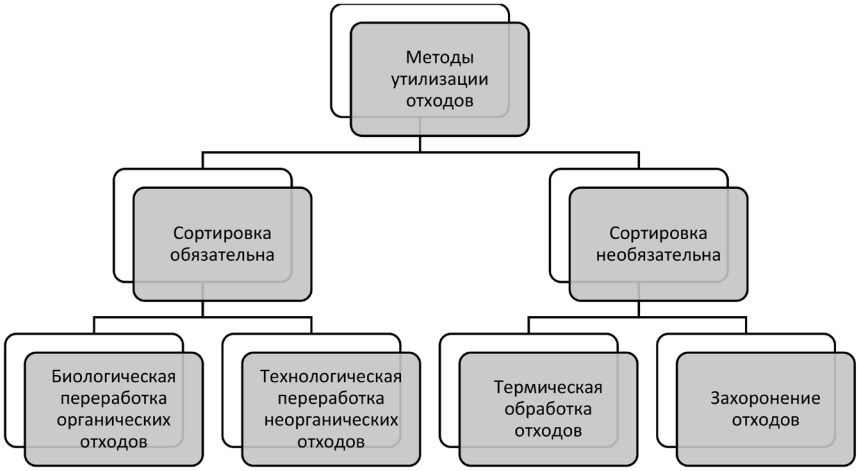


Рис. 2. Методы обращения с отходами

Захоронение отходов на полигонах достаточно популярно благодаря относительной простоте и дешевизне. Полигоны твердых коммунальных отходов можно определить как специальные сооружения, предназначенные для изоляции и обезвреживания отходов, которые должны гарантировать санитарно-эпидемиологическую безопасность населения [27]. Важно разделять понятия полигонов и несанкционированных свалок: устройство и функционирование полигонов регулируется соответствующими стандартами, уменьшая тем самым ущерб, наносимый здоровью населения и окружающей среде, в то время как свалки наносят им непосредственный и неконтролируемый урон.

Сторонники данного метода часто придерживаются мнения, что на полигонах не утилизируются опасные отходы, которые вредят окружающей среде и негативно влияют на здоровье людей. Однако на практике проверить наличие или отсутствие опасных отходов в потоке несортированного мусора представляется почти невозможным. В 1990-е гг. проблема начала активно обсуждаться в США [11]. Авторы подробно рассказывали

о потенциальной опасности полигонов для подземных вод и описывали феномен NIMBY (“not in my back yard”) — синдром, согласно которому люди не хотят, чтобы в их районе создавался полигон, хотя понимают, что почти все соседние полигоны заполнены практически полностью.

В другой работе [7] также отмечалось, что захоронения коммунальных отходов на полигонах являются одной из главных угроз для заражения подземных вод. Авторы работы писали, что некоторые твердые отходы имеют тенденцию разлагаться, после чего из свалочного тела может выделиться вода, которая образует сильно загрязненный фильтрат. Фильтрат проникает в верхний слой почвы вместе с дождевой водой, после чего загрязненная вода попадает в подземные воды. В целом абсолютное количество такого загрязненного фильтрата на полигонах невысоко, но уровень загрязнения настолько высок, что создается реальная угроза для грунтовых вод [32].

Помимо перечисленных выше экологических рисков функционирование полигонов неэффективно с точки зрения использования материальных ресурсов и земли: де-факто обращения с отходами как такового не происходит, они просто складируются в специально оборудованном месте. Существование полигонов сопряжено с высвобождением свалочного газа, который в отсутствие специализированного оборудования попадает в атмосферу, загрязняя ее и внося вклад в выбросы парниковых газов. Большая часть рисков, а также стоимость рекультивации ложатся бременем на будущее поколение, что также противоречит устойчивому развитию. Однако в ряде случаев оборудование мусорных полигонов является единственной доступной опцией с точки зрения финансирования.

Более предпочтительными способами обращения с отходами являются термическая обработка, биологическая переработка органических отходов и переработка неорганических отходов. Далее более подробно остановимся на опциях термической обработки отходов: сжигании, газификации, пиролизе.

Наиболее распространенным термическим способом обработки отходов в настоящее время является сжигание. Оно получило распространение в конце XIX в. как один из наиболее удобных способов первичной обработки отходов, который при этом позволяет получать от процесса утилизации отходов дополнительную энергию. Многокомпонентность ТКО — одна из основных причин, по которым возникает проблема с утилизацией этих отходов, и прямое сжигание призвано ее решить. Обычно за процессом сжигания следует захоронение образовавшейся золы на специальном полигоне.

Современные технологии, используемые на мусоросжигательных заводах в развитых странах, позволяют обрабатывать значительный (в среднем 500 тыс. т в год) поток отходов, минимизировать выбросы в атмосферу;

использование технологий регенерации энергии в процессе сжигания позволяет сократить выбросы парниковых газов, которые имели бы место при использовании топлива. Среди прочих положительных моментов данного метода исследователи называют возможность уничтожения различных отходов и их обезвреживание под действием высоких температур. Сжигание минимизирует риски загрязнения почвы и подземных вод по сравнению с захоронением ТКО на полигонах.

Однако по сравнению с газификацией и пиролизом риски выбросов диоксинов и фуранов сравнительно высоки, а энергоэффективность уступает показателям, которые могут быть достигнуты с использованием газификации [6]. Для строительства мусоросжигательных заводов необходимы значительные капитальные вложения, найти которые в бюджете страны или региона часто бывает непросто. В целом отмечается, что в мире наметилась тенденция отказа от прямого сжигания мусора [30].

Прогрессивный термический способ переработки твердых бытовых отходов — это их газификация. Благодаря этому методу ТКО могут быть использованы для производства тепла и электроэнергии с минимальным вредом окружающей среде.

В исследованиях [10] отмечается, что газификация во многом превосходит сжигание ТКО. Так, для процесса газификации требуется намного меньше кислорода, чем для сжигания, что сказывается на стоимости газоочистного оборудования — для газификации оно дешевле.

Многие исследователи отмечают технологическую эффективность одного конкретного вида газификации твердых бытовых отходов — плазменной газификации ТКО [6]. Уникальность данного процесса обусловлена интенсификацией плазмохимических превращений и высокой концентрацией энергии в единице объема. Плазменная газификация может быть использована для разрешения достаточно широкого круга задач и для переработки 98% отходов. Следует отметить, что для переработки ТКО с помощью плазменной газификации отходы нужно тщательно подготавливать, мощность такого процесса также достаточно ограничена. По сравнению с устоявшимися технологиями газификации ТКО, например газификацией в кипящем слое, технологический процесс плазменной газификации пока отличается низкой энергоэффективностью.

Наконец, последний вид термической переработки отходов — пиролиз. Активное использование данного метода в сфере переработки отходов началось в 70-х гг. XX в., в период «нефтяного бума». Распространение пиролиз получил в Японии, Дании, США и других развитых странах. Технология данного метода заключается в необратимом химическом изменении отходов под влиянием температуры без доступа кислорода. Соответственно пиролиз можно разделить на низкотемпературный (до 900 °С) и высокотемпературный (свыше 900 °С).

Среди преимуществ пиролиза эксперты называют эффективность в предотвращении загрязнения окружающей среды и сравнительно малые капитальные затраты. После завершения процесса пиролиза не происходит восстановления тяжелых металлов, что является дополнительным плюсом данного способа утилизации отходов. При высокотемпературном пиролизе также не предъявляются жесткие требования к исходному сырью, а потому утилизироваться с помощью этого способа могут и неотсортированные отходы [25]. Однако для пиролиза помимо прочего требуются существенные затраты энергии на предварительную обработку сырья, протекание эндотермических реакций в рамках технологического процесса, а также очистку продуктов пиролиза. Это может служить причиной того, что предпочтение в теоретических исследованиях отдается газификации как наиболее устойчивой технологии в рамках продуманной системы утилизации ТКО [6].

Одним из наиболее распространенных способов биологической утилизации органических отходов является компостирование.

Компостирование представляет собой «контролируемое аэробное биологическое разложение органического вещества в гумусоподобный продукт, который называется компостом» [2]. Этот процесс аналогичен естественному разложению, но при компостировании разложение проходит быстрее за счет микробного роста. В ходе компостирования выделяется энергия, которая частично потребляется метаболическими процессами, а частично выделяется в виде тепла [2].

Компост используют в качестве ценного органического удобрения для городского озеленения и сельского хозяйства (биотоплива для теплиц).

Среди плюсов данного способа утилизации следует отметить создание условий, при которых большинство болезнетворных микроорганизмов погибают, что делает компост хорошим «сырьем». Технологические мероприятия помогают нормировать количество полезных веществ и содержание солей тяжелых металлов. Следует также заметить, что компостирование превосходит в качестве метода переработки отходов захоронения ТКО на полигонах, так как при компостировании сокращаются выбросы парниковых газов [3].

Кроме того, в результате компостирования объем отходов может быть уменьшен на 50–85% [14].

К недостаткам компостирования можно отнести необходимость хорошей сортировки отходов для получения высококачественного вторичного продукта [29].

Нужно также отметить, что компостирование несет в себе определенные риски для окружающей среды. Так, ненадлежащее соблюдение технологического процесса может привести к созданию анаэробных условий и, как следствие, выбросу метана, углекислого газа и летучих органических

соединений в атмосферу. Как и в случае захоронения отходов, существуют риски попадания фильтрата из компостных сооружений в почву. Ненадлежащий контроль состава компоста также грозит попаданием больших концентраций тяжелых металлов в почву [18].

Еще одним способом биологической переработки отходов является анаэробное сбраживание, при котором при отсутствии кислорода анаэробные микроорганизмы перерабатывают органические отходы в биогаз, по большей части состоящий из метана. Продуктом анаэробного сбраживания также является перегной, который можно использовать в качестве удобрения.

Анаэробное сбраживание помогает предотвратить большую часть рисков, характерных для компостирования. Однако технологический процесс характеризуется нестабильностью и чувствительностью к термическим условиям и составу отходов, в результате чего производительность переработки по сравнению с другими технологиями невысока, а создание перерабатывающего комплекса требует существенных инвестиций [24].

Нужно отметить, что вне зависимости от метода, выбранного для обработки органических отходов, критически важно отделять их от прочих коммунальных отходов непосредственно на месте возникновения. Эффективность последующего отделения органических отходов на сортировочной станции крайне низка и несет риски для здоровья персонала. Несортированный органический мусор также загрязняет неорганические отходы, потенциально пригодные для переработки, снижая тем самым и рентабельность такой переработки [17].

Мировой опыт

Мировые стандарты управления отходами

Будучи актуальной проблемой для многих стран мира, управление отходами находится в фокусе внимания и крупнейших международных организаций. Согласно позиции управляющего совета в рамках Программы ООН по окружающей среде (UNEP), обращение с отходами хотя и не находится в числе важнейших драйверов изменения климата, но является критически важным звеном при системном подходе к сокращению выбросов парниковых газов [20]. Отмечается, что эффективное управление отходами не только упрочняет все три столпа устойчивого развития – экономический, экологический и социальный, но и является интегрирующим фактором, прямо или косвенно влияющим на более чем половину целей устойчивого развития [19]. На основании анализа опыта и специфики обращения с отходами в разных странах составлен ряд рекомен-

даций по формированию стратегий управления отходами в масштабах как города [16], так и страны [17]. Согласно указанным документам, ключевыми пунктами для формирования сбалансированной системы управления отходами являются: разделение отходов на месте их образования, вовлечение всех заинтересованных сторон в процесс формирования системы, создание качественной институциональной среды, создание условий для финансовой устойчивости, учет как текущих, так и будущих потребностей в обращении с отходами.

В то время как часть стран только встает на путь системного управления отходами, наиболее экономически развитые государства уже находятся на шаг впереди, активно внедряя концепцию экономики замкнутого цикла в теоретические исследования и реальные бизнес-процессы.

Ключевая идея циркулярной экономики состоит в уходе от концепции линейного потребления, рассматривающего жизненный цикл продукта до момента реализации его потребительской ценности, совершенно упуская из внимания все, что происходит после. В замкнутой системе понятия «отходы» не существует: все остаточные материалы рассматриваются как ресурсы и в максимально возможном объеме возвращаются обратно в систему производства. В части органических материалов речь идет о максимальном извлечении пользы и экологических способов обращения с получением энергии. В части материалов искусственного происхождения делается упор на продление жизненного цикла продуктов, переход на сервисную модель, технологические инновации: создание продукта должно предусматривать его максимальную утилизацию для создания последующих продуктов после его прихода в негодность [22].

Так, ЕС в 2015 г. утвердил план по переходу к экономике замкнутого цикла, ключевые показатели которого регулярно оцениваются и анализируются. В дополнение к плану существует отдельная стратегия по использованию различных видов пластика в экономике замкнутого цикла, а также ведется регулярная отчетность об использовании исчерпаемых ресурсов.

Несмотря на разработанность проблематики мировым сообществом, универсального рецепта по формированию стратегии управления отходами не существует. Однако анализ успешных программ отдельных территорий по утилизации отходов может оказаться полезным для определения ключевых особенностей и соответствующих решений для управления отходами в Москве и Московской области.

Для целей данного параграфа подробно остановимся на кейсах построения системы обращения с отходами с общим и раздельным потоком отходов.

Управление отходами в Стокгольме (Швеция)

В качестве первой практики стоит обратиться к Швеции как к одной из передовых «зеленых» экономик мира.

Лишь 1% из всех ТБО Швеции отправляется на полигоны, остальные отходы поровну отправляются в переработку и на мусоросжигательный завод. Благодаря налаженной системе сортировки бытовых отходов страна способна либо использовать заново свои отходы, либо превращать их в энергию.

За 40 лет, с 1975 по 2015 г., Швеция увеличила степень утилизации отходов с 38 до 99%. Секретом успеха страны оказалась ориентация общества на политику Zero Waste и готовность инфраструктуры поддерживать эту политику.

Со стороны государства шла и идет популяризация Zero Waste, которая проявляется, во-первых, в принятии законов и директив, в том числе в области стимулирования социальной ответственности бизнеса. Во-вторых, налоговая система поддерживает утилизацию мусора, в результате чего захоронение на полигонах стало самым дорогим способом обращения с отходами. В-третьих, за правильно сортируемые отходы установлены пониженные коммунальные платежи.

Со стороны специальных организаций осуществляются активное представление интересов в области сбора и утилизации, непрерывный мониторинг и информирование населения по вопросам утилизации, взаимодействие с органами власти, медиа, бизнесом и международным сообществом. Это позволяет сохранять тематику обращения с отходами «на повестке дня».

Со стороны бизнеса внимание уделяется созданию стратегий устойчивого развития, переходу к использованию вторичных материалов, созданию инструкций по обращению с использованной упаковкой и организации приема упаковки.

Со стороны населения требуется повышенный уровень сознательности, понимание того, почему сортировка отходов должна быть неотъемлемой частью быта. Это обеспечивает утилизацию уже чистых, сортированных отходов.

Высокий уровень развития инфраструктуры включает контейнеры для сбора различных видов отходов в домах; пункты сбора в городе, в том числе инновационные: подземные вакуумные системы сбора отходов; транспорт, способный сразу перевозить несколько видов отходов, а также передвигающийся на биогазе; жесткий контроль за соблюдением экологических требований.

Швеция особенно преуспела в развитии технологий превращения отходов в энергию (waste-to-energy). Сегодня они играют большую роль в си-

стеме отопления страны. Например, в 2015 г. путем переработки в Швеции было произведено в общей сложности 17 ТВтч энергии: 14,7 ТВтч тепловой и 2,3 ТВтч электрической.

Сейчас в стране сжигается более 2 млн т своего мусора. И местного сырья даже недостаточно – дефицит приходится покрывать за счет импорта. В 2015 г. страна в этих целях дополнительно ввезла более 1,3 млн т отходов из-за рубежа – в основном из Норвегии, Ирландии и Великобритании.

Власти последней стремятся сократить количество отходов, отправляющихся на полигоны, равно как и их число. Поэтому они готовы хорошо оплачивать услуги тех, кто помогает в решении проблемы. В результате этого Швеция зарабатывает, утилизируя чужие отходы.

Стокгольм является одной из наиболее быстро растущих столиц Европы, и нагрузка на систему обращения с отходами постоянно увеличивается. В 2015 г. каждый житель Стокгольма производил 477 кг отходов в год, и к 2026 г. планируется сократить этот показатель до 422 кг в год.

В настоящее время раздельный сбор осуществляется для более чем 40% от общего объема отходов. Обязательства по обращению с отходами в части органических отходов возложены на муниципалитеты, в то время как для макулатуры, стекла, упаковки и электроники действует принцип ответственности производителя. В городе создана развитая инфраструктура сбора отходов, включающая пункты приема, вакуумную и традиционную систему сбора отходов, сквозной сбор в части органических отходов. В городе создано более 250 перерабатывающих станций, планируется также создание дополнительных сортировочных пунктов для пищевых отходов, упаковки, макулатуры. Органические отходы обрабатываются посредством анаэробного сбраживания на заводах за пределами Стокгольма; остаточный мусор отправляется на мусоросжигательные заводы.

Основные направления развития системы обращения с муниципальными отходами задаются планом управления отходами Стокгольма, рассчитанным на три года [15]. В плане поставлены цели достичь к 2020 г. увеличения доли раздельного сбора отходов, отправленных на переработку пищевых отходов (70%). Значительный акцент в действующем плане сделан на работе с населением по сокращению объемов образования отходов, обращению с пищевыми и особо опасными отходами, улучшению существующей инфраструктуры и на внедрении новых технологий в систему сбора, транспортировки и обращения с отходами.

Управление отходами в Нью-Йорке (США)

Все проблемы утилизации отходов проистекают из склонности современного общества к избыточному потреблению. Неудивительно, что одна

из наиболее развитых рыночных экономик мира, США, озабочена созданием комплексной системы мер по уменьшению отходов потребительских продуктов.

До недавнего времени США, и, в частности, Нью-Йорк, шли по пути природоемкого обращения с отходами. До 2000 г. муниципальные отходы почти в полном объеме отправлялись на полигоны для захоронения. В свете переполнения близлежащих полигонов отходы отправлялись на захоронение в Пенсильванию, Огайо и другие удаленные от Нью-Йорка штаты [5].

В 2006 г. был принят План по обращению с твердыми отходами в Нью-Йорке. По этому плану стартовала инициатива по повторному использованию металла, пластика, стекла и бумаги в рамках однопотоковой переработки отходов. Была поставлена цель достичь 25% сокращения объемов мусора, отправляемого на полигоны. Начиная с 2011 г. политика по обращению с отходами стала частью Плана устойчивого развития Нью-Йорка (OneNYC). Программа была расширена инициативами по переработке органических отходов и работе с населением по уменьшению объемов образования пищевых отходов. В программу также были включены меры по сокращению использования пластиковых пакетов, внедрению принципа «нулевого уровня отходов» (Zero Waste) во всех школах города. В 2017 г. 3,3 млн жителей Нью-Йорка пользовались сервисом сбора органических отходов, уровень переработки неорганических фракций достиг 17,4%. К 2030 г. с помощью перечисленных мер планируется уменьшить процент отходов, отправляемых на полигоны, до 10% [4].

Однако в настоящее время нельзя сделать вывод, что проблема отходов в Нью-Йорке решена. В силу недостатка мусороперерабатывающих мощностей город по-прежнему является экспортером отходов, что позволяет говорить о неустойчивом развитии системы обращения с отходами как в экологическом, так и в экономическом аспектах.

Предложенная стратегия по утилизации отходов в Москве

Текущая ситуация в Москве

Рассмотрим сначала институциональные изменения в сфере обращения с отходами, активно разворачивающиеся в России с 2014 г.

Можно считать, что начало изменениям в области обращения с отходами положил приоритетный проект «Чистая страна» в рамках государственной программы России «Охрана окружающей среды» на 2012–2020 гг., утвержденный Правительством в 2017 г. Проект содержит план мероприятий по сокращению доли захоронения ТКО в Московской области

и г. Казань, а также ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде на территории России.

После этого в рамках национальной программы «Экология» на 2018–2024 гг. был запущен федеральный проект «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами». К концу 2024 г. планируется подвергать обработке – сортировке, разборке, очистке – 60% ТКО и направлять на утилизацию 36% ТКО[1].

Основным отраслевым документом, задающим направление развития системе управления отходами, является Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 г., утвержденная в 2018 г. Документ обозначает ключевые направления устойчивого развития отрасли и устанавливает ряд целевых показателей: к 2030 г. уровень захоронения твердых коммунальных отходов должен снизиться с текущих 90 до 20%, а количество мусоросортировочных комплексов должно достичь 310 [33].

Ряд важных нововведений регламентируется в измененном Федеральном законе № 89-ФЗ [35]. Одно из них – введение института единого регионального оператора по обращению с отходами, который выбирается субъектом Федерации на десять лет и аккумулирует потоки и обязательства по обращению с отходами. Помимо этого, на регионы возложена ответственность за создание территориальных схем и программ по обращению с отходами. Наконец, измененное законодательство предусматривает принцип расширенной ответственности производителя для отдельных товарных групп, заключающийся в обязательстве самостоятельно утилизировать отходы от потребления товара или заплатить соответствующий экологический взнос.

Стандарты обращения с твердыми коммунальными отходами также регламентируются следующими справочниками по наилучшим доступным технологиям (НДТ): «Утилизация и обезвреживание отходов» (ИТС 15-2016), «Размещение отходов производства и потребления» (ИТС 17-2016), «Обезвреживание отходов термическим способом» (ИТС 9-2015). Модернизация предприятий, в том числе занимающихся ТКО, в соответствии со справочниками НДТ начнется не позднее 2025 г.

Ряд документов также регулируют обращение с отходами на муниципальном уровне. В настоящее время рассматривается проект экологической стратегии Москвы на период до 2030 г. Стратегия ставит целью сокращение объема захоронения отходов к 2030 г. на 30%. Одним из принципов достижения этого показателя, согласно документу, должно стать распространение практики раздельного сбора отходов – макулатуры, алюминия,

[1] Национальный проект «Экология», 2018.

стекла, пластика – для последующей переработки, проведение мероприятий по обеспечению экологической безопасности полигонов ТКО. Декларируется необходимость создания экономических стимулов и институтов для вовлечения малого и среднего бизнеса в функционирование системы обращения с отходами. Отдельно выделяются задачи по созданию инфраструктуры и институтов по обращению с отходами строительства и сноса и опасными отходами [37].

В соответствии с требованиями федерального законодательства Правительством Москвы в 2016 г. утверждена территориальная схема обращения с отходами, в том числе ТКО [34]. В схеме описывается текущая структура образования ТКО, перечислены объекты обработки отходов и потоки их перемещения.

Несмотря на обилие документов, регулирующих отношения внутри системы обращения с отходами в Москве, ее развитие едва ли можно назвать устойчивым. Так, согласно балансу из территориальной схемы, 83,5% ТКО IV и V классов опасности отправляется для последующей обработки или захоронения в другие субъекты РФ, утилизируется лишь 6,7% отходов. Детальной информации об исходящих потоках отходов в другие субъекты нет. Также отсутствует информация о том, что будет происходить с раздельно собранными отходами: информации о создании переработочных мощностей в черте города не приведено, указание на производственные мощности по переработке отходов в других субъектах также отсутствует.

Более того, весь объем регулирующих документов не обеспечивает должной прозрачности системы отношений по обращению с отходами в Москве. Так, согласно территориальной схеме по обращению с отходами в Московской области, прием отходов из других субъектов Федерации до момента ввода в эксплуатацию четырех мусоросжигательных заводов не предусмотрен. Владимирская область принимает из других субъектов 14,7 тыс. т коммунальных отходов в год. В территориальных схемах обращения с отходами Смоленской и Тульской областей информации о приеме ТКО из других субъектов нет. Других маршрутов транспортировки отходов из Москвы пока не создано. Таким образом, куда в настоящее время попадает 6,6 млн т ТКО, ежегодно вывозимых из Москвы, остается загадкой. В свете роста количества несанкционированных свалок и учащающихся жалоб жителей Подмосковья на нелегальное размещение отходов на полигонах мусоровозами с московскими номерами напрашивается вывод, что принудительное закрытие полигонов лишь перераспределило негативные эффекты и значительно обострило экологические риски, полностью выведя огромные объемы отходов из контура регулирования.

Таким образом, актуальным вопросом для Москвы на сегодня является не столько внедрение наилучших технологий, связанных с обращением с отходами, сколько избавление от огромных потоков отходов наиболее быстрым и не требующим усилий способом. Для этого планируется создание экотехнопарков в Калужской и Архангельской областях. При этом экотехнопарк в Архангельской области проектируется исключительно как полигон для захоронения отходов: сортировку и переработку осуществлять не планируется.

В рамках приоритетного проекта «Чистая страна» планируется строительство четырех мусоросжигательных заводов (МСЗ) в Московской области. Предполагается, что строительство заводов позволит к 2023 г. сократить объем отходов, направляемых Москвой в Московскую область на захоронение, на 30%. Планируется, что МСЗ будут построены в соответствии с наилучшими доступными технологиями (НДТ), а также на основании наиболее успешных практик швейцарско-японской компании Hitachi Zosen Innova.

Однако появляются независимые исследования, сравнивающие характеристики проектов мусоросжигательных заводов с лучшими европейскими заводами, которые позиционируются в СМИ как полные аналоги российских проектов. Например, объемы выбросов МСЗ «Могутово», запланированного к постройке в Наро-Фоминском районе, в несколько раз превышают соответствующие объемы мусоросжигающего завода «Перлен» в Швейцарии, который декларируется образцом для проектирования «Могутово». Более того, технико-экономические параметры, заявленные в оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС), вызывают вопросы: например, доля шлака в общем объеме сжигаемых отходов составляет 37% (против 18% МСЗ «Перлен»), а остаточное тепло уходит в окружающую среду. Стоимость же МСЗ «Могутово» почти в 3 раза превышает стоимость швейцарского завода [31].

Наконец, нужно отметить, что, несмотря на признание раздельного сбора одним из основополагающих принципов развития системы обращения с отходами, обязательство осуществлять раздельный сбор на законодательном уровне не закреплено. Количественного показателя по доле материалов, отправленных на переработку, не зафиксировано ни в одном из рассмотренных документов. Более того, согласно федеральному законодательству, региональные операторы не имеют права покрывать тарифными сборами расходы на создание инфраструктуры для раздельного сбора. В соответствии с открытыми данными портала mos.ru на 01.02.2019 в Москве установлено 769 пунктов приема вторичного сырья (при нормативе 552 в соответствии с договорами). Всего в Москве 13 771 площадка для сбора отходов. Сложно сделать однозначный вывод без понимания частоты вывоза ТКО, однако достижение высокой доли материалов, отправ-

ленных на вторичную переработку, с учетом неразвитой инфраструктуры раздельного сбора представляется маловероятным. Кроме того, не осуществляется раздельный сбор пищевых отходов. В результате возникают потери не только в виде упущенной выгоды от использования органических отходов в качестве ресурсов, но и значительно снижается эффективность последующей сортировки.

Ниже будет предложен подход к построению стратегии по обращению с отходами в Москве с учетом текущей ситуации.

Предложение стратегии по обращению с отходами в Москве

Из анализа текущей ситуации с отходами в Москве следует, что в настоящее время совокупная мощность официально функционирующих полигонов, МСЗ и предприятий по переработке отходов в городе и близлежащих регионах значительно меньше фактически производимого потока отходов.

Как следствие, лица, принимающие решения в этой сфере, в настоящее время решают проблему в терминах максимально быстрого создания недостающих мощностей, недооценивая важность эколого-социальных последствий принимаемых решений. Более того, в сложившихся условиях отсутствия возможности законно отправить отходы на переработку или захоронение большая часть потоков отходов незаконно отправляется на полигоны, в том числе закрытые, или формирует стихийные свалки. В отсутствие официального признания мусорного кризиса формирование устойчивой кратко- или долгосрочной стратегии обращения с отходами невозможно.

Текущая стратегия обращения с отходами в Москве имеет тенденцию к использованию традиционных, наименее устойчивых методов утилизации отходов: захоронения и сжигания. Отсутствует комплексное видение развития отрасли и динамики ее ключевых показателей в контексте социально-экономических и технологических изменений, происходящих в обществе. Осознание важности работы с населением носит по большей части декларативный характер, участие производителей и потребителей товаров и услуг, общества в целом в процессе управления и осуществлении экспертизы крайне ограниченно.

Авторы предлагают использовать комплексный подход для формирования стратегии развития системы обращения с ТКО. Подход основывается на максимальном включении заинтересованных сторон в каждую стадию жизненного цикла (ЖЦ) ТКО. В обобщенном виде подход представлен в табл. 1.

Таблица 1

Комплексная стратегия развития сферы обращения с ТКО в Москве

Стадия ЖЦ ТКО/ Стейкхолдеры	Потребители	Производители товаров и услуг	Региональные операторы (РО)	Государство
Предотвращение	1. Образовательная работа с населением в части бережливого потребления и обращения с отходами	1. Стимулирование отказа производителей, предприятий общественного питания, гостиниц от упаковки и одноразовой пластиковой тары	1. Создание у РО экономической заинтересованности в сокращении объемов отходов	1. Внедрение моделей устойчивого потребления в государственные учреждения, поддержка создания «зеленых» школ и университетов
	2. Экономическое стимулирование сокращения объема образованного мусора		2. Включение в обязанности РО планирования и осуществления мероприятий по работе с производителями и потребителями в части минимизации отходов	
	3. Создание и внедрение коммуникационной стратегии Москвы в части обращения с ТКО			
Повторное использование	1. Стимулирование потребителей к сокращению использования одноразовой тары	1. Экономическое стимулирование перехода на принципы экономики совместного потребления и продукта как услуги в сфере потребления	1. Возложение на РО функции медиатора между государством и производителями в части реинжиниринга процессов для перехода на устойчивые модели производства	1. Вовлечение научного сообщества в разработку идей и технологий для перехода к экономике совместного потребления и продукта как услуги

Окончание табл. 1

Стадия ЖЦ ТКО/ Стейкхолдеры	Потребители	Производители товаров и услуг	Региональные операторы (РО)	Государство
Сбор, сортировка, транспортировка	1. Обеспечение удобной инфраструктурой для раздельного сбора отходов	1. Стимулирование внедрения реверсивной логистики производителями товаров потребления	1. Экономическое стимулирование создания и поддержания удобной инфраструктуры для раздельного сбора и транспортировки отходов, в том числе раздельного сбора органических отходов	1. Создание прозрачных институтов и легализация неформальных институтов, вовлеченных в сферу обращения с отходами
	2. Стимулирование использования диспозеров для утилизации пищевых отходов			2. Использование спутниковых и геоинформационных технологий для контроля потоков отходов
	3. Экономическое стимулирование раздельного сбора отходов			3. Разработка стандартов количественного и качественного статистического учета ТКО
Переработка	1. Создание потребительского рынка продуктов переработки пищевых и прочих отходов	1. Поддержка производителей, использующих материалы, поддающиеся легкой переработке, а также осуществляющих ремануфактуринг	1. Экономическое стимулирование соблюдения иерархии методов обращения с отходами в соответствии с лестницей Лансинка	1. Поддержка НИР в сфере разработки и внедрения существующих технологий переработки органических отходов, малоотходных технологий, стандартизации материалов и тар
				2. Декриминализация отрасли
				3. Создание условий для привлечения частного финансирования, в том числе со стороны малого и среднего бизнеса

Источник: составлено авторами.

С учетом сложившейся ситуации имеет смысл говорить отдельно о краткосрочной и долгосрочной перспективах развития отрасли.

В краткосрочной перспективе следует принять во внимание остроту проблемы, отсутствие прозрачных институтов и превалирование неформальных отношений в отрасли сбора и переработки отходов. Крайне важно спланировать потоки отходов на ближайшие десять лет и определить необходимые капитальные вложения в перерабатывающие мощности в соответствии с принятой иерархией методов обработки отходов. Однако в условиях значительных временных затрат на создание объектов переработки отходов дополнительный эффект может дать сотрудничество с крупными и средними производителями товаров потребления, отраслевыми ассоциациями и работа с населением.

В части сотрудничества с производителями и ассоциациями имеет смысл перейти от института экологического сбора к совместному финансированию создания механизмов и инфраструктуры реверсивной логистики, а также мощностей по переработке отходов.

Важно также вовлечение потребителей во все стадии жизненного цикла отходов: именно потребительские привычки и паттерны влияют как на объем и структуру образуемых отходов, так и на качество предварительной обработки и сортировки. Широкая осведомленность о существующей проблеме отходов, наличие знаний, необходимых для оптимизации использования ресурсов, и соответствующих экономических стимулов — одни из наиболее эффективных механизмов избегания и минимизации отходов. В качестве примера конкретных мер можно привести:

- информационно-образовательные: включение курса бережливого потребления и обращения с отходами в школьную программу, использование социальных механик и игровых форматов для продвижения концепции Zero Waste среди молодежи;
- административные: наличие удобной и доступной системы раздельного сбора отходов, отказ от мусоропроводов;
- экономические: формирование тарифов на вывоз мусора в зависимости от фактического его объема и качества сортировки.

Поскольку устойчивых практик переработки пищевых отходов в России практически нет, в качестве альтернативной опции обращения с пищевыми отходами можно предложить продвижение использования диспоузеров — измельчителей пищевых отходов, с помощью которых можно отправить их в систему канализации для последующей переработки. Однако требуется анализ устойчивости канализационных систем к такому решению.

Критически важно начать работу по декриминализации отрасли и созданию прозрачных институтов, а также налаживанию адекватной комму-

никации и созданию унифицированной системы учета и контроля потоков отходов.

Отдельно отметим наиболее важные и эффективные направления долгосрочной стратегии управления отходами.

1. Раздельный сбор и переработка отходов, в том числе органических отходов.

Как было показано выше, эффективность повторного использования ресурсов значительно возрастает при раздельном сборе по сравнению с последующей сортировкой. Основной загрязнитель вторичных ресурсов и источник свалочного газа — пищевые отходы, отделение которых от общего потока отходов в России отсутствует и не планируется.

Предлагается включить в стратегию целевые показатели по раздельному сбору определенных фракций отходов и законодательно закрепить за региональным оператором возможность инвестировать в инфраструктуру раздельного сбора за счет тарифа на вывоз мусора и приоритет государственных субсидий в счет экологического сбора. В силу государственного регулирования предельных значений тарифов на вывоз мусора последняя опция может оказаться более жизнеспособной.

Ввиду отсутствия позитивного опыта переработки органических отходов необходимо вовлечение государства и научного сообщества в разработку и адаптацию существующих технологий и стандартов по переработке органических отходов — компостирования, анаэробного сбраживания, газификации. Предлагается также расширить существующие стандарты методов обращения с отходами с учетом мировых практик переработки отдельных фракций.

2. Разработка и внедрение устойчивых технологий и бизнес-моделей.

Здесь нужно заметить, что ряд мер, проводимых в настоящее время, могут стимулировать использование устойчивых бизнес-моделей. Так, введение расширенной ответственности производителя определенным образом стимулирует компании к внедрению таких бизнес-процессов, как реверсивная логистика. В качестве примеров можно привести прием бывших в употреблении вещей сетью H&M, опцию трейд-ин при покупке техники Apple в re:Store. Еще одним удачным примером может послужить внедрение НДТ, частично стимулирующее предприятия пересматривать используемые технологии в пользу малоотходных, с применением вторичного сырья и возможностью повторной переработки конечного продукта. Однако эти меры действуют только для ряда отраслей, и далеко не всем мелким и средним производителям выгодно осуществлять переход к новым процессам.

Для более устойчивого эффекта предлагается стимулировать внедрение моделей экономики совместного потребления и продукта как услуги.

Широкий переход к этим моделям может позволить более эффективно использовать меньшее количество товаров, таким образом уменьшая количество производимых отходов. У производителей также появляются стимулы к созданию дизайна продукта с учетом последующего реманufактуринга и удлинению цикла обновления продуктовых линий.

3. Расширение интересов и полномочий регионального оператора.

Наиболее сложным аспектом политики с учетом особенностей отрасли является стратегия по отношению к РО.

Во-первых, доработки требуют существующие экономические стимулы оператора. Так, в соответствии с действующим законодательством расчет единого тарифа на вывоз мусора основан на фактических затратах регионального оператора и фактическом объеме ТКО. При таком ценообразовании стимула к оптимизации затрат у РО не возникает. Плата за негативное воздействие на окружающую среду должна формироваться таким образом, чтобы операторам было экономически более выгодно использование приоритетных методов обращения с отходами.

Во-вторых, заинтересованность РО в максимизации фактического оборота входит в конфликт со стратегической установкой на бережливое потребление. Необходимо включение регионального оператора в работу с потребителями и производителями по избеганию и сокращению объемов ТКО и создание экономической заинтересованности РО в эффективности такой работы.

Отдельно отметим, что необходимо наличие третьей независимой стороны, контролирующей деятельность РО и его отношения с государством.

В завершение необходимо отметить, что устойчивое развитие отрасли обращения с ТКО в Москве требует создания не только муниципальных механизмов, но и проведения изменений на федеральном уровне. Единая прозрачная система учета потоков отходов, широкая коммуникационная кампания, вовлеченность научного и профессионального сообщества, а также общества в целом — основа успешного разворачивания стратегии управления отходами в Москве и масштабирования успешных практик на другие регионы.

Заключение

В данном параграфе приведена краткая характеристика проблемы ТКО, рассмотрен мировой опыт утилизации твердых коммунальных отходов. Переход к раздельному сбору отходов и переработке не только решает проблему их утилизации, но и является экономически целесообразным и ведет к повышению уровня жизни населения.

В настоящее время вокруг Москвы образовалось «мусорное кольцо», полигоны и мощности переработки в ближайшем Подмосковье фактически исчерпали свои возможности, поэтому решение о принятии новой схемы обращения с ТКО неизбежно.

Предложенный комплексный подход к формированию стратегии обращения с отходами в Москве, который базируется на включении всех заинтересованных сторон в каждую стадию жизненного цикла ТКО, должен способствовать принятию адекватных управленческих решений в этой области.

Список литературы

1. *Achankeng E.* Globalization, Urbanization and Municipal Solid Waste Management in Africa Eric Achankeng. University of Adelaide, 2003. P. 1–22.
2. *Atalia K. R.* [и др.]. A review on composting of municipal solid waste // IOSR Journal of Environmental Science. 2015. № 5 (9). P. 20–29.
3. *Bernstad A.* [и др.]. Identification of decisive factors for greenhouse gas emissions in comparative life cycle assessments of food waste management — an analytical review // Journal of Cleaner Production. 2016. (119). P. 13–24.
4. *Blasio M. B.* De OneNYC. 2018.
5. *Cohen B. S., Martinez H., Schroder A.* Waste Management Practices in New York City, Hong Kong and Beijing 2015. № December. P. 1–20.
6. *Dong J.* [и др.]. Life cycle assessment of pyrolysis , gasification and incineration waste-to-energy technologies: Theoretical analysis and case study of commercial plants // Science of the Total Environment. 2018. (626). P. 744–753.
7. *Fatta D., Papadopoulos A., Loizidou M.* Visual discomfort in rolling department operators Zritel'nyj diskomfort operatorov prokatnyh cehov // Environmental Geochemistry and Health. 1999. (21). P. 175–190.
8. *Gutis P. S.* Closed Beaches and Wandering Barge: Two Chapters in the Same Story // The New York Times. 1988.
9. *Kiser J. V. L.* Around the World in Waste // Waste age. 2014. № 10. P. 131.
10. *Klein A.* Gasification : An Alternative Process for Energy Recovery and Disposal of Municipal Solid Wastes by Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of // New York. 2002. May.
11. *Lee G. F., Jones R. A.* MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT : Long-Term Public Health and Environmental Protection Prepared by Landfills and Groundwater Quality, 1991.
12. *Minghua Z.* [и др.]. Municipal solid waste management in Pudong New Area, China // Waste Management. 2009. № 3 (29). P. 1227–1233.
13. *Senior K., Mazza A.* Italian «Triangle of death» linked to waste crisis // Lancet Oncology. 2004. № 9 (5). P. 525–527.
14. *Sharholy M., Ahmad K.* Municipal solid waste management in Indian cities — A review // Waste Management. 2008. (28). P. 459–467.
15. Stockholm Vatten Och Avfall Waste management plan for Stockholm, 2016.
16. UN-HABITAT Solid waste management in the world's cities / UN-HABITAT, 2010. 257 p.

17. UN Institute for training and research Guidelines for National Waste Management Strategies: Moving from Challenges to Opportunities / UN Institute for training and research, 2012. 112 p.
18. United Nations Environment Programme Sound practices. Composting // Newsletter and Technical Publications [Электронный ресурс]. URL: http://www.unep.or.jp/Ietc/ESTdir/Pub/MSW/SP/SP4/SP4_3.asp.
19. United Nations Environment Programme Waste and climate change / United Nations Environment Programme, 2010.
20. United Nations Environment Programme Global Waste Management Outlook / United Nations Environment Programme, 2015. 180 p.
21. *Wagner T.* Refraining Garbage: solid waste policy formulation in nova scotia // Canadian Public Policy. 2007. № 4 (33). P. 459–475.
22. WEF, Ellen MacArthur Foundation, McKinsey & Company Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains // World Economic Forum. 2014. January. P. 1–64.
23. World Bank Solid Waste Management [Электронный ресурс]. URL: http://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management.
24. *Xu F.* [и др.]. Bioresource Technology Anaerobic digestion of food waste — Challenges and opportunities // Bioresource Technology. 2018. July 2017 (247). P. 1047–1058.
25. *Бабухина Е. Е., Адамов А. П.* Экологически безопасная технология ликвидации закрытого полигона ТБО методом плазменного пиролиза // Международный студенческий научный вестник. 2017. № 4–6. С. 867–869.
26. *Бобылев С. Н., Кудрявцева О. В., Соловьева С. В., Ситкина К. С.* Индикаторы экологически устойчивого развития: региональное измерение // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика, Изд-во Моск. ун-та (М.). 2018. № 2. С. 21–33.
27. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов, 2001.
28. *Морозенко М. И.* [и др.]. Generator gas characteristics research with steam plasma // Успехи современного естествознания. 2016. № 5. С. 141–147.
29. *Семин Е. Г.* [и др.]. Состояние и перспективы обращения с твердыми бытовыми отходами в Санкт-Петербурге // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2014. № 1 (6). С. 29–35.
30. *Сопилко Н. Ю.* Переработка отходов: анализ мировых тенденций // Твердые бытовые отходы. 2011. № 11. С. 42–45.
31. *Сосновцев В.* Наилучшие мусоросжигающие заводы недоступны для России. Доклад на заседании Всероссийского общественно-экспертного совета по выходу из кризиса в сфере утилизации отходов REGNUM 2018.
32. *Трифонова Т. А.* [и др.]. Проблемы утилизации ТБО на полигонах // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. № 3 (15). С. 685–687.
33. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов до 2030 года.
34. Приложение к Постановлению Правительства Москвы № 495-ПП от 09.08.2016. Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами.

35. Федеральный закон № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», 1998.
36. Национальный проект «Экология», 2018. С. 2–12.
37. Экологическая стратегия города Москвы до 2030 года (проект) [Электронный ресурс]. URL:https://www.mos.ru/upload/documents/files/2075/prilozhenie_k_proektu_postanovleniya_pravitelstva_moskvy_ekolstrateg_.pdf.

1.9. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ НОВОЙ МОСКВЫ

Золотухина А. О.[1]

На сегодня половина населения земли, или 3,5 млрд человек, проживает в городах. К 2030 г. ООН прогнозирует увеличение городского населения до 5 млрд человек, поэтому вопрос устойчивого развития городов сегодня и в будущем более чем актуален. Непродуманно спланированные города порождают множество проблем, таких как трущобы, деградация инфраструктуры, перенаселенность, расползающиеся пригороды, выбросы парниковых газов, запутанные улицы, что приводит к неудовлетворенности населения жизнью, низкой производительности труда и высокому уровню преступности.

Города должны быть безопасными, комфортными для жизни, экологически устойчивыми и за счет более эффективного использования ресурсов должны обеспечивать жителям доступ к необходимым услугам, качественному жилью, адекватному энерго- и водоснабжению, доступной среде, удобному общественному транспорту и транспортной инфраструктуре и множеству других вещей. Затраты по созданию устойчивых, удобных для жизни городов малы по сравнению с получаемыми выгодами.

В 2012 г. площадь Москвы была увеличена в 2,4 раза в результате присоединения юго-западных территорий, и без того самый крупный город России стал еще больше. Присоединенные территории на 50% состоят из зеленых зон и слабо урбанизированы, поэтому у Москвы была уникальная возможность развивать и застраивать данные территории, сохраняя экологический каркас в 75 тыс. га зеленых насаждений, согласно последним тенденциям устойчивого градостроительства и с соблюдением всех постулатов устойчивого развития.

В теории устойчивого развития базисом является соблюдение равновесия интересов в экономической, социальной и экологической сферах развития, а также соблюдение взаимовыгодного баланса интересов между обществом, властью и бизнесом. Главная задача — это обеспечение высо-

---

[1] Из дипломной работы А. О. Золотухиной «Устойчивое развитие городских районов на примере Новомосковского административного округа», подготовленной под научным руководством О. В. Кудрявцевой.

кого качества жизни существующего населения без потерь и урона для будущих поколений.

В России в настоящее время в агломерациях с численностью более 1 млн человек проживает более 30% населения, ведущими агломерациями являются Московская и Санкт-Петербургская.

Качество устойчивого развития территорий определяется при помощи индикаторов устойчивого развития. Ни в России, ни в мире не существует единого индикатора для оценки качества устойчивого развития территорий, каждый индикатор строится, опираясь на различные статистические данные. Однако существуют определенные условия, которым должны удовлетворять статистические данные: они должны отражать экономическую, социальную и экологическую сферы жизни, характеризовать устойчивое развитие города, быть открытыми и доступными, полными и релевантными и отбираться с учетом методики расчета и пожеланий, высказанных экспертами. Самым показательным и комплексным рейтингом устойчивого развития в России в настоящее время является рейтинг агентства «Эс Джи Эм» [6]. В данном рейтинге Москва демонстрирует самый высокий показатель экономического развития среди остальных городов России, также Москва лидирует по уровню развития городской и социальной инфраструктуры, но сильно уступает другим городам по экологической ситуации из-за высокой концентрации автомобильного транспорта. Данный рейтинг не отражает качество жизни людей в городах, городской среды, благоустройства, состояния общественных пространств, обеспеченность досуговыми объектами, он в большей мере сконцентрирован на демографических показателях, сбалансированности бюджетной системы и уровне образования и здравоохранения. Следовательно, представляет интерес еще один рейтинг, составленный на основе оценки качества городской среды и сформированный Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ. Здесь оценка складывается из 36 индикаторов, которые получены в результате того, что каждый из шести параметров — условия проживания и близлежащие пространства, уличнодорожная сеть, парковые территории, общественно-деловая, социальнодосуговая инфраструктуры и близлежащие пространства, общегородское пространство — оценивается по семи критериям: безопасность, здоровье, экологичность, удобство, соответствие современным трендам и актуальность среды, единство и многообразие, результативность управления. Москва набрала в 2019 г. 283 из 360 баллов [12], что является максимальным баллом среди всех городов России. Наименьший результат показал город Алзамай — всего 80 баллов.

Следует также упомянуть рейтинг, построенный на основе Индекса городского процветания, разработанного Программой ООН по человеческим поселениям. Индекс городского процветания Москвы равен 0,793 [1],

что является небольшим показателем по сравнению с другими мегаполисами. Индекс городского процветания Москвы сильно занижен из-за субиндекса равенства, который равен всего 0,55. По экологическому субиндексу Москва имеет средние значения по сравнению с другими крупнейшими городами мира, обгоняя Париж и Милан, но уступая Торонто и Мельбурну.

В работе А. Г. Махровой и Р. А. Бабкина «Анализ пульсаций системы расселения Московской агломерации с использованием данных сотовых операторов» на основе обезличенных данных о местах нахождения абонентов сотовых операторов «Билайн», «МТС», «Мегафон» был проведен анализ системы расселения московской агломерации для выявления масштабов маятниковой миграции. Официальные статистические данные искажают реальную картину расселения населения на территории Московской агломерации. Согласно анализу обезличенных данных о местах локализации абонентов в зимнюю ночь рабочей недели было выявлено, что официальная статистика завышает численность населения Москвы примерно на 1,6 млн человек и занижает численность населения Московской области на 1,3 млн человек.

Превышение официальных данных полученных нами результатов составляет примерно 10% для Центрального административного округа и субцентрального пояса Москвы, около 13% для срединного пояса Старой Москвы и приблизительно 25% для периферийного и внешнего поясов Старой Москвы.

Расхождение официальных данных и результатов, полученных при помощи нашего анализа, составляет около 42% для первого пояса Московской области и около 33% для второго пояса Московской области. Для Новой Москвы расхождение официальных данных по сравнению с результатами, полученными при помощи нашего анализа, составляет 2 раза для Новомосковского административного округа и 1,4 раза для Троицкого округа.

Проблема несоответствия кроется в том, что официальная статистика не успевает получать актуальные данные по численности населения из-за динамичного развития и активной жилищной застройки новых территорий.

Согласно данным, полученным на основе обезличенных данных о местах нахождения абонентов, было выявлено, что в зимний будний день (период наибольшей сосредоточенности населения в Москве) дневной максимум населения превышает ночной минимум населения:

- в 2,8 раза, или на 180%, в Центральном административном округе;
- на 70% в субцентральном поясе Москвы, граничащем с Центральным административным округом;

- на 5% в срединном поясе Москвы: здесь происходит частичная ротация населения в течение дня, когда выезжающих жителей замещают другие маятниковые мигранты.

Ночной максимум населения превышает дневной минимум населения:

- на 5% в оставшихся районах в пределах МКАД;
- на 37% в первом поясе внешней периферии, за МКАД;
- на 10% в Зеленограде, Химках, Королеве, Долгопрудном;
- на 62–73% в «суперспальных районах» Митино, Выхино-Жулебино, Некрасовка, Южное Бутово, Солнцево, Ново-Переделкино.

В Новомосковском административном округе ночной максимум населения превышает дневной минимум населения на 9%, в Троицком административном округе — на 12%. Однако на данных территориях сильно выражены сезонные колебания населения: до 30% в Новомосковском административном округе и до 90% в Троицком административном округе, что делает их похожими на Московскую область.

Существует множество современных подходов к устойчивому градостроительству, из которых основные тенденции включают:

1) соблюдение человеческого масштаба;
2) «зеленую мобильность», удобную инфраструктуру для передвижения пешком, на велосипеде и общественном транспорте;
3) транспортно ориентированную застройку;
4) развитие сети пешеходных маршрутов;
5) создание доступной среды для всех членов общества;
6) разработку комфортных дворов и общественных пространств;
7) жилую застройку не выше 5–7 этажей;
8) создание и сохранение большого числа зеленых зон;
9) формирование автономных кварталов со своей инфраструктурой и коммерческими площадями, для того чтобы жители могли работать недалеко от дома;
10) планировку открытых активных фасадов зданий;
11) создание мягких границ в жилых районах между частным и общественным пространствами;
12) организацию безопасного дорожного движения;
13) приоритет пешеходов перед автомобилями.

Новая Москва, или Большая Москва, включает Троицкий административный округ и Новомосковский административный округ (ТиНАО). Данные округа, состоящие из 21 муниципальных образований: два городских округа — Щербинка и Троицк, 19 поселений, а также три отдельные площадки (табл. 1), были присоединены к Москве 1 июля 2012 г. в результате подписания Советом Федерации распоряжения об утверждении изменения границы между территориями Москвы и Московской области в соответствии с самым значительным за всю историю города проектом по расширению площади Москвы.

Таблица 1

	Наименование территории		Наименование территории
Новомосковский АО	Городской округ Щербинка	**Троицкий АО**	Городской округ Троицк
	Пос. Внуковское		Пос. Вороновское
	Пос. Воскресенское		Пос. Киевский
	Пос. Десеновское		Пос. Кленовское
	Пос. Кокошкино		Пос. Краснопахорское
	Пос. Марушкинское		Пос. Михайлово-Ярцевское
	Пос. Московский		Пос. Новофедоровское
	Пос. «Мосрентген»		Пос. Первомайское
	Пос. Рязановское		Пос. Роговское
	Пос. Сосенское		Пос. Щаповское
	Пос. Филимоновское		
Западный (район Можайский)	Отдельная площадка «Сколково»	**Западный (район Кунцево)**	Отдельная площадка «Рублево-Архангельское»
			Отдельная площадка «Конезавод, ВТБ»

Территория Москвы в результате проекта увеличилась в 2,4 раза, или на 148 тыс. га земли, из которых 75 тыс. га занято лесами, и в итоге составила 2561,5 кв. км. Это больше, чем площадь 25 стран мира, и больше, чем суммарная площадь пяти крупнейших российских городов (кроме Санкт-Петербурга): Самары, Казани, Екатеринбурга, Нижнего Новгорода и Новосибирска. Изначально в СМИ план Новой Москвы был представлен как аналог проекта по реконструкции столицы Индии, Нью-Дели, созданного ведущим британским архитектором XX в. Эдвином Лаченсоном. По примеру Нью-Дели планировалось перевести чиновников, а именно сотрудников Совета Федерации, Администрации Президента, Государственной Думы, Генпрокуратуры, Следственного комитета, Счетной палаты, Высшего арбитражного, Московского городского и Девятого арбитражного судов, на территорию Новой Москвы с целью разгрузки центра города. И Дели, и Москва были расширены в сторону юго-запада.

Тем не менее, несмотря на всю схожесть проектов «Новая Москва» и «Нью-Дели», в официальном пресс-релизе Правительства Москвы данный проект был представлен как аналог проекта «Большой Лондон». В результате присоединения новых территорий Москва заняла 15-е место после

Калькутты в рейтинге самых больших агломераций мира [8]. По оценкам Росстата, суммарно население Москвы и Московской области в 2020 г. составило 20 млн 200 тыс. человек.

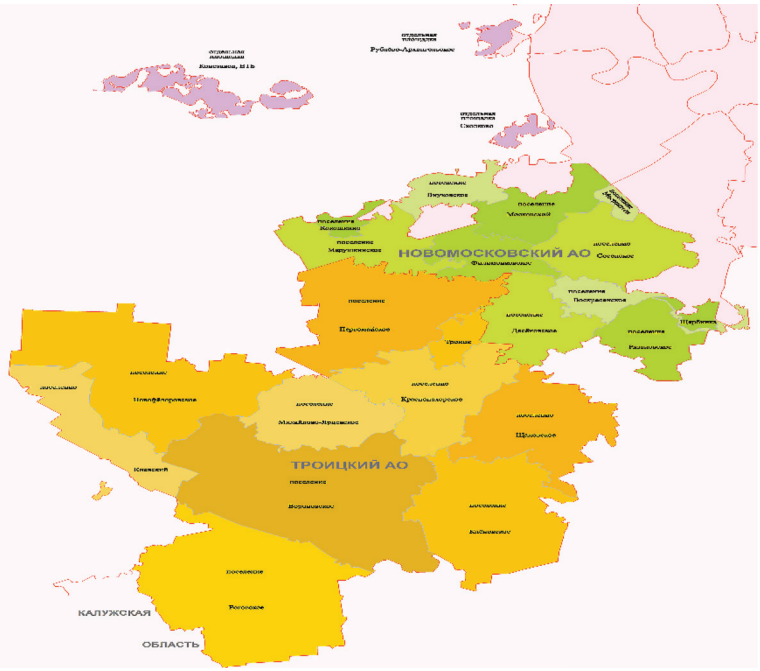


Рис. 1. Административное деление Новой Москвы
Источник: сайт градостроительной политики и строительства города Москвы [11].

Основания для расширения территории Москвы: напряженный дорожный трафик, изо дня в день увеличивающаяся численность жителей, невозможность реализации всех инвестиционных проектов. В центре столицы расположено 40% всех рабочих мест, притом что в пределах Третьего транспортного кольца проживает всего 8–9% населения [7]. Это создает серьезные проблемы с маятниковой миграцией. Данную градостроительную проблему Правительство РФ посчитало правильным решить, приняв полицентрический сценарий развития города и организовав несколько центров деловой активности на территории города вместо одного, так как нивелировать проблему маятниковой миграцией одним развитием транспортной системы невозможно.

Основными причинами выбора юго-западных территорий Московской агломерации для присоединения к Москве были: слабая урбанизация дан-

ных территорий, удобное расположение для выполнения градостроительных работ, а также транспортный и экологический факторы.

Задачи проекта «Новая Москва»:

1) создание современной транспортной инфраструктуры;
2) обеспечение территории современными надежными объектами инженерной инфраструктуры;
3) строительство необходимого числа социальных объектов, обеспечивающих качественные услуги;
4) создание оптимального количества новых рабочих мест;
5) создание достаточного количества объектов рекреации и мест проведения культурного досуга;
6) сохранение максимально благоприятной экологической обстановки.

Присоединенные территории по Генплану предполагалось разделить на три пояса:

- первый пояс — частично урбанизированная зона с высокой концентрацией административно-деловой застройки;
- второй пояс — зона низкой урбанизации с концентрацией учреждений образования и здравоохранения;
- третий пояс — рекреационная зона с малоэтажной жилой застройкой.

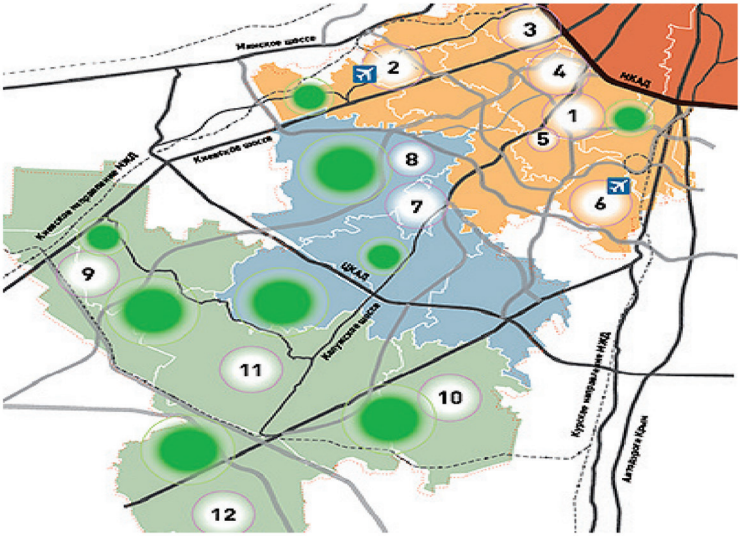


Рис. 2. Три пояса урбанизации Новой Москвы
Первый пояс — оранжевый, второй пояс — синий, третий пояс — зеленый
Источник: сайт градостроительной политики и строительства города Москвы [11].

Согласно плану полицентрического развития города, в Новой Москве определено 12 основных точек роста, кластеров приложения труда:

1. Многофункциональный административно-деловой кластер.
2. Аэропорт Внуково.
3. Технопарк Румянцево.
4. Многофункциональный кластер «Мосрентген».
5. Образовательный комплекс.
6. Историко-рекреационная зона.
7. Инновационно-научный центр Троицк.
8. Медицинский комплекс.
9. Логистический комплекс Киевский.
10. Агро-производственный комплекс Кленово.
11. Комплекс Вороново.
12. Комплекс Рогово.

Предполагается, что деловые, образовательные, научные, спортивные и медицинские центры, складские и торговые помещения обеспечат жителей новыми рабочими местами и помогут сократить маятниковую миграцию. До 2035 г. планируется создать 1 млн новых рабочих мест, на июнь 2019 г. уже создано 205 500 рабочих мест.

Изменение количества рабочих мест в ТиНАО за семь лет — см. табл. 2.

Таблица 2

Сфера	2012 г.	2019 г.	Прирост, %
Потребительский рынок	35,4 тыс.	75,4 тыс.	+ 213
Логистика, транспорт, IT	8,7 тыс.	30,2 тыс.	+ 347
Строительство	2,1 тыс.	27,3 тыс.	+ 1300
Социальная сфера и госуправление	12,6 тыс.	23,2 тыс.	+ 84
Обрабатывающие производства и профуслуги	14,5 тыс.	22,8 тыс.	+ 57
Финансовая деятельность и управление недвижимостью	5,9 тыс.	17,6 тыс.	+ 298
Топливно-энергетическое хозяйство	5,6 тыс.	9 тыс.	+ 161
ИЦ «Сколково»	9 тыс.	30,2 тыс.	+ 336

Источник: сайт градостроительной политики и строительства города Москвы [17].

В Новой Москве планируется создать до 90 различных по концепции зон рекреации, парковых зон и тематических парков. Размеры мест отдыха варьируются по площади от 20 га до 3 тыс. га. Архитектура зон рекреации основывается на двух различных подходах: первый — когда под концепцию парка подбирается наиболее подходящее место для его строительства; и второй, когда, наоборот, концепция разрабатывается под определенную местность со своими особенностями.

Социальная инфраструктура. С 2012 по 2019 г. в Новой Москве построено 40 дошкольных образовательных учреждений, что в 2 раза больше числа дошкольных образовательных учреждений до присоединения территорий к Москве. Построено 16 школ, в результате чего количество мест в школах увеличилось на 69%. Построено 11 объектов здравоохранения. В Генплане Новой Москвы с 2019 по 2021 г. планируется построить дополнительно более 60 объектов социальной инфраструктуры, а всего к 2035 г. должно быть открыто 125 объектов здравоохранения, 700 спортивных объектов, 300 дошкольных образовательных учреждений и 110 школ.

Перечислим теперь плюсы и минусы присоединения ТиНАО к Москве.

Плюсы:

1) перераспределение населения;
2) снижение транспортной нагрузки на центр города;
3) перенаправление инвестиционных потоков, которые не смогли найти реализации в рамках старой территории города;
4) столичная регистрация для всех жителей, проживающих на территории Новой Москвы;
5) увеличение налоговых поступлений в бюджет города Москвы;
6) повышение качества жизни в результате проектирования и строительства новых жилых объектов и объектов транспортной инфраструктуры по более строгим градостроительным городским требованиям;
7) улучшение экологической ситуации в результате организации лесопарковых зон.

Минусы:

1) потеря самостоятельности и независимости в принятии решений местными муниципалитетами;
2) рост цен на недвижимость до 18–25% относительно времени до присоединения территорий к Москве;
3) падение привлекательности коттеджей и частных домов в результате строительства большого числа новых многоэтажных домов вокруг территорий с частной застройкой;
4) отсутствие четкого плана развития территории, в результате чего в чистом поле вырастают многоэтажные дома без инфраструктуры.

После присоединения юго-западных территорий к Москве в 2012–2013 гг. резко вырос спрос на покупку недвижимости в ТиНАО. Покупатели ожидали получить комфортный уровень жизни в современных районах, однако по всей территории Новой Москвы активно стали вырастать 15–25-этажные жилые комплексы в чистых полях без какой-либо инфраструктуры вместо комфортных частных коттеджных поселков, таунхаусов и малоэтажных многоквартирных домов.

Присоединенные слабо урбанизированные территории могли бы быть застроены с учетом всех современных тенденций устойчивого развития в градостроительстве и стать комфортными для проживания, однако Новая Москва создает себе проблемы, через которые все крупные города мира уже давно прошли.

Согласно современным мировым тенденциям, жилая застройка должна производиться с учетом человеческого масштаба и не превышать 5–7 этажей [7], но, по информации Аналитического исследования «Строительство жилья профессиональными застройщиками» [17], за 2019 г. средняя этажность новых жилых домов в России составила 17,5 этажа, а в Москве — 23,4 этажа, что почти в 5 раз выше комфортной нормы. Высотность новых жилых домов увеличилась на 94% по сравнению с жилыми домами советской застройки и на 46% по сравнению с жилыми домами 1990–2000 гг. постройки [11]. Еще более грустная история состоит в том, что согласно Национальному проекту в России с 2019 по 2024 г. 2/3 нового жилья должно быть многоэтажным.

Новые жилые комплексы по количеству населения немногим уступают маленьким городам, но из-за высокой разреженности застройки и высокой плотности населения, а также отсутствия развлекательной и досуговой инфраструктуры, ресторанов, общественных пространств для отдыха и прогулок и необходимого количества рабочих мест новые жилые комплексы создают множество проблем для города, в первую очередь маятниковую миграцию.

Для девелоперов и инвесторов многоэтажная застройка — самый прибыльный способ получения дохода с маленького участка земли. Из-за строительства большого числа многоэтажных жилых комплексов привлекательность Новой Москвы для частной, коттеджной застройки и строительства таунхаусов сильно снизилась, так как никто не хочет видеть из окна своего частного дома 25-этажную новостройку. На территории Новой Москвы каждый пятый проект по строительству коттеджного поселка приостановлен[1].

Тем не менее люди вынуждены покупать квартиры в многоэтажных домах, так как, во-первых, это наиболее финансово доступный вариант, а во-вторых, у них нет альтернативного выбора из-за того, что рынок перенасыщен многоэтажными жилыми комплексами.

Согласно Генплану развития Новой Москвы, планы по ее застройке выглядят следующим образом (табл. 3).

[1] cian.ru

Таблица 3

	Объемы Генплана города Москвы	Положение на 2012 г.	Положение на 2018 г.	Введено	Планируется к вводу	
				2019 г.	2020 г.	2021 г.
Площадь жилой застройки, млн кв. м	75,3–101,09	20,1	31,78	+1,59	+1,7	+2
Площадь нежилой застройки, млн кв. м	54–73	6,85	10,4	+0,9	+1	+1,1
ИТОГО:	129,3–174,9	26,95	42,18	+2,49	+2,7	+3,1

Источник: сайт градостроительной политики и строительства города Москвы [17].

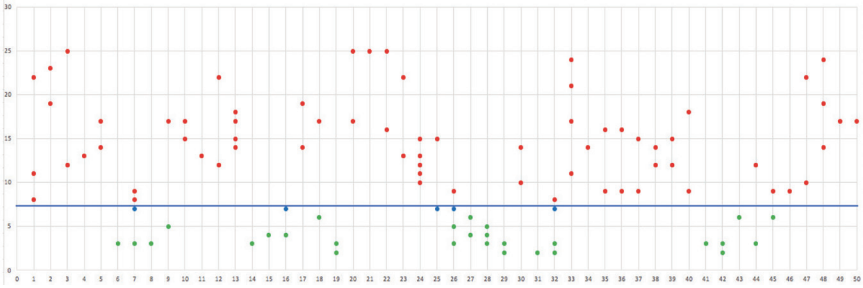


Рис. 3. Точечная диаграмма этажности новостроек в Новой Москве
Источник: график построен автором на основе собранных данных с cian.ru.

Красным цветом на приведенном выше графике отмечены новые дома с количеством этажей выше комфортной нормы, т.е. выше 7 этажей. Голубым цветом отмечены новые дома с количеством этажей на границе комфортной нормы, 7 этажей. Зеленым цветом отмечены новые дома с количеством этажей в пределах нормы, от 1 до 7.

Итого:

- 69 новых домов с количеством этажей выше нормы (физически построенных домов больше; в данном случае этажность дома в жилом комплексе учитывается один раз, но в реальности домов с данной этажностью в жилом комплексе может быть несколько);
- 5 домов на границе нормы;
- 28 домов в пределах нормы.

В результате почти 68% новых жилых домов в Новой Москве имеют этажность выше современной нормы комфортного проживания.

Представляет интерес обеспеченность зелеными массивами и насаждениями поселения Московский в Новомосковском административном

округе, так как в нем сконцентрированы три жилых микрорайона, которые были построены в разное время:

1) микрорайон 1 — исторический, часть построена в середине 1960-х гг. (на карте зона A), часть построена позже (на карте зона B);
2) микрорайон 3 — юго-западный, построен в 2011 г. (на карте зона C);
3) микрорайон 5 — «Первый московский город-парк», построен в 2015 г. (на карте зона D).

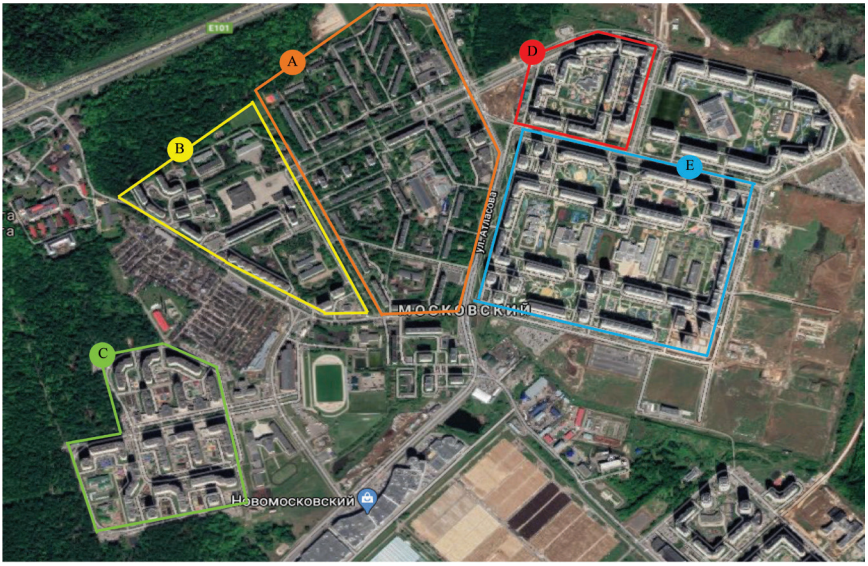


Рис. 4. Микрорайоны поселения Московский
Источник: maps.google.com.

Зона A включает 17 пятиэтажных домов, четыре девятиэтажных дома, три двенадцатиэтажных дома и один восемнадцатиэтажный дом. Площадь зеленых насаждений равна 16,745 га[1].

Зона B включает пять двенадцатиэтажных домов, два четырнадцатиэтажных и шесть шестнадцатиэтажных домов. Площадь зеленых насаждений равна 6,04 га.

Зона C включает 16 семнадцатиэтажных домов. Площадь зеленых насаждений равна 1,021 га.

Зона D включает десять семнадцатиэтажных домов. Площадь зеленых насаждений равна 2,026 га.

Из полученных данных видно, насколько сильно отличается обеспеченность зелеными насаждениями старых и новых районов. Причем стоит

[1] Рассчитано автором на основе данных maps.google.com.

также отметить качество зеленых насаждений: в микрорайоне 1 зеленые насаждения — это в основном деревья, что видно на карте, в то время как в новых микрорайонах 3 и 5 зеленые насаждения — это газоны.

Не следует также утверждать, что в более новом микрорайоне 5 ситуация с зелеными насаждениями лучше, чем в микрорайоне 3, так как в настоящее время расчет площади зеленых насаждений в микрорайоне 5 не совсем корректен ввиду того, что в расчет включена только зона D, однако «Первый московский город-парк» включает не только зону D, но и зону E с 25-этажными домами со сроком сдачи в 2020 г. (в данный расчет не включалась).

В современном мире на место обычных «градостроителей» приходят «урбанисты», которые могут проектировать, задумываясь о всех жизненных процессах общества, делать города удобными и комфортными для жизни, а также помогать находить общий язык жителям с властью, принимающей решения. Но сейчас на территории Новой Москвы побеждают обычные «градостроители».

Стремление к устойчивому городскому развитию и качественной среде присутствует в строительных проектах в большей степени «для галочки», нежели воплощается в реальность. Девелоперам и инвесторам невыгодно вкладывать деньги в качественную жилую застройку, так как с многоэтажной новостройки можно получить большую и более быструю прибыль. Несмотря на все перспективы и широкие возможности развития и строительства «с нуля» по всем правилам современного градостроительства и устойчивого развития, на территории Новой Москвы совершается много ошибок, и самая большая ошибка — это строительство многоэтажных жилых кварталов, которые, по опыту многих стран в ближайшем будущем начнут создавать проблемы. Вместо создания предполагающейся полицентрической модели города с несколькими центрами активности, Новая Москва застраивается многоквартирными жилыми комплексами без досуговой инфраструктуры, качественных общественных пространств и должного количества мест приложения труда. Это может повлечь за собой еще большую маятниковую миграцию при условии, что городское население с каждым годом будет только увеличиваться. В таком случае не помогут ни новые широкие дороги, ни развязки, ни новые линии метро. Необходимо вовремя остановиться и осознать промахи, учесть опыт других стран и избежать последующих ошибок многоэтажной застройки.

Список литературы

1. *Бобылев С. Н.* Экологическая устойчивость городов: оценивая экосистемные услуги и климатические изменения.

2. *Бобылев С. Н., Кирюшин П. А., Кудрявцева О. В.* Зеленая экономика и цели устойчивого развития для России. 2019.
3. *Бобылев С. Н., Кудрявцева О. В., Соловьева С. В.* Индикаторы устойчивого развития для городов // Экономика региона. 2019. № 3.
4. *Бобылев С. Н., Соловьева С. В., Ховавко. У*стойчивое развитие и новые модели экономики. 2019.
5. *Гейл Я.* Города для людей. М.: Альпина паблишер, 2012. Т. 276.
6. *Долгих Е. И., Ерлич В. А., Кузнецова П. О.* Факторы, определяющие потенциал устойчивого развития российских городов: инструменты внешней оценки и новые вызовы.
7. *Махрова А. Г., Бабкин Р. А.* Анализ пульсаций системы расселения Московской агломерации с использованием данных сотовых операторов // Региональные исследования. 2018. № 2. С. 68–78.
8. *Cox W.* Demographia world urban areas // 16th Annual Edition. 2020.
9. *Pacione M.* Urban environmental quality and human wellbeing — a social geographical perspective // Landscape and urban planning. 2003. Т. 65. № 1–2. С. 19–30.
10. *Revi A.* Re-imagining the United Nations' Response to a Twenty-first-century Urban World, 2017.

Электронные ресурсы

11. Зачем расширять границы Москвы. URL: https://stroi.mos.ru/new-moscow/zachem-rasshiryat-granicy-moskvy
12. Индекс качества городской среды. URL: https://индекс-городов.рф/#/results
13. Институт Генплана Москвы. URL: https://genplanmos.ru
14. Новая Москва. URL: https://stroi.mos.ru/new-moscow
15. Новостройки на карте Новой Москвы. URL: https://vsenovostroyki.ru/новостройки-на-карте/новостройки-новой-москвы/
16. Сайт ООН. URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/
17. Средняя этажность в РФ. URL: https://erzrf.ru/news/srednyaya-etazhnost-dostigla-pika-grafiki?search=этажность
18. Этажность российских городов выросла в два раза с советского периода. URL: https://realty.rbc.ru/news/5c50579c9a794790c3b86e70

ГЛАВА 2
УСТОЙЧИВАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

2.1. РАЗВИТИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ В КОНТЕКСТЕ ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭКОНОМИКИ

Кудрявцева О. В., Митенкова Е. Н., Маликова О. И., Головин М. С.[1]

Ограниченность запасов основных видов топливных ресурсов, высокая трудоемкость и затратоемкость их добычи, необходимость обеспечения растущих потребностей страны в тепло- и электроэнергии и экологической безопасности обусловливают актуальность проблем рационального и эффективного использования энергоресурсов в России.

Одним из основных направлений решения данных проблем является переход к устойчивому развитию, подразумевающему развитие низкоуглеродной модели экономики и широкое внедрение альтернативной энергетики, в том числе использование возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ) и биотоплива. Необходимость такого перехода подтверждается активной деятельностью международных организаций в достижении устойчивого развития. Не учитывая новые реалии формирования в странах-лидерах модели низкоуглеродной экономики, крайне сложно обеспечить прочные конкурентные позиции на мировом рынке и сформировать современную энергосистему внутри страны. В рамках параграфа раскрываются основные этапы формирования институциональной среды, регулирующей процесс создания «зеленой», низкоуглеродной экономики, анализируются роль и особенности альтернативной энергетики

---

[1] Опубликовано в: *Кудрявцева О. В., Митенкова Е. Н., Маликова О. И., Головин М. С.* Развитие альтернативной энергетики в России в контексте формирования модели низкоуглеродной экономики // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2019. № 4. С. 122–139.

как одного из ключевых факторов формирования модели низкоуглеродной экономики.

В последние годы уделяется достаточно много внимания проблеме взаимосвязи между развитием электрогенерации из возобновляемых источников и формированием модели «зеленой» экономики. Во многих исследованиях отмечается, что «зеленая» электрогенерация является одной из необходимых составляющих для быстрого и успешного перехода к низкоуглеродному развитию и «зеленой» экономике [22; 31]. Отмечается, что практически всегда успешность перехода к зеленой электрогенерации связана с наличием эффективной системы государственной поддержки, и несвоевременный отказ от нее способен привести к возникновению трудностей в развитии молодой отрасли [21]. Ее развитие является исключительно важным направлением сглаживания экологических конфликтов [30]. Одновременно развитие электрогенерации на базе использования ВИЭ способно не только стимулировать переход к низкоуглеродной экономике, но и заметно повлиять на особенности регионального развития [20].

Несмотря на большую актуальность данной проблемы, в России в настоящее время не так много исследований, посвященных изучению становления и характеристик объектов ВИЭ на рынке электроэнергии, роли возобновляемой энергетики в переходе к низкоуглеродному развитию. В связи с этим необходимо отметить работу А. Е. Копылова, в которой были детально раскрыты структура и затраты объектов ВИЭ с учетом технологий генерации, а также подробно изложены подходы к построению системы их поддержки [4].

Проблема финансирования отрасли возобновляемой энергетики рассматривается Т. А. Ланьшиной и А. В. Кулаковым. Авторы проанализировали опыт Китая в развитии рынка ВИЭ, на основе которого были предложены рекомендации для России, в частности, рост государственных расходов на НИОКР в сфере ВИЭ и разработка федеральной программы по поддержке распределенной генерации [6].

Эффективность развития рынка ВИЭ в России была рассмотрена в работе И. А. Гречухиной, О. В. Кудрявцевой и Е. Ю. Яковлевой, где авторами был оценен широкий спектр выгод от реализации проектов возобновляемой энергетики в России [2]. Возрастает интерес и к особенностям механизмов государственно-частного партнерства для развития возобновляемых источников энергии в российской Арктике [7].

Помимо отечественных ученых, изучением проблемы развития альтернативной энергетики в России занимаются и зарубежные исследователи. В частности, на основе критического дискурс-анализа русскоязычных статей, опубликованных на официальных сайтах различных государственных органов и посвященных теме возобновляемой энергетики, были

выявлены факторы, которые сдерживают развитие российского рынка ВИЭ или, наоборот, способствуют его развитию [27].

Как известно, ухудшающееся состояние окружающей среды вынудило государства объединить усилия для предотвращения изменения климата. На конференциях ООН были приняты концептуальные документы, отражающие энергетические приоритеты, и важная роль в них отводится необходимости развития низкоуглеродной экономики и альтернативной энергетики.

Для России как крупного экспортера углеводородов на мировой рынок особенно важными являются результаты Парижского соглашения по климату [26]. В рамках этого соглашения ставилась задача сокращения глобального потепления в мире до 1,5 градуса в течение предстоящего столетия. Для достижения этой цели требовалось снизить выбросы CO_2 к 2030 г. примерно на 45%, а это, в свою очередь, предполагало в неявной форме сокращение потребления ископаемого углеводородного топлива и перестройку энергетических систем стран мира. В середине столетия благодаря принимаемым мерам должен был произойти переход к нейтральной с точки зрения углерода экономике. Климатические документы, принятые по итогам Парижского соглашения, определяли механизмы достижения поставленных целей.

Важно отметить, что процесс доработки и совершенствования документов происходит практически постоянно. В декабре 2018 г. в г. Катовице (Польша) проходила очередная конференция Рамочного секретариата по изменению климата, на которой более развернутое толкование получили некоторые направления реализации Парижского соглашения.

В свою очередь, в России также принимаются законы и стратегии развития страны, в которых выделяются положения, способствующие достижению ее устойчивого развития.

В отличие от зарубежных стран, Россия не достигла высоких показателей в области использования ВИЭ, что в некоторой степени обусловлено как наличием на территории страны значительных запасов природного газа, нефти, угля, так и наличием в стране единой энергетической системы, одной из самых крупных в мире [19].

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики, доля электроэнергии, произведенной генерирующими объектами ВИЭ (не считая гидроэлектростанций установленной мощности свыше 25 МВт), составляла 0,23% в 2017 г. [16]. Однако если при расчете данного показателя использовать данные Министерства энергетики РФ (общий объем выработки электроэнергии [15]) и НП «Совет рынка» (объем выработки электроэнергии на квалифицированных объектах ВИЭ [14]), то его значение составит 0,03% в 2017 г.

Динамика объемов выработки электроэнергии на квалифицированных объектах ВИЭ на подтвержденных сертификатами оптовом и розничном рынках за период 2014–2018 гг. представлена на рис. 1.

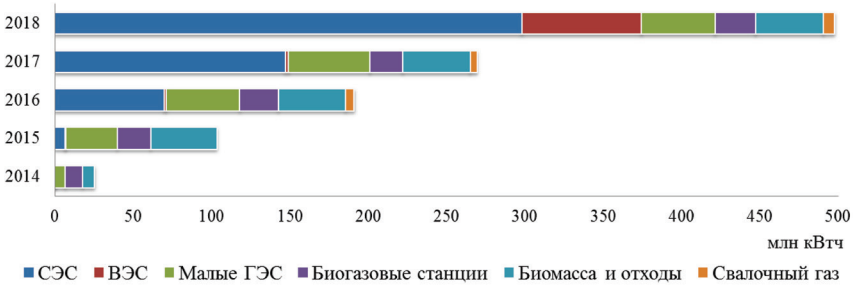


Рис. 1. Динамика объемов выработки электроэнергии на квалифицированных объектах ВИЭ в РФ
Источник: построено авторами по данным [14].

В частности, нереализованным остается значительный потенциал производства и использования биотоплива. Пилотные и демонстрационные проекты, реализованные в отдельных регионах России в предыдущие десятилетия, не получили масштабного развития вследствие отсутствия системной государственной поддержки. Особенную актуальность данное направление ВИЭ приобретает в условиях перепроизводства растениеводческой сельскохозяйственной продукции, наблюдаемого в РФ в последние годы. Оно способно снизить уровень переходящих запасов зерновых культур, реализация которых ограничена объемами потребления на внутреннем рынке и сильной конкуренцией на внешних рынках. Объемы переходящих запасов зерновых культур за последние пять лет варьировались от 6,8 млн до 14,2 млн т, сказываясь на снижении цен и доходности сельхозпроизводителей [28; 29].

Опыт зарубежных стран показал, что для обеспечения дальнейшего развития возобновляемой энергетики и повышения уровня ее конкурентоспособности по сравнению с традиционными источниками необходима государственная поддержка.

В 2007 г. был принят ряд поправок в Федеральный закон № 35-ФЗ «Об электроэнергетике», в которых была определена система государственной поддержки возобновляемой энергетики. Предполагалось внедрить мировой опыт по использованию системы надбавок к рыночной цене электроэнергии на оптовом рынке для генерирующих объектов, квалифицированных как генерирующие объекты, функционирующие на основе использования ВИЭ [17].

Однако в 2011 г. был внесен очередной ряд поправок в Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике», изменивших си-

стему государственной политики в отношении ВИЭ: введена поддержка через продажу мощности генерирующего объекта, функционирующего на основе использования ВИЭ, посредством заключения договоров поставки мощности [17]. Одной из причин для смены системы государственной поддержки являлась проблема в разработке методики для определения размера надбавки, как было отмечено в пояснительной записке Министерства энергетики.

В 2013 г. в постановлении Правительства РФ от 28.05.2013 № 449 (ред. от 27.09.2018) «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» (далее Постановление № 449) была предусмотрена поддержка ВИЭ через конкурсные отборы на рынке [10]. Были выделены три типа генерирующих объектов, являющихся объектами государственной поддержки: генерирующие объекты солнечной (далее – СЭС) и ветровой (далее – ВЭС) генерации и гидрогенерации менее 25 МВт (далее – ГЭС), действующие в ценовых зонах оптового рынка. В 2017 г. в дополнение к перечисленным выше типам генерирующих объектов был добавлен генерирующий объект, функционирующий на основе использования отходов производства и потребления (далее – твердые бытовые отходы (ТБО)). Генерации на базе ВИЭ на розничном рынке электроэнергии были определены в Постановлении Правительства РФ от 23.01.2015 № 47 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ по вопросам стимулирования использования возобновляемых источников энергии на розничных рынках электрической энергии» [8]. Однако отсутствовало поручение о разработке методики использования ВИЭ на изолированных территориях.

В 2016 г. было принято Постановление Правительства РФ от 23.09.2016 № 961 «О порядке предоставления субсидий из федерального бюджета на государственную поддержку технологического присоединения генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии», в котором установлены правила предоставления субсидий из федерального бюджета [9]. На начало 2019 г. только двум компаниям были выделены субсидии на компенсацию стоимости технологического присоединения [Решения о предоставлении субсидий..., 2019].

Таким образом, первая утвержденная мера государственной поддержки ВИЭ не была реализована на практике, так как отсутствовала методика расчета размера надбавки к рыночной цене. Система государственной поддержки ВИЭ была кардинально изменена посредством перехода к модели «плата за мощность». Впервые эта модель была применена в 2013 г. для проектов электрогенерации на оптовом рынке.

Достаточно серьезные проблемы сохраняются и в сфере регулирования отдельных сегментов энергетического рынка, связанных с развитием воз-

обновляемой энергетики и производством альтернативных видов топлив. Например, в области разработки и реализации государственной политики по развитию производства и потребления транспортного биотоплива следует отметить Федеральный закон от 28.11.2018 № 448-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции и об ограничении потребления (распития) алкогольной продукции» [18]. Положения данного закона ввели в правовое поле понятие «биоэтанол» и закрепили отдельные нормы, связанные с регулированием его производства и оборота.

Принятие данного документа без разработки и имплементации дополнительных мер государственной поддержки неспособно простимулировать развитие отрасли транспортного биотоплива. В частности, Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» (ТР ТС 013/2011) допускает, но не обязывает производителей бензина использовать в качестве топливной добавки этанол [12]. В то же время в странах ЕС производители топливных смесей обязаны использовать биоэтанол либо иные виды кислородосодержащих биотопливных добавок, которые снижают показатели эмиссии парниковых газов транспортными средствами [23]. В странах – лидерах по развитию отрасли транспортного биотоплива применяются инструменты поддержки конечного производства, факторов производства, дистрибуции и потребления. В частности, в США (мировой лидер по производству биоэтанола) государственная поддержка осуществляется на всех стадиях жизненного цикла отрасли: от финансирования НИОКР и пилотных проектов, создания производственных мощностей и компенсации затрат поставщикам сырья до субсидирования спроса на транспортные средства, способные использовать топливные смеси с высоким содержанием биотоплива, компенсации затрат на модернизацию автозаправочных станций и применения тарифных инструментов защиты внутреннего рынка от импорта. В 2015 г. средний мировой показатель субсидий в сфере транспортного биотоплива составлял 0,28 долл. США на 1 л биоэтанола и 0,30 долл. США на 1 л биодизеля, а совокупные государственные расходы на развитие отрасли превысили 26 млрд долл. [24]. Транспортное биотопливо является более дорогой альтернативой по сравнению с традиционными видами моторного топлива, поэтому стратегическое развитие данной отрасли в РФ напрямую зависит от применения в отечественной практике передового зарубежного опыта государственного управления отраслью. Однако развитие рынка биотоплива и генерации энергии из биологических источников энергии, в частности отходов, является необходимым звеном в цепочке овладения

всем арсеналом современных технологий, позволяющим успешно развивать альтернативную энергетику.

Далее дадим количественную характеристику рынку возобновляемых источников энергии, сложившемуся в России. В анализе мы не учитывали биотопливо, поскольку характеристика рынка пеллет (наиболее развитого сейчас в России биотоплива) была уже дана нами ранее [5], а удовлетворительный анализ рынка производства топлива из отходов на сегодня пока еще невозможен. Как было ранее отмечено, впервые государственная поддержка проектов возобновляемой энергетики была применена в 2013 г., поэтому в настоящее время для анализа доступны результаты шести отборов, проведенных в 2013–2018 гг.

За период 2013–2018 гг. в конкурсных отборах приняло участие 20 компаний. Для анализа информации о компаниях была использована информационная система «СПАРК». Во-первых, была проведена проверка на предмет изменения организационно-правовой формы или названия компании в течение 2013–2018 гг. Данная проверка проводилась с целью исключения повторов. Во-вторых, на конец 2018 г. три компании были недействующими и по факту не реализовали проекты, заявленные на конкурсных отборах. В дальнейшем эти компании исключаются из анализа.

Анализ результатов конкурсных отборов был построен на расчете показателей, характеризующих концентрацию в отрасли, и оценке ее уровня (в данной работе периметр отрасли возобновляемой энергетики в России ограничен компаниями, выигравшими конкурсные отборы по каждому из видов ВИЭ), а также выявлении доли государственной или зарубежной собственности в структуре собственников компаний, выигравших наибольшие объемы установленной мощности в конкурсных отборах.

Были поставлены следующие гипотезы для исследования:

- уровень концентрации в отрасли достаточно высокий: не все компании удовлетворяют требованиям для участия в конкурсных отборах и способны конкурировать с крупными компаниями по величине капитальных затрат на 1 кВт установленной мощности объекта ВИЭ;
- компании, в которых есть зарубежные собственники, занимающиеся возобновляемой энергетикой, обладают конкурентным преимуществом перед компаниями, у которых нет зарубежных собственников, так как может использоваться наработанный опыт зарубежного партнера;
- компании, в которых среди собственников есть государство, более успешны в конкурсных отборах.

Анализ уровня концентрации в отрасли возобновляемой энергетики

Уровень концентрации можно оценить с помощью кривой Лоренца (рис. 2).

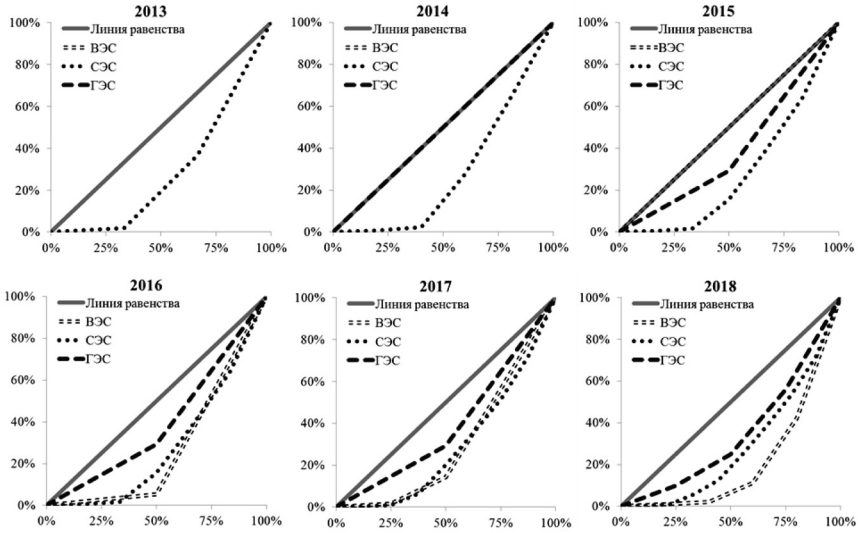


Рис. 2. Кривые Лоренца
Источник: построено авторами по данным [11].

Построенные кривые Лоренца по накопленным результатам конкурсных отборов, проведенных в период с 2013 по 2018 г., позволяют оценить уровень концентрации в отрасли в динамике. Наиболее неравномерное распределение рыночных долей между компаниями, участвовавшими в конкурсных отборах 2013–2018 гг., наблюдается в ветровой энергетике, поскольку на самую крупную компанию приходится примерно 58% отобранного планового объема установленной мощности. Однако кривые Лоренца некорректно отображают ситуацию, когда в конкурсном отборе выигрывает только одна компания, поэтому необходимо рассмотреть абсолютные показатели концентрации.

Для анализа уровня концентрации используются такие показатели, как:

- индекс концентрации *CRn*, представляющий собой сумму долей *n* крупнейших компаний в отрасли. Однако в некоторых конкурсных отборах количество выигравших компаний было равно 1, поэтому авторами рассчитывался индекс концентрации CR_1, показывающий долю крупнейшей компании в отрасли;

- индекс Герфендаля—Хиршмана, представляющий собой сумму квадратов долей всех компаний в отрасли. Данный показатель может быть разложен на две компоненты: $\frac{1}{N}$ и $N \cdot \sigma^2$, где N – количество компаний в отрасли; σ^2 – дисперсия распределения рыночных долей компаний;
- индекс Холла—Тайдмана, рассчитывающийся по формуле:

$$HTI = \frac{1}{2 \cdot \left(\sum_{i=1}^{N} R_i \cdot s_i - 1 \right)},$$

где N – количество компаний в отрасли; R_i – ранг компании по убыванию доли компании в отрасли; s_i – доля компании в отрасли [1. С. 26–28].

Эти индексы были рассчитаны авторами для каждого года конкурсного отбора в разрезе каждого типа ВИЭ.

Анализ результатов расчетов показал, что:

- для некоторых годов проведения конкурсных отборов невозможно оценить уровень концентрации ввиду исключения компаний или отсутствия заявок;
- для некоторых годов проведения конкурсных отборов уровень концентрации равен единице, поскольку только одна компания выиграла в конкурсном отборе рассматриваемого года.

Для анализа динамики изменения уровня были рассчитаны эти же показатели на основе накопленных данных по итогам конкурсных отборов за периоды с 2013 по 2018 г., поскольку компании, выигравшие предыдущие конкурсные отборы, не уходят с рынка, занимаются реализацией проектов возобновляемой энергетики и могут продолжать участвовать в следующих конкурсных отборах. Результаты расчетов показателей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели концентрации

Вид ВИЭ	2013 г.	2013–2014 гг.	2013–2015 гг.	2013–2016 гг.	2013–2017 гг.	2013–2018 гг.
ВЭС						
Индекс концентрации CR1	–	–	1,000	0,946	0,436	0,579
Индекс Герфендаля—Хиршмана	–	–	1,000	0,897	0,384	0,439
Индекс Холла—Тайдмана	–	–	1,000	0,902	0,409	0,470
СЭС						
Индекс концентрации CR_1	0,633	0,371	0,362	0,362	0,282	0,280

Окончание табл. 1

Вид ВИЭ	2013 г.	2013–2014 гг.	2013–2015 гг.	2013–2016 гг.	2013–2017 гг.	2013–2018 гг.
Индекс Герфендаля—Хиршмана	0,523	0,327	0,267	0,267	0,192	0,176
Индекс Холла—Тайдмана	0,565	0,348	0,293	0,293	0,211	0,193
ГЭС						
Индекс концентрации CR_1	–	1,000	0,707	0,707	0,586	0,440
Индекс Герфендаля—Хиршмана	–	1,000	0,586	0,586	0,515	0,323
Индекс Холла—Тайдмана	–	1,000	0,631	0,631	0,547	0,355

Источник: рассчитано авторами по данным [11].

Анализ результатов расчетов, представленных в табл. 1, показал, что:

- для отрасли каждого вида ВИЭ характерен высокий уровень концентрации (по всем показателям), что объясняется незначительным количеством компаний, выигравших конкурсные отборы в течение 2013–2018 гг.;
- в рамках конкурсных отборов по каждому виду ВИЭ наблюдается позитивная динамика по уменьшению уровня концентрации: все больше компаний участвует и выигрывает в конкурсных отборах;
- на конец 2018 г. только в отрасли ветровой энергетики была компания, которой выиграла более 50% планового объема установленной мощности, предлагавшегося на конкурсных отборах проектов ВЭС (оценка по индексу концентрации CR_1);
- покомпонентный анализ индекса Герфендаля—Хиршмана показал, что наибольшую долю в этот показатель вносит компонента, отражающая количество компаний в отрасли, поскольку число компаний в отрасли каждого вида ВИЭ незначительно. В конкурсных отборах, проведенных за период 2013–2018 гг., по проектам ВЭС выиграло пять компаний, СЭС – девять компаний; ГЭС – четыре компании;
- значения индекса Холла—Тайдмана согласуются со значениями рассмотренных выше показателей: в отрасли возобновляемой энергетики есть несколько крупных компаний при незначительном количестве компаний в отрасли в целом;
- наиболее благоприятная ситуация с точки зрения оценки уровня концентрации наблюдается в отрасли солнечной энергетики, поскольку конкурсные отборы по этому виду ВИЭ в наибольшей степени заинтересовали инвесторов.

Распределение компаний по наличию того или иного типа собственности представлено в табл. 2. Государственный тип собственности определялся как наличие среди собственников компаний с государственным

участием, например ГК «Росатом», или наличие государства как одной из связанных сторон для компании, например Федеральное агентство по управлению государственным имуществом.

Таблица 2

Типы собственности в структуре владения компаний

Компания	Государственная	Частная (российские собственники)	Частная (зарубежные собственники)
АО «ВетроОГК»	+		
АО «ВетроОГК-2»	+	+	
АО «Красноярская ГЭС»	+	+	
ООО «Авелар Солар Технолоджи»	+	+	
ООО «Ветропарки ФРВ»	+	+	+
ООО «Грин Энерджи Рус»	+	+	
ООО «Солар кремниевые технологии»		+	
ООО «МРЦ Энергохолдинг»		+	
ООО «МЭК-Инжиниринг»		+	
ООО «НГБП»		+	
ООО «Солар Системс»		+	+
ООО «ЭнергоМИН»		+	
ООО «Южэнергострой»		+	
ПАО «РусГидро»	+	+	
ПАО «Т Плюс»		+	
ПАО «Фортум»		+	+
ПАО «Энел Россия»		+	+

Источник: составлено авторами по данным [3].

Анализ данных табл. 2 показывает, что почти для всех компаний отрасли, кроме АО «ВетроОГК», характерно наличие частной собственности в структуре владения. Лишь незначительное количество компаний имеют среди собственников иностранные компании. Однако три из четырех компаний с иностранным участием осуществляют свою деятельность в области ветровой энергетики. Помимо этого, в конкурсных отборах проектов именно компании с государственным участием были более успешны и выиграли больший объем установленной мощности. Например, компания ООО «Ветропарки ФРВ», являющаяся примером государственно-частного партнерства государственной компании АО «Роснано» и частной компа-

нии с зарубежными собственниками ПАО «Фортум», выиграла более 55% от общего объема установленной мощности, предлагавшегося в рамках конкурсных отборов проектов ветровой энергетики.

Проведенный анализ позволяет сделать некоторые самые предварительные выводы относительно перспектив формирования в России низкоуглеродной экономики и в том числе развития возобновляемой энергетики.

Во-первых, для России характерен чрезвычайно низкий в сравнении с развитыми странами уровень развития ВИЭ. Доля их в общем объеме электрогенерации (если в сферу анализа не включать крупные ГЭС) остается чрезвычайно низкой и составляет менее 1%. Тот потенциал, которым обладала страна в советский период развития, оказался давно утрачен. В рыночных условиях, при наличии значительных сравнительных конкурентных преимуществ в сфере традиционных углеводородов, у компаний и у государства не формируются достаточные стимулы для развития ВИЭ. В этих условиях государству необходимо создавать дополнительные стимулы для развития альтернативной энергетики, тем более что ранее по такому пути успешно шли другие государства. Вместе с тем анализ институциональной среды, регулирующей процессы перехода к низкоуглеродной экономике и развитию в России возобновляемой энергетики, показывает, что государственное регулирование данной сферы нередко оказывается противоречивым, а поддержка производителей ВИЭ недостаточной. Пока даже в масштабах локальных энергорынков в России не удается сформировать модель эффективного низкоуглеродного развития.

Проведенный нами анализ выявил высокий уровень концентрации производителей в сфере ВИЭ. Особенно это характерно для ветрогенерации. Более того, для ветрогенерации типична не только высокая концентрации рынка, но и большая доля государственного участия на данном рынке. Более конкурентной является рыночная среда в отрасли солнечной энергетики. Однако и здесь заметно наличие большого числа проблем. В российском сегменте развития возобновляемой электроэнергетики практически не развит мелкий бизнес, нет автономной электрогенерации, осуществляемой домашними хозяйствами. Это проявляется как в отсутствии статистического учета данных процессов, так и в отсутствии мер государственной поддержки. Все это позволяет сделать вывод о риске нарастания отставания России в сфере развития возобновляемой электроэнергетики как минимум в одном сегменте рынка – автономной электрогенерации. Именно это направление сегодня является одним из наиболее перспективных в развитых странах, в частности в ЕС.

Наконец, вопрос технологической готовности России к развитию возобновляемой энергетики остается дискуссионным и требует дальнейших исследований и обсуждений. По мнению авторов, ключевой проблемой

в развитии ВИЭ является не только и не столько институциональная среда, сколько отсутствие в России широкого использования собственных технологий и оборудования, обеспечивающих развитие данной отрасли. В сфере производства оборудования для ВИЭ многие проблемы решаются за счет закупок технологического оборудования за рубежом или, как показал проведенный авторами анализ, за счет создания совместной собственности, партнерства с зарубежными компаниями в производственной сфере. Такая ситуация характерна для солнечной и ветровой энергетики. Однако отсутствие собственных технологических решений, длительного опыта полного цикла производства оборудования для возобновляемой энергетики в дальнейшем приводит к возникновению еще одной проблемы – высокой стоимости эксплуатации и текущего обслуживания для солнечных и ветровых установок, неразвитости сервисных служб. Следствием становится усиление ценовой неконкурентоспособности ВИЭ в России. Сложно обеспечить текущую эффективную эксплуатацию систем, не владея полным циклом производства продукции.

Список литературы

1. *Вурос А. Д., Розанова Н. М.* Экономика отраслевых рынков. М.: Экономический факультет МГУ, ТЕИС, 2002. С. 253.
2. *Гречухина И. А., Кудрявцева О. В., Яковлева Е. Ю.* Эффективность развития рынка возобновляемых источников энергии в России // Экономика региона. 2016. Т. 12. № 4. С.1167–1178.
3. Информационная система «СПАРК» // «СПАРК»: официальный сайт. URL: http://www.spark-interfax.ru/ (дата обращения: 18.02.2019).
4. *Копылов А. Е.* Экономика ВИЭ. М. : Грифон, 2015. 365 с.
5. *Кудрявцева О. В., Яковлева Е. Ю., Головин М. С.* Особенности и перспективы отечественного рынка древесного биотоплива на фоне мировых тенденций // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2016. № 6. С. 22–38.
6. *Ланьшина Т. А., Кулаков А. В.* Развитие возобновляемой энергетики в Китае: изучение опыта и выработка рекомендаций для России // Теплоэнергетика. 2017. № 7. С. 73–82.
7. *Потравный И. М., Яшалова Н. Н., Бороухин Д. С., Толстоухова М. П.* Использование возобновляемых источников энергии в Арктике: роль государственно-частного партнерства / // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2020. Т. 13. No 1. С. 144–159. DOI: 10.15838/esc.2020.1.67.8
8. Постановление Правительства РФ от 23.01.2015 № 47 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ по вопросам стимулирования использования возобновляемых источников энергии на розничных рынках электрической энергии».
9. Постановление Правительства РФ от 23.09.2016 № 961 «О порядке предоставления субсидий из федерального бюджета на государственную поддерж-

ку технологического присоединения генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии».

10. Постановление Правительства РФ от 28.05.2013 (ред. от 27.09.2018) № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» (вместе с «Правилами определения цены на мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии»).
11. Результаты отборов проектов // ОАО «АТС»: официальный сайт. URL: http://www.atsenergo.ru/vie/proresults (дата обращения: 18.02.2019).
12. Решение Комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 № 826 (ред. от 30.06.2017) «О принятии технического регламента Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту».
13. Решения о предоставлении субсидий из федерального бюджета на государственную поддержку технологического присоединения генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии // Министерство энергетики РФ: официальный сайт. URL: https://minenergo.gov.ru/node/12223 (дата обращения: 18.02.2019).
14. Рынок электроэнергии и мощности, возобновляемые источники энергии // Ассоциация «НП «Совет рынка»: официальный сайт. URL: https://www.np-sr.ru/ru/market/vie/index.htm (дата обращения: 18.02.2019).
15. Статистика Министерства энергетики РФ // Министерство энергетики РФ: официальный сайт. URL: https://minenergo.gov.ru/node/12223 (дата обращения: 18.02.2019).
16. Технологическое развитие отраслей экономики // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/technol/5-3.xls (дата обращения: 18.02.2019).
17. Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ (ред. от 01.01.2019) «Об электроэнергетике».
18. Федеральный закон от 28.11.2018 № 448-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции и об ограничении потребления (распития) алкогольной продукции».
19. *Фортов В. Е., Попель О. С.* Возобновляемые источники энергии в мире и в России. // Материалы Первого Международного форума «Возобновляемая энергетика. Пути повышения энергетической и экономической эффективности REENFOR-2013». 22–23 октября 2013 г. / под ред. д.т.н. О. С. Попеля. М.: ОИВТ РАН, 2013. С. 12–23.
20. *Allan G., McGregor P., Swales K.* Greening regional development: employment in low-carbon and renewable energy activities // Regional Studies. 2017. Vol. 51. Issue 8. P. 1270–1280.
21. *Bernardo, Giovanni B., D'Alessandro, Simone.* Systems-dynamic analysis of employment and inequality impacts of low-carbon investments // Environmental Innovation and Societal Transitions. 2016. Vol. 29. 21: 123–144.
22. *Capros P., Tasios N., Marinakis A.* Very high penetration of renewable energy sources to the European electricity system in the context of model-based analysis of an energy roadmap towards a low carbon EU economy by 2050 //

9th International Conference on the European Energy Market European Energy Market (EEM). 2012. P. 1–8.

23. Directive 2009/30/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 amending Directive 98/70/EC as regards the specification of petrol, diesel and gas-oil and introducing a mechanism to monitor and reduce greenhouse gas emissions and amending Council Directive 1999/32/EC as regards the specification of fuel used by inland waterway vessels and repealing Directive 93/12/EEC. URL: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0088:0113:EN:PDF (дата обращения: 18.02.2019).
24. IEA / World Energy Outlook 2016. OECD/IEA, Paris, 2016. P. 488
25. IRENA and related meetings during World Future Energy Summit (WFES) 2016 // IRENA: official site. URL: http://remember.irena.org/sites/Documents/Shared%20Documents/6th%20Assembly/Schedules%20and%20dinner%20invite/WFES_complete.pdf. (дата обращения: 18.02.2019).
26. Paris agreement adopted on Conference of the Parties Framework convention on climate change, 12 December 2015 // UN: official site. URL: https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/LTD/G15/283/07/pdf/G1528307.pdf?OpenElement (дата обращения: 18.02.2019).
27. *Smeet N.* The Green Menace: Unraveling Russia's elite discourse on enabling and constraining factors of renewable energy policies // Energy Research & Social Science. 2018. Vol. 40. P. 244–256.
28. USDA FAS // Russian Federation Grain and Feed Annual 2017, 4/14/2017. P. 32–33.
29. USDA FAS // Russian Federation Grain and Feed Update, 7/20/2018. P. 14–16.
30. *Weber G., Cabras I.* The transition of Germany's energy production, green economy, low-carbon economy, socio-environmental conflicts, and equitable society // Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 167. P. 1222–1231.
31. *Zhan M., Yang Y.* On Analysis of Suggestions on the Development of China's Renewable Energy Industry Based on "Low-Carbon Economy" // 2010 International Conference on Management and Service Science Management and Service Science (MASS). 2010. P. 1–4

2.2. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

Кудрявцева О. В., Васильев С. В.[1]

Возобновляемая энергетика становится неотъемлемой частью мирового энергетического сектора. Последние десятилетия на рынке стабильно растут объемы генерации возобновляемых источников энергии. Технологии новых ВИЭ, в том числе солнечной энергетики, достигли достаточно высокого уровня развития и стали конкурентами традиционных способов производства энергии на основе ископаемого топлива. При этом искать альтернативные возможности энергообеспечения обязывает ценовая нестабильность сырьевых рынков. «Зависимость от стран – поставщиков энергоносителей толкает государства, не имеющие значительных природных ресурсов, к политике импортозамещения и попыткам сократить эту зависимость» [1].

Учитывая достаточную доступность ресурсов, значительный потенциал рынка, конкурентоспособность затрат и технологические достижения, солнечная энергетика в перспективе может стать ведущим из возобновляемых источников.

Россия имеет значительный потенциал для развития солнечной энергетики, которая последние годы показала стремительный рост. Так, в 2020 г. компания «Солар Системс» ввела в России Старомарьевскую солнечную электростанцию (далее – СЭС) (100 МВт, стоимостью 13,5 млрд руб.), запущена третья очередь Самарской СЭС (2019) [2]. Будут реализованы новые проекты: вторая очередь Малодербетовской СЭС мощностью 45 МВт, третья очередь Яшкульской СЭС – 25 МВт (Калмыкия), первая и вторая очереди Торейской СЭС – 25 и 20 МВт (Бурятия) [3].

В 2019 г. выработка электроэнергии электростанциями Единой энергетической системы (ЕЭС) России составила 1080,6 млрд кВт·ч, из них (в сравнении с показателями 2018 г.): ТЭС – 679,9 млрд кВт·ч, что меньше показателя 2018 г. на 0,3%; ГЭС – 190,3 млрд кВт·ч (больше – на 3,6%);

---

[1] Опубликовано в: *Кудрявцева О. В., Васильев С. В.* Перспективы развития солнечной энергетики в России. Возобновляемые источники энергии: Материалы Всероссийской научной конференции и XII молодежной школы с международным участием: сборник / отв. ред. С. В. Киселѐва, Ю. Ю. Рафикова. М.: Наука, 2020. С. 177–184.

АЭС – 208,8 млрд кВт·ч (больше на 2,2%); солнечные электростанции – 1,3 млрд кВт·ч (больше на 69,4%).

Установленная мощность СЭС на 01.01.2020 составила 1362,72 мВт, или 0,55% суммарной мощности электростанций объединенных энергосистем (ОЭС) ЕЭС России (246 342,45 мВт), из них установленная мощность СЭС ОЭС Юга составила 688,52 мВт, или 2,77% общей мощности ОЭС Юга России. При этом коэффициент использования установленной мощности СЭС по ЕЭС России в 2019 г. – 14,14% [4].

Оборудование постоянно совершенствуется, передовые технологии производства обеспечивают главные достоинства СЭС: отсутствие вредных выбросов в процессе производства энергии, неприхотливость в сервисном обслуживании, долгий срок службы фотоэлементов. Группа компаний «Хевел» задает тенденции для развития отрасли в стране: постоянный выпуск модулей при объеме проектов 1145,5 МВт, а также перспективное производство инновационных солнечных панелей, интегрируемых в материалы, покрывающие крыши домов (например, в г. Саранске), на заводе «Стилсан» в Мордовии [5; 6].

ВИЭ, заключающие потенциал по сокращению выбросов парниковых газов, должны играть ключевую роль в борьбе с изменениями климата и быть существенной частью любого сценария развития мировой энергетики [1; 7].

Стимулом для развития местного производства технологий ВИЭ во многих странах, в том числе и в России, является включение в схему государственной политики поддержки требования локализации. Соответственно, наладив производство необходимого оборудования и комплектующих, импортировав опыт реализации проектов, разработки дизайна и строительства, обладающие мощной ресурсной и технологической базой развитые экономики в достаточно короткие сроки имеют возможность достичь высокой степени локализации [1; 8].

Процесс разработки и внедрение новых технологий в России встречают ряд трудностей и препятствий, что требует дальнейшего совершенствования бюджетной и инвестиционной политики, нормативно-правовой базы, механизмов стимулирования спроса и интереса к экологическим инновациям, решения вопросов технической поддержки и эксплуатации оборудования, расширения инфраструктуры для дальнейшего развития солнечной энергетики [9].

Министерство энергетики РФ с целью увеличения масштабов солнечной энергетики проводит работу по привлечению инвестиций в сектор. Российские инвесторы имеют ряд преференций: подключение к энергосетям, доходы от генерации солнечной энергии, гарантии возврата вложенных денег в течение 15 лет.

В мире общий объем инвестиций в солнечную энергетику за последние десять лет соответствует 1,3 трлн долл., что составляет половину затрат на возобновляемую энергетику (2,6 трлн долл.); стоимость солнечных технологий за указанный период упала на 81% – с 304 до 57 долл. за МВт·ч. Лидером среди инвесторов в производство возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ) в мире является Китай, вложивший за десять лет 758 млрд долл., далее идут США – 356 млрд долл., Япония – 202 млрд долл. Европа вложила в строительство СЭС 698 млрд долл., Германия – 179 млрд долл., Великобритания – 122 млрд долл. Россия, Швеция и Нидерланды увеличили свои инвестиции более чем в 2 раза [10–12].

СЭС способствуют развитию отдаленных регионов, не имеющих центрального электроснабжения. Модернизация неэффективной генерации позволит снизить затраты на топливо. Яркий пример 2019 г. – это АО «Полиметалл», запустившее СЭС мощностью в 1 МВт, заменив ею дизельные электростанции. Переход на ВИЭ позволит горнолыжному комплексу «Семинский перевал» (Алтай), торговой компании «Читаглавснаб» экономить до 1 млн руб. ежегодно.

Наиболее обоснованными и перспективными направлениями для внедрения солнечной энергетики являются:

- обеспечение энергоресурсами труднодоступных регионов страны, не подключенных к централизованным сетям (территории, расположенные за полярным кругом, горные районы, некоторые районы Сибири, Камчатки и др.). Это поможет в решении вопроса о дорогостоящей поставке топливно-энергетических ресурсов в указанные районы;
- обеспечение энергодефицитных районов страны (где постоянно происходят аварийные отключения электричества) генерирующими мощностями [9; 13].

Актуально создание объектов гибридной ВИЭ-генерации, например, солнечные панели на ГЭС (РусГидро). На Нижне-Бурейской ГЭС введены панели общей мощностью 1 275 кВт. Они будут вырабатывать 1,4 млн кВт·ч в год. Это модули российского производства мощностью 370 Вт каждый. Подобные проекты реализуются на гидроузлах во многих странах. Объекты могут использовать существующую электросетевую и транспортную инфраструктуру, а также не нуждаются в новых территориях.

Дальнейшее сокращение затрат и достижение «сетевого паритета», полноценную экономическую конкуренцию возобновляемой энергетики с традиционной демонстрируют данные исследований с 2010 по 2020 г. Центра энергетики Московской школы управления «Сколково». При этом наибольшее снижение затрат отмечено при выработке электроэнергии

на базе солнечных установок (PV, фотовольтаика), где средневзвешенная стоимость 1 кВт·ч сократилась с 2010 г. более чем в 4 раза, до 8,5 цента/кВт·ч для новых проектов, введенных в строй в 2018 г. Результаты проведенных в 2017–2018 гг. аукционов показывают готовность генераторов обеспечивать дальнейшее снижение затрат. Так, отдельные проекты солнечной (PV) энергетики в Дубае, Мексике, Перу, Чили и Саудовской Аравии показали результат на уровне 3 цента/кВт·ч [12; 14].

Согласно прогнозу Ассоциации «НП «Совет рынка» (2019 г.), рост цен на электроэнергию для промышленных предприятий на 2020 г. (без включения тарифов на услуги по передаче энергии и сбыта) следующий: в европейской части России и на Урале (в первой ценовой зоне) электроэнергия в среднем подорожает на 1,6% (до 1,3 тыс. руб. за 1 МВт·ч), в Сибири (во второй ценовой зоне) – на 3,3% (до 0,9 тыс. руб. за 1 МВт·ч), что составит для Сибири самый большой рост цен на энергию с 2017 г. Инфляция на 2020 г., по прогнозу Минэкономики РФ, составит 3%. Рост цен на мощность прогнозировалась в европейской части России в 2020 г. на 9,3% (до 859,2 тыс. руб. за 1 МВт), в Сибири – на 11,6% (до 683 тыс. руб. за 1 МВт). В европейской части и на Урале преобладают электростанции на газе, а стоимость этого топлива растет. Цены на энергетический каменный уголь в 2020 г. выросли, что отразилось на стоимости электроэнергии в Сибири, где много угольных станций [15; 16].

Анализ распределения фотоэлектрической мощности по секторам свидетельствует, что мощность установленных коммерческими предприятиями в России СЭС (по состоянию на четвертый квартал 2019 г.) за 2014–2019 гг. достигла 15 494 кВт, причем 91,3% всех коммерческих фотоэлектрических установок введено в период с января 2018 г. по декабрь 2019 г. Нефтегазовые компании являются лидерами по объему установленной мощности СЭС в России: 73,91 % (11,45 МВт). Самые крупные проекты реализовали «Лукойл», «Газпром нефть» и «Транснефть». «Лукойл» для экономии затрат на электричество на Волгоградском нефтеперерабатывающем заводе установил СЭС мощностью 10 МВт.

У российских горнодобывающих компаний в связи с высокой стоимостью владения дизель-генераторами увеличился спрос на солнечные решения, и они могут опередить сектор коммерческой недвижимости по объему введенных мощностей солнечных электростанций в течение 2020–2022 гг.: увеличение потребности можно связать с удаленностью объектов от инфраструктуры [17; 18].

Что касается солнечной тепловой энергии, то ее преимуществами являются низкие эксплуатационные расходы, обеспечение стабильного развития цен на теплоснабжение, меньшая зависимость от колебания цен традиционных источников энергии, снижение эксплуатационных расходов,

затрат на охрану окружающей среды, высокие температуры нагрева воды в сравнении с тепловыми насосами, отсутствие выбросов CO_2 в сравнении с системами газового отопления и др.

До 2024 г. в России будут введены 3,94 ГВт мощностей «зеленой» энергетики, в том числе по солнечной генерации будут добавлены по 99,5 МВт в 2023 и 2024 гг. [19; 20].

Вместе с тем возможно снижение спроса на солнечную генерацию и аккумуляторы: сектор «чистой» экономики, включая ВИЭ, может быть также затронут в результате последствий пандемии, вызванной вирусом COVID-19. 2020 г. может стать первым годом спада в развитии солнечной энергетики в глобальном масштабе (BloombergNEF). Исследователи на 16% снизили прогноз мирового спроса на солнечную энергию на 2020 г., уменьшив его с уровня 121–152 ГВт до 108–143 ГВт [21], что, в свою очередь, может привести к первому году уменьшения количества солнечных мощностей.

Однако солнечная энергетика экономически конкурентоспособна, что прослеживается в большинстве стран мира, и по мере совершенствования новых технологий в перспективе будущее отрасли благоприятное, а это, в свою очередь, стимулирует спрос.

По результатам проведенного исследования есть основания полагать, что высокие темпы развития солнечной энергетики – самой перспективной отрасли возобновляемой энергетики — объясняются быстрым развитием технологий, предоставлением государственных и других преференций, ростом инвестиций. При этом развитие и удешевление технологий являются важными факторами успеха для расширения солнечной энергетики, которую характеризуют более низкие эксплуатационные затраты, причем по сравнению с традиционной углеводородной энергетикой стоимость киловатт-часа постоянно снижается, установленные суммарные мощности СЭС увеличиваются, а новые технологии позволяют конкурировать с традиционной энергетикой. Их использование позволит снизить себестоимость поставляемой энергии, сохранить полезные ископаемые, повысить экологическую безопасность страны.

Список литературы

1. *Гречухина И. А., Кудрявцева О. В., Яковлева Е. Ю.* Эффективность развития рынка возобновляемых источников энергии в России // Экономика региона. Т. 12. Вып. 4. С. 1167–1177, 2016.
2. Компания «Солар Систем» [Online]. URL: http://solarsystems.msk.ru (дата обращения: 01.09.2020).
3. Журнал «Региональная энергетика и энергосбережение» [Online]. URL: https://energy.s-kon.ru/bolee- 500-mvt-novoj-solnechnoj-generatsii-postroeno-v-rossii-v-2019-godu/. 2019 (дата обращения: 01.09.2020).

4. Министерство энергетики Российской Федерации [Online]. URL: https://minenergo.gov.ru (дата обращения: 01.09.2020).
5. Агентство инновационного развития республики Мордовия [Online]. URL: https://i-mordovia.ru/events/1046 (дата обращения: 01.09.2020).
6. Группа компаний «Хевел» [Online]. URL: https://www.hevelsolar. com/about/ (Доступ: сентябрь 1, 2020).
7. *Фюкс Р.* Зеленая революция. Экономический рост без ущерба для экологии. М.: Альпина нон-фикшн, 2016. 330 с.
8. *Порфирьев Б. Н.* Альтернативная энергетика как фактор снижения рисков и модернизации экономики // Проблемы теории и практики управления. 2013. № 6. С. 8–22.
9. *Казанов Е. В., Оздоев Р. Х.* Экономика и конкурентоспособность возобновляемой энергетики: реальность и перспективы // Микроэкономика. 2018. № 6 (83). С. 14–21.
10. The United Nations Environment Programme (UNEP). Resource efficienc [Online]. URL: https://www.unenvironment.org/explore-topics/resource-efficiency (дата обращения: 01.09.2020).
11. *Чибисова И. С.* Сравнительный анализ развития солнечной энергетики // Эпоха науки. 2020. № 21. С. 72–76.
12. *Гомонов К. Г., Сипакова П. О., Чапурная А. П.* Внедрение микрогенерации и энергосберегающих технологий в рамках концепции зеленой экономики: зарубежный опыт и Россия // Вестник РУДН. Серия: Экономика. 2019. № 3. С. 442–454.
13. *Байков К. С., Рындина К. Е.* Современное состояние российской экономики: задачи и перспективы // Перспективы развития российских компаний на рынке возобновляемых источников энергии: сборник материалов всероссийской студенческой конференции «Современное состояние российской экономики: задачи и перспективы» / под общ. ред. О. В. Карамовой, А. П. Буевич, С. В. Назаренко. М.: Финансовый университет, 2017. С. 252–255.
14. Прогноз развития энергетики мира и России 2019. Институт энергетических исследований Российской академии наук. Центр энергетики Московской школы управления «Сколково» [Online]. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/Skolkovo_EneC_Forecast_2019_Rus.pdf (дата обращения: 01.09.2020).
15. Ассоциация «НП Совет рынка» [Online]. URL: https://www.np-sr.ru/ru. [дата обращения: 01.09.2020].
16. Энергетика и промышленность России, октябрь 2019 [Online]. URL: https://www.eprussia.ru/news/base/2019/1645584.htm?sphrase_id=5370033 (дата обращения: 01.09.2020).
17. Исследование популярности солнечной энергетики среди российского бизнеса с 2014 по 2019 г. ООО «НеосанЭнерджиРус». URL: https://neosun.com/wp-content/uploads/2020/02/Russian-corporate-solar-market-research-2020.pdf. (дата обращения: 01.09.2020).
18. Энергетика и промышленность России. Март 2020. № 5 (385) [Online]. URL: https://www.eprussia.ru/epr/385/EPR_05(385).pdf (дата обращения: 01.09.2020).

19. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2024 года». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_ LAW_83805.
20. Энергетика и промышленность России. Декабрь 2019. № 23–24 (379-380) [Online]. URL: https://www.eprussia.ru/epr/379-380/6480891.htm) (дата обращения: 01.09.2020).
21. NS Energy [Online]. URL: https://www.nsenergybusiness.com (дата обращения: 01.09.2020).

2.3. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Шабалин А. Ю.[1]

В настоящее время в мире активно протекает процесс энергетического перехода от ископаемых источников энергии (нефти, газа, угля и т.д.) к энергии, основанной на возобновляемых источниках (солнце, ветер, вода, биомасса и т.д.). За период с 2000 по 2018 г. установленная мощность объектов возобновляемой энергетики выросла в 3 раза, объем генерируемой ими электроэнергии – более чем в 2 раза. Начиная с 2011 г. годовой прирост генерирующих мощностей на основе ВИЭ превышает прирост мощностей ископаемого топлива и ядерной энергетики[2]. По прогнозам Международного агентства по возобновляемой энергетике, к 2050 г. доля ВИЭ в конечном потреблении энергии сможет достичь 65%, если государства будут выполнять свои обязательства по декарбонизации экономики и удержанию среднегодовой температуры в пределах 1,5 градуса Цельсия. Также существует вариант достижения только 25% в случае, если страны будут предпринимать недостаточно мер[3]. Однако тенденция бурного роста ВИЭ в любом случае сохранится.

ВИЭ – ответ на многие вызовы энергетического рынка. Во-первых, уже сегодня в мире не хватает всего имеющегося предложения ископаемых ресурсов, чтобы удовлетворить целиком спрос на энергию. Спрос на энергию постоянно растет из-за продолжающихся в мире процессов индустриализации в развивающихся странах, увеличения сферы услуг в развитых странах, роста населения и повышающейся урбанизации. В 2018 г. рост первичного потребления энергии составил 2,9%, что является наибольшим показателем начиная с 2010 г.[4]

Во-вторых, неблагоприятная экологическая обстановка в мире заставляет человечество пересмотреть свои взгляды на экономическое раз-

---

[1] Из дипломной работы А. Ю. Шабалина «Перспективы использования возобновляемых источников энергии», подготовленной под научным руководством О. В. Кудрявцевой.

[2] Renewable 2019 Global Status Report. REN21. 2019.

[3] Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050. IRENA. 2018.

[4] BP Statistical Review of World Energy 2019. British Petroleum. 2019.

витие. Парижская конвенция по климату, принятая в 2015 г., саммиты ООН определяют необходимые меры, которые должны принимать государства и бизнес, чтобы снизить негативное влияние экономического роста на окружающую среду. Среди данных мер – переход к ВИЭ в энергетическом секторе как к безопасной и низкоуглеродной технологии. В совокупности с повышением энергоэффективности данный переход позволит сократить до 90% выбросов, связанных с энергетической отраслью, которая является одним из главных эмитентов CO_2[1].

В-третьих, так как старые месторождения ископаемых источников истощаются, компании вынуждены переключить добычу на новые месторождения, где она требует более высоких операционных затрат. В результате себестоимость добычи растет. Противоположная ситуация происходит на рынке ВИЭ. Средняя нормированная стоимость электроэнергии (LCOE) снизилась в 2018 г. для всех коммерчески реализуемых источников возобновляемой энергии из-за активно продолжающегося государственного стимулирования, увеличения конкуренции на рынке и появления новых технологий. В некоторых странах государство постепенно отходит от поддержки отрасли, так как генерация ВИЭ уже стала дешевле получения электроэнергии от традиционных источников. Например, Германия с 2021 г. отменяет feed-in тарифы (стимулирующие фиксированные тарифы, гарантирующие определенную компенсацию затрат) для ветроэнергетики с суммарной мощностью 4 ГВт[2].

В-четвертых, технологии ВИЭ активно используются в выполнении Цели № 7 концепции устойчивого развития «Обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех». В 2017 г. количество людей, живущих без доступа к электричеству, снизилось до 992 млн. Это 13% мирового населения. Еще в 2016 г. это число равнялось 14%, а в 2000 г. 1,7 млрд человек жили без электричества. Всего с 2011 по 2017 г. количество населения, получающего электроэнергию из автономных сетей ВИЭ, увеличилось от 20 млн до более 152 млн человек[3]. Преимущество ВИЭ в решении данной проблемы состоит в том, что «зеленые» станции могут быть расположены близко к месту проживания населения. Это позволяет избежать больших транспортных затрат, возникающих при перевозке органических источников от места добычи к местам проживания людей. Объекты генерации ВИЭ также не обладают большой мощностью, а значит, экономически целесообразны для районов с малой плотностью населения, где конструк-

---

[1] Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050. IRENA. 2018.

[2] *Карьгина Е.* Альтернативные амбиции: особый путь России к ВИЭ // Энергетическая политика. 2020.

[3] Renewable 2019 Global Status Report. REN21. 2019.

ция централизованной энергосети нерентабельна или вообще невозможна из-за природных условий.

В-пятых, развитие ВИЭ позволяет странам, не имеющим собственных запасов органического сырья и вынужденных импортировать его из-за рубежа, сократить импорт источников энергии. Это положительно влияет на экономику страны, так как страна развивает внутреннее предложение на отечественном энергетическом рынке, стимулирует привлечение капитала, создает новые рабочие места в энергетическом секторе. Сокращение импорта – это также важный политический фактор, так как страна-импортер освобождается от различных условий или определенного давления, оказываемого экспортером сырья, пользующимся тем, что энергия – это основополагающая часть функционирования любой экономики. Согласно позитивному сценарию Международного агентства по возобновляемой энергетике, развитие ВИЭ приведет к чистому приросту 11,6 млн новых рабочих мест к 2050 г. (увеличение на 19 млн в секторе ВИЭ, сокращение на 7,4 млн в традиционном секторе).

Россия, в отличие от остального мира, не выглядит вовлеченной в процесс энергетического перехода. От советского прошлого России досталась мощная гидроэнергетика, однако без нее структура возобновляемой энергии выглядит слаборазвитой. Доля ВИЭ (здесь и далее – без крупных ГЭС) в единой энергетической системе слабо менялась за последние годы, в совокупности не достигнув и 1%[1]. В 2018 г. только 0,2% конечного энергопотребления в России приходилось на долю ВИЭ, а к 2030 г., согласно Энергетической стратегии РФ, этот показатель должен составить 4,9%. Доля производства электроэнергии объектами ВИЭ в 2018 г. составила 0,24%. К 2024 г. этот показатель должен увеличиться до 4,5%. Его должны обеспечить планируемые 5,9 ГВт новой установленной мощности, из которых 1,5 ГВт и 0,9 ГВт – СЭС и МГЭС к 2020 г. соответственно, 3,5 ГВт – ВЭС к 2024 г. Уже сейчас можно заметить отставание фактических показателей развития ВИЭ от целевых значений (табл. 1).

Таблица 1

Анализ выполнения целевых показателей по объему ввода новой мощности генерирующих на основе энергии ветра и солнца объектов (в МВт)

Вид объекта		До 2014	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Итого
ВЭС	План.	-	-	51	50	200	400	500	1201
	Факт.	10	0	1	0	0	41	50	102
	% от плана	-	-	1,96	0	0	10,3	10	8,5

[1] По данным АО «СО ЕЭС».

Окончание табл. 1

Вид объекта		До 2014	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Итого
СЭС	План.	-	120	140	200	250	270	270	1250
	Факт.	1	4	56	15	199	260	529	1064
	% от плана	-	3,3	40	7,5	79,6	96,3	196	85,1

Источник: анализ автора согласно данным Международного агентства по ВИЭ и Распоряжению Правительства РФ от 28.07.2015 № 1472-р.

Однако, согласно данным департамента торговли АО «Администратор торговой системы оптового рынка электроэнергии», в ближайшие годы начнут осуществлять поставку мощности те проекты ВИЭ, которые выиграли конкурсный отбор. Это улучшит показатели. Если сравнивать плановые даты начала поставок мощности новых объектов и данные IRENA о ежегодной установленной мощности, можно заметить расхождение, возможно, связанное с несоблюдением сроков реального начала поставки мощности с зафиксированным в проектной декларации.

Таблица 2

Плановый ввод новых мощностей (в МВт) согласно результатам проведенных конкурсных отборов ВИЭ за 2013–2019 гг.

Год	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Итог	% от ЭС – 2035
ВЭС	-	51	50	90	200	509	640	738	530	498	71	3 377	94
СЭС	35	140	199	255	285	309	295	178	163	-	-	1 858	122
МГЭС	-	-	-	21	-	50	16	25	33	24	-	168	22

Источник: анализ автора по ежегодным отчетам АО «АТС» об отобранных проектах.

Таблица 2 показывает, что уже проведенные тендеры за 2013–2019 гг. позволяют говорить о перевыполнении цели по солнечной энергетике и почти полном выполнении цели по ветроэнергетике к 2024 г. при условии своевременного начала поставок мощности по проектам. По проектам малой гидроэнергетики существующие результаты покрывают план лишь на четверть. Тем не менее выполнение целевого значения установленной мощности не гарантирует генерации этими объектами электроэнергии, достаточной для достижения 4,5% доли ВИЭ в общем объеме.

Среди основных причин низкого развития ВИЭ в России можно выделить следующие:

1. Россия обладает одними из самых больших запасов ископаемых энергетических ресурсов в мире. Их добыча способна удовлетворить весь внутренний спрос на энергию, а также составляет основу для экспорта энер-

гетического сырья, который является главной доходной статьей бюджета РФ. По данным British Petroleum, Россия находится на 6-м месте в мире по подтвержденным запасам нефти (доля в 2018 г. – 6,1%), на 1-м месте по запасам газа (19,8%) и на 2-м месте по запасам угля (15,2%).

2. В России сложился масштабный топливно-энергетический комплекс, состоящий из объектов традиционной генерации. Эти объекты, в основном унаследованные от СССР, обладают низкой энергоэффективностью, однако уже давно окупились. Установка новых объектов ВИЭ требует значительных капитальных вложений, которые в среднем имеют больший срок окупаемости, чем другие виды инвестиций. Заемное финансирование в России практически недоступно для среднего и малого бизнеса из-за дороговизны, сложившейся по причине стагнации экономики и иностранных санкций. Заемный капитал в нашей стране стоит не менее 10%, тогда как в мире новые технологии в энергетике эффективны при стоимости в 3–5%[1]. Ставится вопрос о целесообразности подключения объектов ВИЭ к централизованной энергетической сети, в которой весь спрос удовлетворяет старая традиционная инфраструктура.

3. В России одна из самых низких себестоимостей генерации традиционной энергии. Самым дешевым источником энергии является газ, стоимость его генерации более чем в 2 раза меньше стоимости генерации МГЭС и ВЭС, которые, в свою очередь, являются самыми дешевыми среди ВИЭ. Генерация на ВИЭ в России минимум в 2 раза дороже за единицу кВт·ч, чем в среднем по миру[2]. Такое расхождение отечественных значений с мировыми связано с тем, что российский рынок ВИЭ начал формироваться гораздо позже. Слабая конкуренция и недостаточная вовлеченность государства не позволяют создать условия для снижения стоимости генерации возобновляемой энергии, равной по величине общемировому снижению.

Гидроэлектростанции используют энергию воды для ее дальнейшего преобразования в электричество. В зависимости от мощности гидроэлектростанции обычно разделяют на шесть категорий, представленные в табл. 3.

Таблица 3

Виды ГЭС в зависимости от установленной мощности

Вид ГЭС	Мощность
Пико-	До 5 кВт
Микро-	5 кВт – 100 кВт

[1] Прогноз развития энергетики России и мира. Сколково и ИНЭИ РАН, 2019.

[2] Remap 2030 Renewable Energy Prospects for The Russian Federation. IRENA, 2017.

Окончание табл. 3

Вид ГЭС	Мощность
Мини-	100 кВт – 1 МВт
Малая	1 МВт – 10 МВт
Средняя	10 МВт – 100 МВт
Крупная	От 100 МВт

Источник: составлено автором по данным компании Renewable First.

Однако на практике часто встречается разделение гидроэлектростанций только на крупные, которые требуют строительства плотины, на малые, которые могут генерировать электроэнергию в больших объемах, при этом не требуя во время строительства никаких преобразующих ландшафт реки мероприятий, и на микростанции, которые устанавливаются отдельными домохозяйствами для собственных нужд. Так как строительство крупных ГЭС ведет к деформации русла реки, затоплению близлежащих территорий, нарушению экосистемы реки и требует проведения компенсационных и природоохранных мероприятий, «зеленой» энергией считается только энергия, генерируемая малыми ГЭС, и именно их развитие стимулируется государством. Поэтому для целей поддержки страны законодательно определяют верхние границы по мощности для МГЭС. Так, в США к ним относят станции с мощностью не более 30 МВт, в Китае – 50 МВт, в Индии – 25 МВт[1]. В России программа поддержки ВИЭ определяет МГЭС как электростанцию с мощностью от 5 МВт до 25 МВт.

В России отрасль возобновляемых источников энергетики на 99% представлена гидроэнергетикой. Самой крупной компанией на рынке гидроэнергетики России является ПАО «РусГидро». Ей принадлежат около 31 ГВт мощности ГЭС[2]. Это приблизительно 62% от совокупной мощности гидроэнергетики России. Остальная доля распределена между ООО «ЕвроСибЭнерго» (15 ГВт), ООО «Газпром энергохолдинг» (3 ГВт), АО «Татэнерго» (1,2 ГВт), ПАО «Интер РАО» (212 МВт) и ПАО «Норд Гидро» (58 МВт)[3].

МГЭС занимают менее 1% от установленной мощности гидрогенераторов в России. По состоянию на 2019 г. в России функционируют 139 МГЭС с суммарной мощностью 826 МВт, 12 МГЭС с суммарной мощно-

[1] *Gina S. Warren*. Small Hydropower, Big Potential: Considerations for Responsible Global Development // Idaho Law Review. Vol. 53, Number 1. Article 4. 2017.

[2] Данные компании «РусГидро» с учетом филиалов.

[3] По данным компаний (с учетом филиалов) и ассоциации «Гидроэнергетика России».

стью 170 МВт находится на реконструкции[1]. Количество выработанного электричества на протяжении нескольких лет колеблется около 1,1 млрд кВт·ч, коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) станций в среднем равняется 46%[2]. По данным Ассоциации «НП Совет рынка», 48 915 тыс. кВт/ч электроэнергии из общей суммы генерации подтверждены «зелеными» сертификатами.

Помимо того, что установка МГЭС сопровождается минимальной площадью затопления и застройки, данные станции способствуют комплексному использованию природных ресурсов, так как сохраняют изначальное качество воды. Вода впоследствии может использоваться для мелиорации, для промышленных и коммунальных нужд. Малая гидроэнергетика способствует развитию рыбного хозяйства, туризма, водного транспорта[3]. Еще одно преимущество МГЭС – возможность дислокации не только в реках, но и на любых других водных путях (в водоканалах, шлюзах, трубах)[4]. МГЭС обладают большим постоянством в поступлении энергии, чем другие ВИЭ. Среди потенциальных угроз лишь обмеление или обледенение реки – процессы, вероятность которых просчитывается еще на стадии проектировки станции.

В России малая гидроэнергетика является несколько недооцененным и перспективным направлением по нескольким причинам.

Во-первых, экономически оправданный потенциал гидроэнергетики малых рек России достигает 205 млрд кВт/ч в год (без учета Республики Крым)[5]. Большая часть потенциала (76%) расположена в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. Данные округа по большей части состоят из изолированных районов – небольших энергетических систем, удаленных от топливной сети и/или находящихся в труднодоступной местности. Получаемое электричество на данных территориях вырабатывается главным образом на привозном дизельном топливе или местных ресурсах (торф, древесина и др.)[6]. Себестоимость электроэнергии может достигать 600 руб. за кВт/ч из-за высоких транспортных издержек (до 80% в конечной стоимости электроэнергии), включающих несовершенство инфраструктуры и расходы на ее поддержание. Тариф, формируемый рынком на основе данной стоимости генерации, получа-

---

[1] The World Small Hydropower Development Report 2019. UNIDO, ICSHP, 2019.

[2] Remap 2030 Renewable Energy Prospects For The Russian Federation. IRENA, 2017.

[3] 2019 Hydropower Status Report. International Hydropower Association (IHA), 2019.

[4] An assessment of energy potential at non-powered dams in the United States. U. S. Dept of Energy, 2012.

[5] *Безруких П. П.* Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива. М.: ИАЦ Энергия, 2007.

[6] Remap 2030: Renewable energy prospects for the Russian Federation. IRENA, 2017.

ется слишком дорогим для потребителей. Кроме того, тариф не учитывает огромный экологический ущерб, наносимый окружающей среде на протяжении всего жизненного цикла использования энергии, включающего добычу, транспортировку и сжигание. Чтобы сделать электричество доступным, регионы осуществляют регулируемое ценообразование, а разницу между фактическим и рыночным тарифами вынуждены субсидировать из региональных бюджетов, значительную часть расходов которых составляет данная статья. Малая плотность населения и тяжелые природные условия делают подключение данных районов к единой энергетической сети России экономически не оправданным. С другой стороны, высокое сосредоточение ресурсного потенциала и такие характеристики МГЭС, как близость источника энергии к потребителю, малая мощность и одна из самых низких эмиссий CO_2 среди всех видов энергии[1], позволяют говорить о целесообразности развития малой гидроэнергетики на данных территориях. По некоторым оценкам, себестоимость генерации на основе ВИЭ здесь колеблется от 1,2 до 24,85 руб. за кВт/ч[2].

Во-вторых, в России существует промышленный потенциал для увеличения использования МГЭС. Требования по локализации оборудования для МГЭС из государственной программы поддержки ВИЭ и предшествовавший опыт советской малой гидроэнергетики поспособствовали развитию отечественного производства гидроагрегатов. Специализирующиеся в данном направлении заводы работают в Санкт-Петербурге, Москве, Новосибирске и т.д.[3] В стране есть достаточно большая и развитая гидроэнергетическая отрасль. Компании «РусГидро» и «Норд Гидро» имеют собственные программы по развитию МГЭС в России или по восстановлению заброшенных станций.

Рассмотрим теперь перспективы развития малой гидроэнергетики согласно Сценарным условиям развития электроэнергетики на период до 2030 г., составленным Министерством энергетики РФ совместно с Агентством по прогнозированию балансов в электроэнергетике.

---

[1] 2019 Hydropower Status Report. International Hydropower Association (IHA), 2019.

[2] *Баринова В. А., Ланьшина Т. А.* Особенности развития возобновляемых источников энергии в России и в мире // Российское предпринимательство. 2016. Т. 17. № 2. С. 259–270.

[3] *Ясинский В. А., Мироненков А. П., Сарсембеков Т. Т.* Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики в странах СНГ. Отраслевой обзор № 14. Евразийский банк развития, 2011.

Таблица 4

Базовый прогноз развития МГЭС к 2030 г. в России

Территория	Новая мощность, ГВт	Генерация, млрд кВт/ч	КИУМ, %
ОЭС Северо-Запада	0,1	0,6	68,49
ОЭС Центра	0,05	0,22	50,23
ОЭС Юга	0,51	3,09	69,16
ОЭС Урала	0,29	1,11	43,69
ОЭС Сибири	0,52	2,53	55,54
ОЭС Востока	0,25	0,7	31,96
ЕЭС России	1,72	8,25	54,75

Источник: анализ автора на основе Сценарных условий развития электроэнергетики на период до 2030 года Министерства энергетики РФ.

В табл. 4 отсутствует ОЭС Средней Волги, так как на данной территории установка МГЭС не была предусмотрена Министерством энергетики РФ. Всего на территории ЕЭС России рекомендовано к установке 1,72 ГВт мощности малой гидроэнергетики к 2030 г. Годовая генерация составит 8,25 млрд кВт/ч. Коэффициент использования установленной мощности показывает эффективность работы электростанции и равен частному годовой генерации и произведения установленной мощности на число календарных часов в году (8760). Средний по ЕЭС КИУМ новых объектов составит 54,75% к 2030 г. Это на 8,75 п.п. выше показателя 2016 г. Наиболее эффективно МГЭС будут функционировать на Юго-Западе России, наименее – в ОЭС Востока. Большой разброс в показателе (37 п.п.) объясняется климатическими условиями: сильные заморозки в Сибири не позволяют станциям равномерно работать круглый год.

Таблица 5

Прирост в освоении экономического потенциала МГЭС к 2030 г. в структуре ЕЭС

ОЭС	Северо-Запад	Центр	Юг	Средняя Волга	Урал	Сибирь	Восток	ЕЭС
Потенциал, млрд кВт/ч	8,09	2,37	10,3	2,9	26,53	74,8	57,5	182,49
% освоения потенциала	7,42	9,28	30,00	0,00	4,18	3,38	1,22	4,52

Источник: анализ автора на основе региональных данных о потенциале МГЭС и внутреннем составе объединенных энергостистем.

Приведенная табл. 5 показывает планируемый прирост в освоении экономического потенциала МГЭС к 2030 г. В России экономический

потенциал МГЭС освоен на 0,5%. Новая мощность позволит увеличить освоение потенциала малой гидроэнергетики ЕЭС России на 4,5%. Наибольшее развитие получит южная энергосистема, прирост использования потенциала в которой составит 30%.

Развитие малой гидроэнергетики, как и других ВИЭ, приводит к появлению положительных экономических эффектов, среди которых замещение традиционного топлива, улучшение экологической ситуации, мультипликативный эффект в смежных отраслях, снижение стоимости малой гидрогенерации электроэнергии, появление новых рабочих мест, поступление дополнительных налоговых сборов. В данном параграфе будут количественно оценены некоторые их этих эффектов. Оценка будет произведена по методологии, использованной в статье Гречухиной, Кудрявцевой и Яковлевой (2016).

*Замещение ископаемого топлива***.** Новые МГЭС позволят отказаться от увеличения использования традиционной энергетики на величину прогнозируемого прироста генерации новых гидростанций. Рыночная стоимость сэкономленного топлива тепловых станций, выработка которых замещается новыми мощностями МГЭС, будет равна выручке генераторов МГЭС в силу особенностей ценообразования на российском рынке электроэнергии (в данном случае рассматривается рынок на сутки вперед). РСВ предполагает конкурентный отбор ценовых заявок, в первую очередь принимая заявки с наиболее низкой ценой электроэнергии и в последнюю очередь – с наиболее высокой. Конечная цена для потребителя формируется на уровне последней отобранной заявки, которой чаще всего является ТЭС с наибольшим значением маржинальных затрат[1].

Для оценки экономии топлива берутся прогнозируемые на 2030 г. цены на электроэнергию в каждой ОЭС (табл. 6).

Таблица 6

Прогноз распределения цен на электроэнергию к 2030 г. по ОЭС

ОЭС	Северо-Запад	Центр	Юг	Средняя Волга	Урал	Сибирь	Восток
Прогноз цен, руб/кВт·ч	3,312	3,451	3,642	3,254	3,054	1,21	1,61

Источник: Сценарные прогнозы развития электроэнергетики на период до 2030 года. Минэнерго РФ, Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике. М., 2011.

Перемножая прогнозируемую генерацию электроэнергии на ее цену в каждой ОЭС, получим суммарную экономию от замещения ископае-

[1] *Гречухина И. А., Кудрявцева О. В., Яковлева Е. Ю.* Эффективность развития рынка возобновляемых источников энергии в России // Экономика региона. 2016. Т. 12, вып. 4. С. 1167–1177.

мого топлива в размере 21,58 млрд руб. Наибольшая экономия придется на энергосистему Юга – 11,25 млрд руб.

Сокращение выбросов парниковых газов. Увеличение мощности ВИЭ, замещающей потенциальное увеличение традиционной энергии, способствует улучшению экологической ситуации и, в частности, снижению эмиссии CO_2. Согласно данным, 1 МВт·ч выработки электроэнергии из возобновляемых источников вместо аналогичной выработки электроэнергии из органических источников сокращает выбросы углекислого газа на 0,456 т[1]. Тогда совокупное сокращение выбросов от развития МГЭС к 2030 г. составит 8,25 млрд кВт·ч · 0,456 т/МВт·ч = 3,762 млн т. Чтобы дать стоимостную оценку сокращения выбросов, нужно знать среднюю выплату, устанавливаемую за каждую тонну эмиссии CO_2. Опираясь на прогноз аналитического агентства Carbon tracker Initiative, видим, что средняя стоимость 1 т CO_2 на европейском рынке к 2030 г. достигнет 55 евро[2]. Тогда суммарная экономия на выплатах составит 3,762 млн т · 55 евро = 206,91 млн евро. Чтобы перевести это значение в рублевый эквивалент, сделаем следующее предположение. По прогнозу Министерства финансов РФ, курс доллара к рублю к 2030 г. составит 71,5 руб. за один американский доллар[3]. Среднегодовой курс доллара в 2019 г. составил 64,61 руб., по данным Центрального банка РФ, т.е. прогнозируемое падение нашей валюты к 2030 г. составит 10,65%. Среднегодовой курс евро в 2019 г. – 72,32 руб. по данным ЦБ. Если учитывать схожую волатильность американского доллара и евро, можно предположить, что курс евро к 2030 г. достигнет 72,32 руб. · 110,65% = 80,02 руб. Опираясь на данную величину, посчитаем экономию от снижения эмиссии ПГ в рублях. Она составит 16,56 млрд руб.

Увеличение экспортных таможенных пошлин. Традиционное топливо, не пошедшее на генерацию электроэнергии, может быть экспортировано в другие страны. Поскольку наибольшую долю в энергобалансе РФ занимают ТЭС[4], в которых природный газ – самый распространенный вид топлива[5], можно предположить, что именно он будет направлен на экспорт. Принимая КПД газовых установок равным 45% и среднеотраслевые рас-

---

[1] *Гречухина И. А., Кудрявцева О. В., Яковлева Е. Ю.* Эффективность развития рынка возобновляемых источников энергии в России // Экономика региона. 2016. Т. 12, вып. 4. С. 1167–1177.

[2] EU carbon prices could double by 2021 and quadruple by 2030, 26.04.2018.

[3] Бюджетный прогноз Российской Федерации на период до 2036 года. Министерство финансов РФ. М., 2019.

[4] По данным Минэнерго РФ за 2020 г.

[5] *Веселов Ф. В.* и др. Комплексная оценка эффективных масштабов обновления тепловых электростанций при обосновании рациональной структуры генерирующих мощностей на перспективу до 2035 г. // Теплоэнергетика. 2017. № 3. С. 5–14.

ходы газа на производство электроэнергии равными 94,304 куб. м /МВт·ч[1], можно посчитать, что на производство 8,25 млрд кВт/ч электроэнергии к 2030 г. будет тратиться: 8,25 млрд кВт/ч · 94,304 куб. м/МВт·ч : 45% = 1,73 млрд куб. м. По данным Всемирного банка, цена на газ в Европе в 2030 г. составит 258,72 долл. за 1 тыс. куб. м[2]. Тогда стоимостная оценка дополнительного экспорта в 2030 г. при прогнозируемом курсе доллара 71,5 руб. будет равна 1,73 млрд куб. м · 258,72 USD/тыс. куб. м · 71,5 руб. = 31,98 млрд руб. При условии неизменной ставки экспортной пошлины в 30%[3] получим дополнительные поступления в бюджет от экспорта в размере 31,98 млрд руб. · 30% = 9,59 млрд руб.

Налог на прибыль организаций. Расчет дополнительной величины фискальных доходов от налога на прибыль производится, исходя из действующей налоговой ставки и доходности проектов ВИЭ. Согласно главе 25 Налогового кодекса РФ ставка налога на прибыль равна 20%. Договор поставки мощности ВИЭ предполагает 12%-ную доходность инвестора. Тогда суммарную величину собранного налога на прибыль, полученную благодаря функционированию новых МГЭС, в 2030 г. можно рассчитать, суммируя попарные произведения генерации и цены на э/э для каждой ОЭС и затем умножая эту сумму на ставку доходности и ставку налога. Таким образом, дополнительные поступления в бюджет по налогу на прибыль составят 0,52 млрд руб.

Налог на доходы физических лиц. Развитие малой гидроэнергетики ведет к росту числа занятых. По данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии, в России в 2018 г. в секторе гидроэнергии было задействовано 71 897 сотрудников при суммарной установленной мощности гидроэлектростанций 53 935 МВт. Исходя из этих цифр, можно предположить, что на каждый МВт мощности приходится 0,75 работника. Тогда новые 1,72 ГВт мощности создадут около 1290 рабочих мест, из которых наибольшая часть придется на территории ОЭС Сибири и Юга, т.е. на регионы Сибирского, Южного, Северо-Кавказского федеральных округов и Забайкальского края (табл. 7).

Согласно главе 23 НК РФ, ставка подоходного налога составляет 13%. По данным Росстата, средняя начисленная годовая заработная плата работника сферы обеспечения электрической энергией в 2018 г. составляла 47 482 руб. · 12 месяцев = 569 784 руб. Эта сумма помимо ежемесяч-

---

[1] *Гречухина И. А., Кудрявцева О. В., Яковлева Е. Ю.* Эффективность развития рынка возобновляемых источников энергии в России // Экономика региона. 2016. Т. 12, вып. 4. С. 1167–1177.

[2] World Bank Commodities Price Forecast, 2020.

[3] Постановление Правительства Российской Федерации от 21.07.2012 № 756 «Об утверждении ставок вывозных таможенных пошлин на товары...».

ной заработной платы включает различные компенсационные выплаты, премии и другие надбавки. Чтобы посчитать НДФЛ с одного работника, нужно 569 784 руб. · 13% : 87% = 85 140 руб. Суммарные поступления в бюджет составят 85 140 руб. · 1290 = 0,11 млрд руб.

Таблица 7

Прирост числа занятых по территориям ОЭС России

ОЭС России	Северо-Запад	Центр	Юг	Урал	Сибирь	Восток	ЕЭС России
Занятые, чел.	75	38	383	218	390	188	1290

Источник: анализ автора.

Водный налог. Так как основная часть МГЭС расположена на воде, они занимают незначительную часть земли. Вследствие этого расчет налога на землю затруднен. Актуальным для малой гидроэнергетики налогом является плата за использование водных ресурсов в целях генерирования электрической энергии. Ставки водного налога по использованию водных ресурсов из каждого природного объекта нашей страны определены в главе 25.2 НК РФ (табл. 8).

Таблица 8

Распределение бассейнов рек и ставок налога по ОЭС России

ОЭС	Северо-Запад	Центр	Юг	Урал	Сибирь	Восток
Водные бассейны	Нева, Неман, Северная Двина, бассейны Ладожского и Онежского озер, озера Ильмень, Балтийского, Белого и Баренцева моря	Северная Двина, Волга, Дон, прочие реки и озера	Волга, Дон, Кубань, Сулак, Терек, прочие реки и озера	Волга, Обь, Урал, прочие реки и озера	Енисей, Лена, Обь, Ангара, бассейн оз. Байкал, прочие реки и озера	Амур, Лена, прочие реки и озера
Средняя ставка водного налога, руб/кВт·ч	8,85	8,28	7,8	8,87	11,5	9,18

Источник: анализ автора.

Из-за климатических условий дешевле всего водные ресурсы южной энергосистемы, дороже всего – энергосистемы Сибири. Суммируя попарные произведения прогнозируемых объемов генерации МГЭС в 2030 г. и рассчитанную ставку водного налога для каждой ОЭС, полу-

чим 76,6 млн руб., идущих в бюджет РФ в результате развития малой гидроэнергетики (табл. 9).

Таблица 9

Итоговая оценка основных экономических эффектов развития МГЭС к 2030 г. (в млн руб.)

Территория	Замещение углеводородов	Снижение эмиссии ПГ	Экспортные пошлины за газ	Налог на прибыль	НДФЛ	Водный налог	Итого
ОЭС Северо-Запада	1 987	1 204	698	48	6	5	*3 949*
ОЭС Центра	759	442	256	18	3	2	*1 480*
ОЭС Юга	11 254	6 201	3 594	270	33	24	*21 376*
ОЭС Урала	3 390	2 228	1 291	81	19	10	*7 018*
ОЭС Сибири	3 061	5 077	2 942	73	33	29	*11 217*
ОЭС Востока России	1 127	1 405	814	27	16	6	*3 395*
ЕЭС России	*21 578*	*16 557*	*9 595*	*518*	*110*	*77*	*48 434*

Источник: анализ автора.

Таким образом, денежная оценка положительных макроэкономических эффектов от планируемого развития малой гидроэнергетики в России к 2030 г. составляет около 48 млрд руб. На основе средневзвешенных капитальных затрат на установку МГЭС по всем принятым проектам по ДПМ ВИЭ за 2013–2019 гг. (167 368 руб. на 1 кВт) было подсчитано, что сценарий потребует суммарных инвестиций 287 млрд руб. за период до 2030 г. Это больше, чем подсчитанный положительный макроэкономический эффект (48 млрд руб.). Однако для качественного сравнения следует принять во внимание следующие факторы проведенного анализа:

- оценка макроэкономических эффектов занижена, так как не учитывает положительных эффектов, не поддающихся количественной оценке;
- не были подсчитаны доходы от развития МГЭС на микроуровне;
- ежегодно в нефтегазовую отрасль РФ государство инвестирует около 1 трлн руб. в виде льготного снижения налоговых ставок, субсидирования научных исследований и геологических мероприятий, финансового участия в строительстве новых объектов. При текущих мировых тенденциях такое распределение бюджетных средств выглядит спорно.

Таблица 10

Распределение дополнительных фискальных доходов от развития МГЭС к 2030 г. по структуре бюджета РФ

Уровни бюджета РФ	Оценка, млн руб.
Федеральный	9 682
Субъектов Северо-Западного ФО	53
Субъектов Центрального ФО	21
Субъектов Южного ФО и Северо-Кавказского ФО	297
Субъектов Уральского ФО и Приволжского ФО	98
Субъектов Сибирского ФО	105
Субъектов Дальневосточного ФО	42

Источник: анализ автора.

Приведенная выше табл. 10 показывает распределение планируемых дополнительных фискальных доходов от развития МГЭС к 2030 г. Дополнительные фискальные доходы в бюджет РФ в данной работе представлены экспортной таможенной пошлиной на газ, налогом на прибыль, налогом на доходы физических лиц и водным налогом. Пошлина и водный налог по российскому законодательству полностью уплачиваются в федеральный бюджет, НДФЛ поступает в региональные и местные бюджеты субъектов РФ. Выплаты по налогу на прибыль распределяются в следующей пропорции: 98% идут в региональные бюджеты, 2% — в федеральный бюджет. На основе данных расчетов было определено, что большая часть налоговых доходов пополнит федеральный бюджет (9,7 млрд руб.).

Итак, исходя из исторического развития и обладания масштабными водными ресурсами, Россия является одним из лидеров в области гидроэнергетики, занимая 5-е место в мире по объему гидрогенерации; при этом 99% этой генерации обеспечивают крупные ГЭС, большинство из которых были построены еще в советские времена. Электричество, получаемое на основе гидроэнергетики, является самым дешевым по себестоимости среди всех источников энергии в мире и в России. Малая гидроэнергетика используется лишь на 0,5% от своего экономического потенциала. Однако именно малая гидроэнергетика из-за того, что не изменяет экосистему реки и сохраняет качество воды на прежнем уровне (в отличие от крупных ГЭС), считается «зеленой» и вместе с энергией ветра и солнца является одним самых перспективных направлений генерации электроэнергии в будущем.

Количественная и качественная оценка перспектив развития малых ГЭС к 2030 г., согласно сценарию Министерства энергетики РФ, показала

экономическую и экологическую целесообразность реализации энергии малых рек в России. Новая мощность позволит увеличить использование экономического потенциала малых рек на 4,52% и трудоустроит около 1290 человек. Благоприятные климатические условия позволят наиболее эффективно (КИУМ составил 69%) использовать новые мощности МГЭС на Юго-Западе России – в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах.

Проведенный анализ подтверждает ведущую роль государства в развитии ВИЭ. На государственную политику поддержки ВИЭ накладывается задача в справедливом перераспределении данной величины экономических эффектов между всеми участниками рынка, так как на данном этапе развития производители электроэнергии и мощности и выгодоприобретатели – это разные стороны. Производители несут затраты на строительство и эксплуатацию объектов генерации ВИЭ, а основные выгоды от этого получают смежные отрасли энергетики и промышленности, население, государство.

Список литературы

1. *Баринова В. А., Ланьшина Т. А.* Особенности развития возобновляемых источников энергии в России и в мире // Российское предпринимательство. 2016. Т. 17. № 2. С. 259– 270.
2. *Безруких П. П.* Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива. М.: ИАЦ Энергия, 2007.
3. Бюджетный прогноз Российской Федерации на период до 2036 года. Министерство финансов РФ. М., 2019.
4. *Веселов Ф. В.* и др. Комплексная оценка эффективных масштабов обновления тепловых электростанций при обосновании рациональной структуры генерирующих мощностей на перспективу до 2035 г. // Теплоэнергетика. 2017. № 3. С. 5–14.
5. *Гречухина И. А., Кудрявцева О. В., Яковлева Е. Ю.* Эффективность развития рынка возобновляемых источников энергии в России // Экономика региона. 2016. Т. 12, вып. 4. С. 1167–1177.
6. *Карьгина Е.* Альтернативные амбиции: особый путь России к ВИЭ // Общественно-деловой научный журнал «Энергетическая политика». 2020.
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.07.2012 г. № 756 «Об утверждении ставок вывозных таможенных пошлин на товары...».
8. Прогноз развития энергетики России и мира — 2019. Институт энергетических исследований РАН, Центр энергетики «Сколково», 2019.
9. Сценарные условия развития электроэнергетики на период до 2030 года. Министерство энергетики Российской Федерации, Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике. М., 2011.
10. *Шишова О. П.* Проблемы и возможности гидроэнергетики России // Актуальные проблемы науки и техники. 2018. С. 508–509.

11. *Ясинский В. А., Мироненков А. П., Сарсембеков Т. Т.* Современное состояние и перспективы развития малой гидроэнергетики в странах СНГ. Отраслевой обзор № 14. Евразийский банк развития, 2011.
12. 2019 Hydropower Status Report. International Hydropower Association (IHA), 2019. An assessment of energy potential at non-powered dams in the United States. U. S. Dept of Energy, 2012.
13. BP Statistical Review of World Energy 2019. British Petroleum, 2019.
14. *Gina S.* Warren. Small Hydropower, Big Potential: Considerations for Responsible Global Development // Idaho Law Review. 2017. Vol. 53, Number 1. Article 4.
15. Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050. IRENA, 2018.
16. Remap 2030 Renewable Energy Prospects For The Russian Federation. IRENA, 2017.
17. Renewable 2019 Global Status Report. REN21, 2019.
18. The World Small Hydropower Development Report 2019. United Nation Industrial Development organization (UNIDO), International Center on Small Hydro Power (ICSHP), 2019.
19. World Bank Commodities Price Forecast, 2020.

2.4. ПРИОРИТЕТЫ НИЗКОУГЛЕРОДНОГО РАЗВИТИЯ ДЛЯ КИТАЯ

Бобылев С. Н., Барабошкина А. В., Zhu Хиап[1]

Введение

Приоритеты низкоуглеродного развития в течение последних десяти лет все чаще рассматриваются в научных исследованиях, международных документах, национальных программах. Данная концепция поддержана всеми странами мира в итоговых документах глобальных конференций ООН: Парижском соглашении по климату (2015 г.)[2] и Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 года (2015 г.)[3]. Анализ документов позволяет выделить основные черты, определяющие переход к низкоуглеродным трендам: минимизацию выбросов парниковых газов, негативно воздействующих на климатическую систему; абсолютное и относительное сокращение в энергетическом балансе потребления традиционных ископаемых углеводородов (уголь, нефть, газ); переход на низкоуглеродные и безуглеродные виды топлива и источники энергии, предусматривающий приоритетный рост возобновляемых источников энергии (ВИЭ) (ветровая, солнечная, геотермальная, биотопливо и др.). Процессы перехода к низкоуглеродному развитию часто определяют термином «декарбонизация». В основе такого перехода лежит формирование низкоуглеродной модели экономики.

Сама проблема климатических изменений, вклада в них антропогенного фактора до сих пор остается дискуссионной, в частности в нашей стране в академических кругах. Подавляющее большинство климатологов в мире, международных организаций, правительств развитых стран признают решающий характер воздействия человеческой деятельности на кли-

---

[1] Опубликовано в: *Бобылев С. Н., Барабошкина А. В., Джу Сюан.* Приоритеты низкоуглеродного развития для Китая // Государственное управление. Электронный вестник (Электронный журнал). 2020. № 82. С. 114–139.

[2] Paris Agreement // United Nations [Электронный ресурс]. URL: https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf (дата обращения: 17.07.2020).

[3] Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development // United Nations [Электронный ресурс]. URL: https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication (дата обращения: 17.07.2020).

матические изменения и соответственно необходимость радикального изменения модели экономического развития. Исследование экономико-климатических процессов все более явно становится мейнстримом в мировой экономической науке. Это можно проследить на примере трудов ведущих экономистов мира. Так, Нобелевскую премию по экономическим наукам 2018 г. присудили У. Нордхаусу. Он разработал в начале 1990-х гг. первую динамическую комплексную экономико-климатическую модель, которая позволяет производить количественную оценку долгосрочных перспектив развития мировой экономики с учетом растущего влияния фактора климатических изменений[1]. Ряд ведущих российских ученых, занимающихся данной проблематикой, также считают научно аргументированным заметный вклад техногенного фактора в глобальные изменения климата и не подвергают сомнению необходимость политики снижения климатических рисков социально-экономического развития [4; 8].

Отдельные аспекты низкоуглеродного развития Китая рассматриваются как зарубежными, так и российскими исследователями. Ряд зарубежных исследователей сосредоточились на климатической повестке и количественном анализе выбросов CO_2 в отраслевом разрезе [24; 15; 17; 19]. Много иностранных работ посвящено современному состоянию и будущему «зеленых» технологий в Китае [21; 23; 26], мерам государственного стимулирования возобновляемой энергетики и других низкоуглеродных инициатив [14; 18]. Особое внимание уделяется стратегиям «озеленения» китайских городов [20; 27]. Среди российских ученых следует выделить И. В. Ушакова, который дал наиболее полную оценку состояния окружающей среды в Китае и проследил эволюцию экологической политики страны [10; 12]. С. Б. Макеева рассмотрела существующие теоретико-методологические основы устойчивого развития Китая в социологическом, экологическом, экономическом и системном направлениях и выявила, что особую значимость концепция устойчивого развития получила в результате роста диспропорциональных явлений в пространственной организации китайской экономики и ухудшения экологической ситуации в стране [7]. Анализу изменений в топливно-энергетическом комплексе и развитию «зеленой» энергетики в Китае посвящены работы В. И. Салыгина и соавторов [9], А. А. Авраменко и А. Р. Байгускаровой [1], Р. А. Епихиной [5].

Всемирный экономический форум в Давосе (Швейцария), представляющий экономико-политическую элиту мира, в 2020 г. в своем «Докладе о глобальных рисках 2020 г.» поставил неблагоприятные погодно-климатические явления, вызванные климатическими изменениями, на первые

[1] Press release: The Prize in Economic Sciences 2018// The Nobel Prize [Электронный ресурс]. URL: https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2018/press-release/ (дата обращения: 17.07.2020).

три места среди глобальных рисков для человечества: экстремальные погодные явления, провал климатических действий, природные катастрофы[1]. Повышение средней температуры на Земле главным образом объясняется стремительным ростом концентрации парниковых газов в атмосфере, основным из которых является углекислый газ. В настоящее время концентрация CO_2 в атмосфере превышает 400 частей на миллион и является самой высокой за последние 800 тыс. лет[2]. Общий экономический ущерб только от изменения климата оценивается в 1,2 трлн долл. в год, или в 1,6% мирового ВВП. К 2030 г. эта цифра может возрасти до 3,2% мирового ВВП, а в беднейших и наиболее уязвимых странах — до 11% их ВВП [13. С. 12].

Дополнительным импульсом для глобального перехода к низкоуглеродному развитию стало принятие Парижского соглашения на 21-й сессии Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата в 2015 г. В соответствии с Парижским соглашением страны договорились сократить выбросы парниковых газов, чтобы удержать прирост глобальной средней температуры намного ниже 2°С сверх доиндустриальных уровней и приложить усилия для ограничения роста температуры до 1,5 °С сверх доиндустриальных уровней[3]. В 2015 г. в рамках Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 г. государствами — членами ООН были приняты Цели в области устойчивого развития (ЦУР) (Sustainable Development Goals), в частности ЦУР 7 «Недорогостоящая и чистая энергия»[4]. Одной из важных задач для достижения ЦУР 7 является значительное увеличение доли энергии из возобновляемых источников в мировом энергетическом балансе к 2030 г., что позволит существенно декарбонизировать энергетический сектор.

В мировой экономике в последние годы происходит своеобразная «углеродная революция», связанная с новыми экономическими приоритетами, механизмами и инструментами, изменением структур экономики и энергетического сектора, введением «углеродных» цен и т.д. Уже в ближайшем будущем ключевой характеристикой передовых экономик мира станет низкоуглеродность, связанная с минимальным воздействием

---

[1] Global Risk Report 2020 // World Economic Forum [Электронный ресурс]. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risk_Report_2020.pdf (дата обращения: 17.07.2020).

[2] Изменение климата (информационный бюллетень) // Росгидромет [Электронный ресурс]. URL: http://www.meteorf.ru/upload/iblock/054/Izmenenie_klimata_N72_AprMay_2018n.pdf (дата обращения: 17.07.2020).

[3] Paris Agreement // United Nations [Электронный ресурс]. URL: https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf (дата обращения: 17.07.2020).

[4] Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development // United Nations [Электронный ресурс]. URL: https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication (дата обращения: 17.07.2020).

на климатическую систему и высокой энергоэффективностью. Многие развитые страны, в том числе Европейское сообщество, ставят своей целью достижение углеродной нейтральности к 2040–2050 гг. По состоянию на 1 апреля 2020 г. Дания, Франция, Швеция, Великобритания и Новая Зеландия официально закрепили в национальных законодательствах цель по достижению нулевого выброса CO_2[1]. По этому пути идут и страны БРИКС, в частности в России был разработан проект Стратегии долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. (март 2020 г.)[2]. Это первый стратегический документ России с таким далеким горизонтом планирования [2. С. 51]. Китай принял «Национальный план Китая по реализации Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» (2016 г.)[3]. Среди опубликованных в последние годы китайским правительством документов также важно отметить «Трехлетний план действий — одержим победу в борьбе за голубое небо» (2018 г.)[4], согласно которому к концу 2020 г. качество воздуха в стране и уровень удовлетворенности им населения должны были значительно повыситься; «13-й пятилетний план развития энергетики» (2016 г.)[5] и «Стратегию революционных преобразований в области производства и потребления энергии (2016–2030 гг.)» (2016 г.)[6], согласно которым «энергетическая революция», подразумевающая существенное увеличение доли низкоуглеродных источников энергии в энергобалансе

---

[1] State and Trends of Carbon Pricing 2020 (May) // The World Bank [Электронный ресурс]. URL: https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33809/9781464815867.pdf?sequence=4&isAllowed=y (дата обращения: 18.07.2020).

[2] Стратегия долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (проект) // Минэкономразвития России [Электронный ресурс]. URL: https://economy.gov.ru/material/file/babacbb75d32d90e28d3298582d13a75/proekt_strategii.pdf (дата обращения: 18.07.2020).

[3] 中国落实 2030 年可持续发展议程国别方案 (Национальный план Китая по реализации Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года) // Министерство иностранных дел КНР [Электронный ресурс]. URL: https://www.fmprc.gov.cn/mfa_eng/zxxx_662805/W020161014332600450009.pdf (дата обращения: 18.07.2020).

[4] 打赢蓝天保卫战三年行动计划 (Трехлетний план действий – одержим победу в борьбе за голубое небо) // Центральное народное правительство КНР [Электронный ресурс]. URL: http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-07/03/content_5303158.htm (дата обращения: 18.07.2020).

[5] 能源发展十三五规划 (13-й пятилетний план развития энергетики) // Green Growth Knowledge Platform [Электронный ресурс]. URL: http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/policy-database/China%29%2013th%20Five-year%20Energy%20Development%20Plan.pdf (дата обращения: 18.07.2020).

[6] 能源生产和消费革命战略 (2016–2030) (Стратегия революционных преобразований в области производства и потребления энергии (2016–2030 гг.) // Центральное народное правительство КНР [Электронный ресурс]. URL: http://www.gov.cn/xinwen/2017-04/25/5230568/files/286514af354e41578c57ca38d5c4935b.pdf (дата обращения: 18.07.2020).

страны и рост энергоэффективности экономики, позволит Китаю осуществить переход от промышленной цивилизации к экологической.

Ведущие глобальные корпорации также заявили о целях по трансформации в углеродонейтральные и низкоуглеродные компании (Volvo, Bosch, BP, Volkswagen, Apple и др.). Все это означает, что в ближайшие десятилетия многие экономики мира будут обладать новой инновационной и технологической основой, важнейшей характеристикой которой будет минимальное воздействие на окружающую среду и климатическую систему. Возникает закономерный вопрос: кому из развитых стран лет через 20–30 будут нужны в больших объемах нефть и газ?

Для перехода к низкоуглеродному развитию для мира критически важной является политика Китая. Это обусловливается прежде всего лидирующим местом Китая в мире по выбросам парниковых газов. Фактически страна выбрасывает столько этих газов, сколько эмитируют следующие за ним по величине выбросов США, Европейский союз и Индия, вместе взятые. Российский выброс парниковых газов находится на 5-м месте в мире, и он меньше китайского в 8,4 раза. Китай заплатил высокую углеродную цену за гигантский экономический рост после 1990 г. — его эмиссия увеличилась в 3,5 раза (рис. 1). Поэтому от того, по какому пути пойдет Китай, во многом зависит и углеродная траектория развития мира.

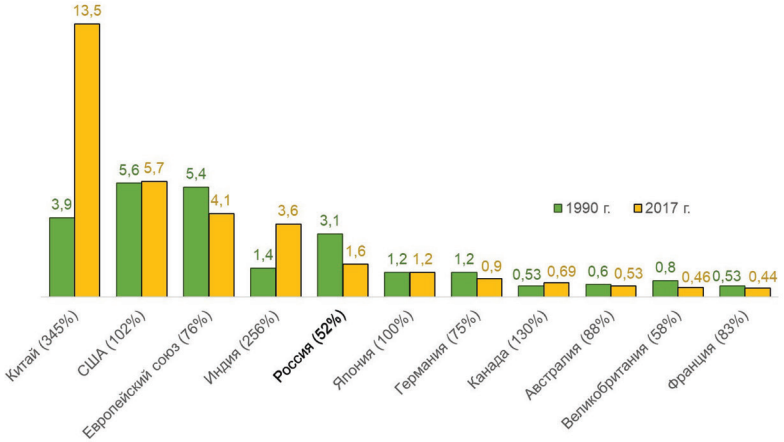


Рис. 1. Объемы выбросов парниковых газов по крупнейшим странам-эмитентам в 1990 и 2017 гг. (в млрд т $CO_{2\text{-экв.}}$, в скобках приведена эмиссия 2017 г. в % от уровня 1990 г.)[1]

[1] Стратегия долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (проект) // Минэкономразвития России [Электронный ресурс]. URL: https://economy.gov.ru/material/file/babacbb75d32d90e28d3298582d13a75/proekt_strategii.pdf (дата обращения: 18.07.2020).

В связи с актуальностью темы представляется крайне важным систематизировать драйверы перехода Китая к низкоуглеродному развитию и на этой основе определить эколого-энергетические приоритеты страны на современном этапе, что и является целью данного параграфа. Цель обусловила постановку конкретных задач: оценить экологическую устойчивость Китая, идентифицировать и охарактеризовать факторы низкоуглеродного развития и связанной с ним энергетической трансформации страны. Для решения поставленных задач авторы применяют системный подход, методы группировки и обобщения, статистического, сравнительного и логического анализа, опираются на анализ динамики и структур, используют табличные и графические приемы визуализации данных.

В качестве информационной базы использовались данные Всемирного банка, ООН, Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Международного энергетического агентства (IEA), компании British Petroleum (BP), Государственного статистического управления КНР (ГСУ КНР), Национального центра возобновляемой энергетики Китая (CNREC), Ассоциации электроэнергетических предприятий КНР, а также публикации в научных и периодических изданиях.

Экологическая устойчивость Китая: современное состояние и тенденции

Согласно концепции «энергетической трилеммы», разработанной Мировым энергетическим советом, каждому государству необходимо соблюдать баланс между тремя элементами трилеммы: энергетической безопасностью, энергетическим равенством и экологической устойчивостью. В рамках данного параграфа нас будет интересовать именно экологическая устойчивость, лежащая в основе низкоуглеродного развития. Она оценивается по таким параметрам, как «выбросы и загрязнение», «эффективность использования энергоресурсов» и «декарбонизация». В 2019 г. Китай за экологическую устойчивость получил всего 49 баллов из 100[1], однако если посмотреть на ее динамику, видно, что страна сделала большой шаг вперед, повысив уровень устойчивости на 57%[2] за последние два десятилетия (рис. 2).

Рассмотрим динамику наиболее важных показателей, которые включают вышеуказанные параметры экологической устойчивости.

---

[1] World Energy Trilemma Index 2019 // World Energy Council [Электронный ресурс]. URL: https://www.worldenergy.org/assets/downloads/WETrilemma_2019_Full_Report_v4_pages.pdf (дата обращения: 19.07.2020).

[2] World Energy Trilemma Index // World Energy Council [Электронный ресурс]. URL: https://trilemma.worldenergy.org/ (дата обращения: 19.07.2020).

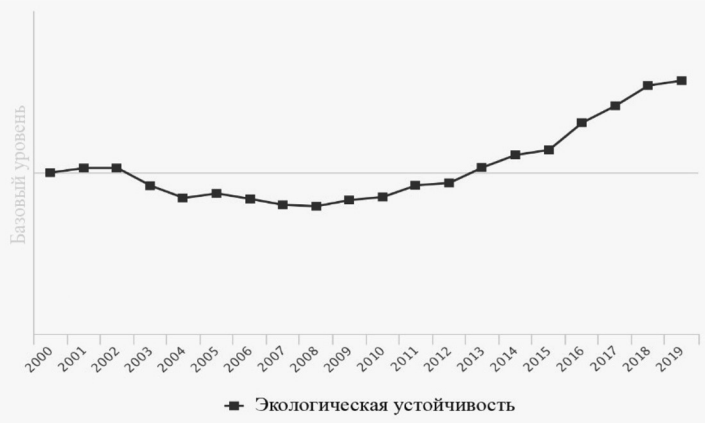


Рис. 2. Динамика экологической устойчивости Китая[1]

Как уже отмечалось, Китай занимает 1-е место в мире по выбросам углекислого газа. Хотя темпы прироста выбросов в стране замедляются, абсолютные объемы продолжают расти (рис. 3). В 2019 г. на страну приходилось около трети глобальных выбросов CO_2 от сжигания ископаемого топлива[2].

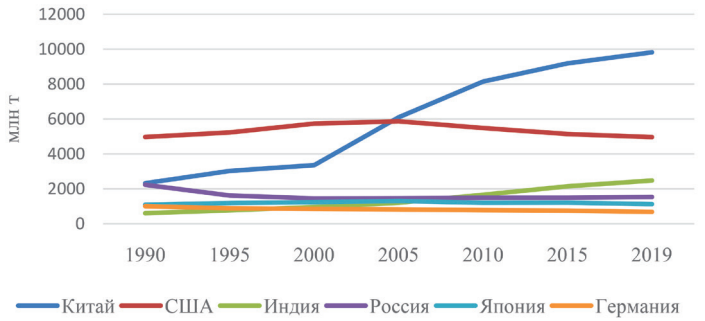


Рис. 3. Динамика выбросов углекислого газа от сжигания ископаемого топлива, топ-6 стран[3]

[1] World Energy Trilemma Index // World Energy Council [Электронный ресурс]. URL: https://trilemma.worldenergy.org/ (дата обращения: 19.07.2020).

[2] Statistical Review of the World Energy 2020 // BP [Электронный ресурс]. URL: https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf (дата обращения: 20.07.2020).

[3] Составлено авторами по: Statistical Review of the World Energy 1965–2019 // BP [Электронный ресурс]. URL: https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html (дата обращения: 20.07.2020).

Согласно данным компании IQAir, по уровню загрязнения воздуха Китай занимает 11-е место в мире. В 2019 г. на территории континентального Китая[1] среднегодовая концентрация PM2.5, являющаяся ключевым параметром оценки качества воздуха, составила 39,1 мкг/куб. м, что превышает среднегодовой лимит для частиц PM2.5, рекомендованный ВОЗ, — 10 мкг/куб. м. 48 китайских городов входят в 100 самых загрязненных городов мира, среди которых г. Хэтянь в Синьцзян-Уйгурском автономном районе занимает 2-е место, уступая лишь индийскому городу Газиабад. В 2019 г. среднегодовая концентрация PM2.5 в г. Хэтянь составляла 110,1 мкг/куб. м[2]. По оценкам Health Effects Institute, высокий уровень PM2.5, основным источником которого является сжигание угля, привел к 852 000 преждевременных смертей в Китае в 2017 г.[3]

По оценкам Б. Н. Порфирьева, ущерб от загрязнения воздуха вредными веществами (прежде всего углеродом в виде взвешенных частиц PM2.5) составлял в мире в целом 5% мирового ВВП по сравнению с примерно 0,5% мирового ВВП ущерба от последствий изменений климата, в Китае — 8% ВВП и менее 1% ВВП, в Европе — 4% ВВП и 0,35% ВВП, России — 6% ВВП и 0,5% ВВП соответственно [Порфирьев, 2019. С. 6].

Хотя ситуация с загрязнением воздуха в Китае остается серьезной, следует отметить значительный прогресс в этой области. В 2019 г. только один китайский город вошел в десятку самых загрязненных, тогда как в период 11-й пятилетки (2006–2010 гг.) семь из десяти городов мира с худшими показателями качества воздуха находились в Китае [Zhang, Crooks, 2012. P. 55]. Среднегодовая концентрация PM2.5, достигнув максимума в 2011 г., снижается (рис. 4).

Особую актуальность содержание мелкодисперсных частиц в атмосфере приобрело в условиях пандемии COVID-19. Это связано с тем, что частицы PM (PM0.1, PM2.5 и PM10) могут переносить вирусы. Проведенное итальянскими учеными исследование выявило положительную корреляцию между индексом качества воздуха (AQI) и случаями заражения коронавирусом нового типа [30].

Благодаря структурным изменениям в экономике, переходу от модели экстенсивного развития к новой модели, предполагающей более медленное, но в то же время более устойчивое развитие, Китаю удалось существенно снизить энергоемкость ВВП — более чем в 3 раза по сравнению

---

[1] Континентальный, или материковый, Китай — территория Китайской Народной Республики (КНР) без учета Гонконга, Макао, в нее также не включается Тайвань.

[2] World' Air Quality Report 2019 // IQAir [Электронный ресурс]. URL: https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities (дата обращения: 20.07.2020).

[3] Is air quality in China a social problem? // ChinaPower [Электронный ресурс]. URL: https://chinapower.csis.org/air-quality/ (дата обращения: 20.07.2020).

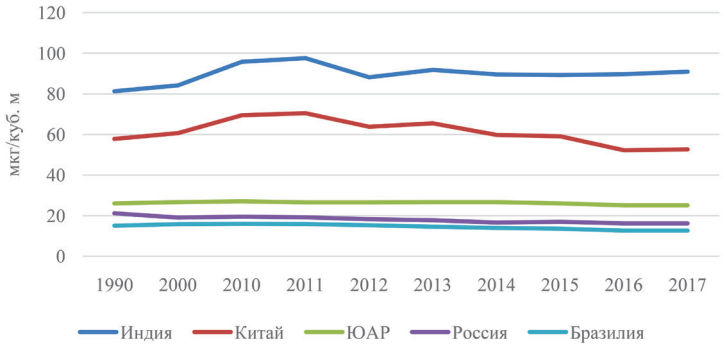


Рис. 4. Динамика среднегодовой концентрации PM2.5 в странах БРИКС[1]

с 1990 г.[2] Однако он по-прежнему уступает многим странам мира по эффективности использования энергоресурсов (табл. 1).

Таблица 1

Энергоемкость ВВП отдельных стран мира (Международное энергетическое агентство, 2020)[3]

Страна	Энергоемкость ВВП (т н. э./тыс. долл. по паритету покупательной способности)
Россия	0,227
Китай	0,147
США	0,124
Швеция	0,108
Индия	0,105
Бразилия	0,100
Норвегия	0,094
Япония	0,089
Германия	0,085
Италия	0,074
Великобритания	0,068
Дания	0,064

[1] Составлено авторами по: World Development Indicators // The World Bank [Электронный ресурс]. URL: http://wdi.worldbank.org/table/WV.3 (дата обращения: 21.07.2020).

[2] Data and statistics // IEA [Электронный ресурс]. URL: https://www.iea.org/data-and-statistics (дата обращения: 21.07.2020).

[3] Составлено авторами по: Energy intensity // IEA [Электронный ресурс]. URL: https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections/energy-intensity (дата обращения: 21.07.2020). Примечание: т н.э. — тонна нефтяного эквивалента.

Несмотря на увеличение доли возобновляемых источников энергии и атомной энергии в производстве электроэнергии, ископаемое топливо остается преобладающим в Китае. По данным Ассоциации электроэнергетических предприятий КНР, в 2010 г. доля ТЭС в совокупной выработке электроэнергии составила 80,8%, в 2019 г. — 68,9%[1]. Основным энергоносителем в стране является уголь. По данным Международного энергетического агентства, в 2010 г. доля угля в генерации электроэнергии в Китае составляла 77%, в 2017 г. — 68%, что значительно выше мирового показателя — 38% (без учета Китая — 28%)[2]. Хотя доля нетрадиционных ВИЭ[3] в выработке электроэнергии в Китае по-прежнему относительно небольшая, нельзя не отметить ее существенного роста: если в 2010 г. доля электростанций, работающих на НВИЭ, составляла всего 1,2%, то в 2019 г. — 8,5% (рис. 5).

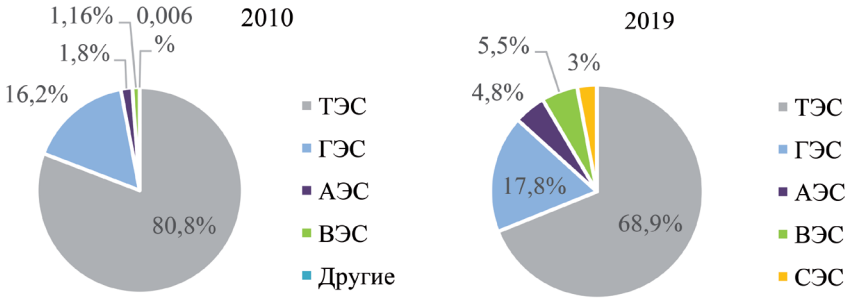


Рис. 5. Структура производства электроэнергии в Китае, 2010 и 2019 гг.[4]

Таким образом, несмотря на проблемы, связанные с экологической устойчивостью, Китай смог добиться определенных успехов в этой сфере, о чем говорит положительная динамика по большинству из рассмотренных выше показателей. По всем параметрам, которые включает экологическая устойчивость, наблюдается прогресс: замедляются темпы прироста выбросов углекислого газа, улучшается качество воздуха в китайских

[1] 行业统计分析 (Анализ отраслевой статистики) // China Electricity Council [Электронный ресурс]. URL: https://www.cec.org.cn/template2/index.html?177 (дата обращения: 21.07.2020).

[2] Data and statistics // IEA [Электронный ресурс]. URL: https://www.iea.org/data-and-statistics? (дата обращения: 21.07.2020).

[3] Без учета гидроэнергии.

[4] Составлено авторами по: 行业统计分析 (Анализ отраслевой статистики) // China Electricity Council [Электронный ресурс]. URL: https://www.cec.org.cn/template2/index.html?177 (дата обращения: 21.07.2020).

городах, увеличивается эффективность использования энергетических ресурсов, структура производства электрической энергии диверсифицируется и становится все более «зеленой». Эти изменения свидетельствуют о постепенном переходе Китая к низкоуглеродному развитию.

Факторы низкоуглеродного развития и энергетической трансформации Китая

Можно выделить семь ключевых факторов или задач, решение которых будет способствовать низкоуглеродному развитию и энергетической трансформации Китая:

- решение социально-экологических проблем;
- обеспечение населения современными и чистыми источниками энергии;
- выполнение международных обязательств и климатической повестки;
- повышение энергетической безопасности страны;
- раскрытие собственного инновационного потенциала и научно-технический прогресс;
- углеродное регулирование;
- конкурентная борьба на внешних рынках в условиях декарбонизации мировой экономики.

Важной задачей перехода Китая к низкоуглеродному развитию является решение социально-экологических проблем, некоторые из них были рассмотрены выше в рамках концепции экологической устойчивости. Китай, локомотив мировой экономики и лидер по масштабам роста материального благосостояния своих жителей, добился впечатляющих экономических результатов во многом за счет недоучета социальных и экологических факторов. Загрязнение воздуха в стране сокращает среднюю ожидаемую продолжительность жизни примерно на три года[1]; огромных масштабов достигла деградация земель, лесов, водных ресурсов [3]. Высокая социально-экологическая цена экономического роста обусловила необходимость перехода Китая к новой модели развития, одним из базисов которой стало строительство «экологической цивилизации»[2].

---

[1] China Could Lift Life Expectancy by Nearly Three Years If It Meets WHO Smog Standards: Study // EPIC [Электронный ресурс]. URL: https://epic.uchicago.edu/news/china-could-lift-life-expectancy-by-nearly-three-years-if-it-meets-who-smog-standards-study/ (дата обращения: 23.07.2020).

[2] 能源生产和消费革命战略 (2016–2030) (Стратегия революционных преобразований в области производства и потребления энергии (2016–2030 гг.) // Центральное народное правительство КНР [Электронный ресурс]. URL: http://www.gov.cn/xinwen/2017-04/25/5230568/files/286514af354e41578c57ca38d5c4935b.pdf (дата обращения: 23.07.2020).

Термин «экологическая цивилизация» впервые был озвучен в Китае в 2005 г. [11. С. 52]. В том же году нынешний председатель КНР, а тогда секретарь парткома провинции Чжэцзян Си Цзиньпин выдвинул концепцию «Изумрудные воды и зеленые горы — это горы золота и серебра»[1], тем самым показав, что именно благоприятная экологическая среда лежит в основе всеобщего благополучия. На XVIII съезде Коммунистической партии Китая (КПК) в 2012 г. строительство «экологической цивилизации» было включено в план из «Пяти взаимосвязанных компонентов строительства «прекрасного Китая», включающий экономическое, политическое, культурное, социальное строительство и строительство «экологической цивилизации» [31. С. 253]. В 2017 г. концепция «Изумрудные воды и зеленые горы — это горы золота и серебра» была внесена в доклад XIX съезда КПК[2], в 2018 г. понятие «экологическая цивилизация» было включено в Конституцию КНР[3]. Приведем несколько высказываний Си Цзиньпина, чтобы продемонстрировать, насколько важной для Китая является идея построения «экологической цивилизации»: «Если процветает экология, процветает и цивилизация, но если экология пребывает в упадке, то и цивилизация пребывает в упадке»; «К экологии следует относиться как к собственной жизни»; «Экологическая цивилизация» — это великое достижение прогресса человеческого общества. Человечество прошло этапы первобытной, аграрной, индустриальной цивилизации, «экологическая цивилизация» — это продукт выхода индустриальной цивилизации на новый этап развития и новое требование для гармоничного развития человека и природы»; «Продвижение к новой эпохе «экологической цивилизации» и строительство «прекрасного Китая» — это важная часть осуществления мечты о великом возрождении китайской нации» [31. С. 248–252].

Обеспечение населения современными и чистыми источниками энергии — второй фактор низкоуглеродного развития и энергетической трансформации страны. Хотя к 2014 г. 100% населения Китая получило доступ к электричеству, важной проблемой остается использование твердого топлива — основного источника загрязнения воздуха внутри жилых помещений — для приготовления пищи и отопления. В 2016 г. уголь и дрова ис-

[1] 绿水青山就是金山银山 (Изумрудные воды и зеленые горы – это горы золота и серебра) // Xinhua [Электронный ресурс]. URL: http://www.xinhuanet.com/politics/szzsyzt/lsqs2017/index.htm (дата обращения: 23.07.2020).

[2] Экологическая концепция Си Цзиньпина показала свои возможности // Российская газета [Электронный ресурс]. URL: https://rg.ru/2020/04/01/ekologicheskaia-koncepciia-siczinpina-pokazala-svoi-vozmozhnosti.html (дата обращения: 23.07.2020).

[3] 中华人民共和国宪法(2018修正) (Конституция КНР (в ред. 2018 г.) // Центральное народное правительство КНР [Электронный ресурс]. URL: http://www.gov.cn/guoqing/2018-03/22/content_5276318.htm (дата обращения: 23.07.2020).

пользовали более 30% китайских жителей, в сельской местности эта доля могла превышать 50% [27. С. 73].

Третий фактор — климатическая повестка и выполнение международных обязательств. В 2016 г. Китай ратифицировал Парижское соглашение, взяв на себя обязательство к 2030 г. уменьшить выбросы углекислого газа на единицу ВВП на 60–65% (от уровня 2005 г.) и не позднее 2030 г. приступить к сокращению абсолютной величины выбросов CO_2[1].

Декарбонизация невозможна без наращивания доли «зеленых» источников энергии в энергобалансе страны. Исходя из условий Парижского соглашения и долгосрочных приоритетов энергетической политики Китая, направленной на формирование низкоуглеродной и эффективной энергосистемы, Национальный центр возобновляемой энергетики Китая (CNREC) составил прогноз развития электроэнергетического комплекса страны на долгосрочную перспективу. Согласно климатическому сценарию «ниже 2°С», в 2050 г. практически вся электроэнергия в Китае будет вырабатываться именно на базе неископаемых источников энергии — 91%, причем главную роль будут играть ветер и солнце — на них придется 73%[2] от суммарного объема генерации (рис. 6).

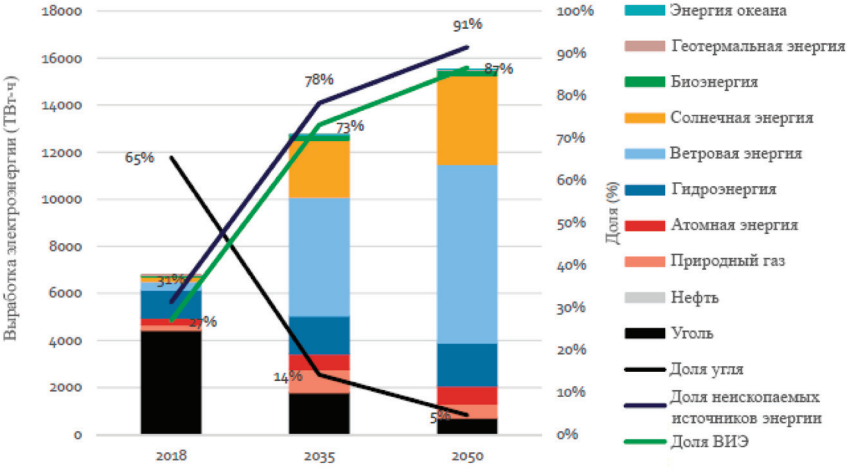


Рис. 6. Структура производства электроэнергии в Китае, 2018, 2035 и 2050 гг.[3]

[1] World Energy Outlook 2017 // IEA [Электронный ресурс]. URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2017 (дата обращения: 25.07.2020).

[2] China Renewable Energy Outlook 2019 // CNREC [Электронный ресурс]. URL: http://boostre.cnrec.org.cn/wp-content/uploads/2019/12/CREO2019-Summary-191206.pdf (дата обращения: 25.07.2020).

[3] Там же.

По оценкам CNREC, в Китае к 2050 г. доля неископаемых источников энергии в общем предложении первичной энергии будет составлять 65%, из них на ВИЭ придется 58%. Предложение угля и нефти существенного сократится, в то время как доля природного газа — самого чистого из ископаемых видов топлива — увеличится: с 8% в 2018 г. до 16% в 2050 г. Благодаря этому объем выбросов углекислого газа от энергетического сектора страны сократится с 9,8 млрд т в 2019 г.[1] до 2,5 млрд т в 2050 г.[2]

Пандемия коронавируса нового типа может внести некоторые коррективы в прогноз CNREC. В январе–марте 2020 г. выработка электроэнергии в Китае снизилась на 6,8% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, отпуск электроэнергии с ТЭС сократился еще сильнее — на 8,2%. Положительная динамика восстановилась только в апреле[3]. Выработка электроэнергии на ветровых и солнечных электростанциях в I квартале 2020 г., напротив, выросла на 5,7 и 10,9% в годовом исчислении [25. С. 23], что говорит об успешности текущей энергетической политики Китая, направленной на декарбонизацию энергетического сектора. В то же время, учитывая значительные объемы угля, которыми располагает Китай, и его ценовую доступность, возможно широкое использование данного энергоносителя для восстановления экономической активности. Это приведет к увеличению выбросов CO_2 в стране. Такой вариант развития событий подтверждается тем, что в I квартале 2020 г. было одобрено строительство новых угольных электростанций суммарной мощностью около 10 ГВт [25. С. 25].

Четвертым фактором перехода к низкоуглеродному развитию является обеспечение энергетической безопасности страны. В настоящее время коэффициент зависимости страны от импорта нефти составляет около 70%, от импорта природного газа — около 40%[4]. Показательно, что в «13-м пятилетнем плане по развитию энергетики (2016–2020 гг.)» впервые появился «коэффициент самообеспечения энергоресурсами» (рассчитывается как отношение собственного энергопроизводства к совокупному

---

[1] Statistical Review of the World Energy 2020 // BP [Электронный ресурс]. URL: https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf (дата обращения: 25.07.2020).

[2] China Renewable Energy Outlook 2019 // CNREC [Электронный ресурс]. URL: http://boostre.cnrec.org.cn/wp-content/uploads/2019/12/CREO2019-Summary-191206.pdf (дата обращения: 25.07.2020).

[3] 行业统计分析 (Анализ отраслевой статистики) // China Electricity Council [Электронный ресурс]. URL: https://www.cec.org.cn/template2/index.html?177 (дата обращения: 25.07.2020).

[4] 国家数据 (Государственная статистика)// Государственное статистическое управление КНР [Электронный ресурс]. URL: https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01 (дата обращения: 25.07.2020).

предложению энергоресурсов). Согласно плану он не должен опускаться ниже 80%[1]. Это корреспондирует со стратегической целью Китая по укреплению энергобезопасности страны. В условиях, когда значительный объем поставок углеводородов осуществляется через неспокойные Малаккский и Ормузский проливы[2] и идет из таких нестабильных государств, как, например, Нигерия, Ирак, Венесуэла[3], стране жизненно необходимо повышать уровень внутреннего производства энергии и диверсифицировать поставщиков.

Пятый фактор низкоуглеродного развития и энергетической трансформации — раскрытие собственного инновационного потенциала и научно-технический прогресс, призванные обеспечить прочную базу для крупномасштабного распространения «зеленых» технологий и обеспечить оптимальное соотношение «цена-качество». В 2011 г. новая энергетика была включена в перечень семи новых стратегических отраслей, определенных в «12-м пятилетнем плане социально-экономического развития КНР (2011–2015 гг.)»[4].

Одним из основных инструментов развития чистых технологий является «зеленое» финансирование. Правительство Китая активно продвигает «зеленые финансы», которые Народный банк Китая определяет как «финансовые услуги, предоставляемые для экономической деятельности, способствующей улучшению состояния окружающей среды, смягчению последствий изменения климата и более эффективному использованию ресурсов». В сентябре 2016 г. Народный банк Китая обнародовал Руководство по созданию «зеленой» финансовой системы — впервые в мире центральный банк выпустил такие рекомендации[5].

---

[1] 能源发展十三五规划 (13-й пятилетний план по развитию энергетики (2016–2020 гг.) // Государственное управление по делам энергетики КНР [Электронный ресурс]. URL: http://www.nea.gov.cn/135989417_14846217874961n.pdf (дата обращения: 25.07.2020).

[2] 2 Choke Points That Threaten Oil Trade Between the Persian Gulf and East Asia // Forbes [Электронный ресурс]. URL: https://www.forbes.com/sites/johnmauldin/2017/04/17/2-choke-points-that-threaten-oil-trade-between-persian-gulf-and-east-asia/#7efd4a084b96 (дата обращения: 25.07.2020).

[3] Statistical Review of the World Energy 2020 // BP [Электронный ресурс]. URL: https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf (дата обращения: 25.07.2020).

[4] The 12th Five-Year Plan for Economic and Social Development of the People's Republic of China // Green Growth Knowledge Platform [Электронный ресурс]. URL: http://www.greengrowthknowledge.org/national-documents/12th-five-year-plan-economic-and-social-development-peoples-republic-china (дата обращения: 27.07.2020).

[5] Guidelines for Establishing the Green Financial System // The People's Bank of China [Электронный ресурс]. URL: http://www.pbc.gov.cn/english/130721/3133045/index.html (дата обращения: 27.07.2020).

Политика «зеленого» финансирования Китая стимулирует инвестиции в широкий спектр активов, включая проекты в области возобновляемых источников энергии, водоочистные сооружения, перерабатывающие предприятия и экологически чистый транспорт [16. С. 22]. В 2018 г. политика «зеленого» финансирования Китая помогла мобилизовать сотни миллиардов юаней (десятки миллиардов долларов) для соответствующих проектов [32].

Наибольшая активность в сфере «зеленого» финансирования в Китае наблюдается в области «зеленых» облигаций. В 2018 г. объем выпуска китайских «зеленых» облигаций составил около 283 млрд юаней (примерно 43 млрд долл.). Это было на 12% больше, чем в 2017 г., и стало вторым по величине показателем среди всех стран после США. В 2018 г. около 28% поступлений от «зеленых» облигаций Китая было направлено на проекты в области солнечной энергии, ветра и других экологически чистых источников энергии. Примерно 33% было отправлено на низкоуглеродистый транспорт, в том числе городской общественный транспорт[1].

Драйвером перехода Китая к низкоуглеродному развитию является и необходимость введения в стране углеродного регулирования, что обусловлено как внутренними, так и внешними причинами, связанными с возможными ограничениями со стороны импортеров из-за занижения экологических издержек и нечестной конкуренции. В стране ширятся попытки использования инструментов углеродного регулирования, в частности углеродного налога (Carbon Taxes) и системы торговли выбросами парниковых газов (Emissions Trading System). В настоящее время свыше 40 стран уже применяют эти инструменты, покрывая около 60% мирового ВВП. Разброс углеродной цены весьма велик: от 1 до 123 долл. за 1 т CO_2-эквивалента. В 2019 г. в мире схемы ценообразования на углерод принесли 48 млрд долл. Международный валютный фонд намерен способствовать повышению среднего углеродного налога за выбросы 1 т CO_2 среди своих членов с 2 до 75 долл. к 2030 г. Китай сейчас реализует пилотные проекты по формированию систем торговли выбросами парниковых газов в восьми провинциях при диапазоне цены от 1 долл. за 1 т CO_2-эквивалента (провинция Фуцзянь) до 12 долл. в наиболее углеродоемком Пекине [22].

С углеродным регулированием связан еще один фактор низкоуглеродного развития для Китая — обеспечение конкурентоспособности своей продукции на внешних рынках на фоне тенденции к декарбонизации мировой экономики. Евросоюз является крупнейшим торговым партнером Китая: в 2019 г. ЕС импортировал из Китая товаров на сумму 362 млрд

[1] China Green Bond Market 2018 // Climate Bonds Initiative and China Central Depository & Clearing Company [Электронный ресурс]. URL: https://www.climatebonds.net/files/reports/china-sotm_cbi_ccdc_final_en260219.pdf (дата обращения: 27.07.2020).

евро, что составило 19% от общего объема импорта[1]. В случае планируемого Евросоюзом введения пограничных углеродных налогов (Border Tax Adjustments), направленных против производителей товаров с высоким углеродным следом, Китай может понести серьезные убытки. В табл. 2 показано, что крупнейшие в мире эмитенты парниковых газов, такие как Китай, Россия, Индия, являются нетто-экспортерами выбросов CO_2, а многие европейские страны, напротив, нетто-импортерами. Переход к подсчету выбросов от потребления позволяет сфокусироваться на стороне спроса [6]. В подавляющем большинстве развитых стран высокий уровень благосостояния и снижение выбросов парниковых газов обеспечиваются за счет импорта высокоуглеродной продукции. Здесь перед богатыми странами встает сложнейшая проблема изменения моделей потребления, базирующихся на товарах и услугах с высоким уровнем воздействия на окружающую среду и климат. Такое направление предусматривает Цель 12 устойчивого развития ООН, направленная на изменение моделей потребления и производства. В связи с этим, с одной стороны, введение углеродных пошлин поможет европейским странам сократить долю CO_2 в конечном потреблении и решить проблему «утечки углерода»[2], которая мешает борьбе с изменением климата, с другой стороны, данная мера является стимулом для стран – экспортеров CO_2 сокращать использование ископаемого топлива и переходить на «зеленую» энергию.

Таблица 2

Сопоставление выбросов от производства и потребления в отдельных странах[3]

Страна	Выбросы от производства	Выбросы от потребления	Чистый экспорт выбросов	
	Млн т	Млн т	Млн т	% от выбросов страны
Китай	9281	7978	1303	14
Россия	1488	1168	320	22
Индия	2043	1919	124	6

[1] EU and China in world trade goods // Eurostat [Электронный ресурс]. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/China-EU_-_international_trade_in_goods_statistics#EU_and_China_in_world_trade_in_goods (дата обращения: 28.07.2020).

[2] Термин «утечка углерода» означает, что в результате перемещения производства из стран с более жесткими требованиями в области изменения климата в страны с более либеральными стандартами происходит повышение выбросов углерода.

[3] Составлено авторами по: Carbon dioxide emissions embodied in international trade // OECD. Stat [Электронный ресурс]. URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=IO_GHG_2019; *Макаров И. А.* Выбросы от потребления: суть концепции и связь с неравенством // Высшая школа экономики [Электронный ресурс]. URL: https://we.hse.ru/mirror/pubs/share/356583760.pdf (дата обращения: 28.07.2020).

Окончание табл. 2

Страна	Выбросы от производства	Выбросы от потребления	Чистый экспорт выбросов	
Норвегия	52	60	-8	-15
Швеция	44	70	-26	-59
Испания	263	294	-31	-12
Италия	347	423	-76	-22
Германия	766	853	-87	-11
Франция	312	445	-133	-43

Заключение

Китайская экономика находится на перепутье: период бурного роста, принесший огромные успехи стране, может уйти в прошлое. Перед страной встали новые вызовы, в том числе связанные с решением внутренних экологических проблем, сохранением роли ведущего экспортера мира, что невозможно без снижения выбросов парниковых газов. Все это требует трансформации энергетического сектора страны, формирования низкоуглеродной модели развития, «энергетического перехода» к широкому использованию возобновляемых источников энергии. Тем самым проводимая Китаем – крупнейшим энергопотребителем и импортером энергоресурсов — политика будет оказывать существенное влияние на решение глобальных экологических проблем и на мировые энергетические рынки. За последние годы страна достигла определенных успехов в деле строительства «экологической цивилизации», ориентации эколого-энергетической политики страны на дальнейшее повышение экологической устойчивости и «озеленение» экономики, что подтверждается тенденциями изменения ряда ключевых индикаторов. Можно выделить следующие факторы низкоуглеродного развития и энергетической трансформации Китая: необходимость решения острых социально-экологических проблем; обеспечение населения современными и чистыми источниками энергии; выполнение международных обязательств и климатической повестки; повышение энергетической безопасности страны; раскрытие собственного инновационного потенциала и создание новых и чистых технологий, что происходит во многом за счет имплементации инструментов «зеленого» финансирования; углеродное регулирование; конкурентная борьба на внешних рынках в условиях декарбонизации мировой экономики. Когда такая мощная экономика, как китайская, активно развивает собственные «зеленые» технологии и переходит к низкоуглеродному развитию, странам — экспортерам углеводородов, в том числе и России, следует адаптироваться к новым реалиям, которые готовит китайский «энер-

гетический переход», путем проведения структурных реформ национальных экономик с целью снижения рисков зависимости от экспорта сырья.

Список литературы

1. *Авраменко А. А., Байгускарова А. Р.* Экологические аспекты энергетической политики Китая // Вестник Евразийской науки. 2018. Т. 10. № 3. URL: https://esj.today/PDF/09ECVN318.pdf (дата обращения: 28.07.2020).
2. *Башмаков И. А.* Стратегия низкоуглеродного развития российской экономики // Вопросы экономики. 2020. № 7. С. 51–74. DOI: https://doi.org/10.32609/0042-8736-2020-7-51-74.
3. *Бобылев С. Н.* Устойчивое развитие: новое видение будущего? // Вопросы политической экономии. 2020. № 1. С. 67–83. DOI: 10.5281/zenodo.3753332.
4. *Данилов-Данильян В. И.* Глобальная климатическая проблема и возможности прогнозирования // Век глобализации. 2019. № 4. С. 3–15. DOI: https://doi.org/10.30884/vglob/2019.04.01.
5. *Епихина Р. А.* Ветроэнергетика в Китае: проблемы развития и роль рынка в их решении // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2019. № 5. С. 163–177. DOI: 10.24411/2073-6487-2019-10065.
6. *Макаров И. А., Соколова А. К.* Оценка углеродоемкости внешней торговли России // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2014. Т. 18. № 3. С. 477–507.
7. *Макеева С. Б.* КНР: стратегия устойчивого развития регионов (1980-е–2000-е гг.) // Азия и Африка сегодня. 2020. № 4. С. 19–25. DOI: 10.31857/S032150750009101-3.
8. *Порфирьев Б. Н.* Парадигма низкоуглеродного развития и стратегия снижения рисков климатических изменений для экономики // Проблемы прогнозирования. 2019. № 2. С. 3–13.
9. *Салыгин В. И., Гулиев И. А., Рябова М. И.* Проблемы и перспективы развития сектора возобновляемых источников энергии в Китае // Вестник МГИМО-Университета. 2015. № 4. С. 36–45.
10. *Ушаков И. В.* Экологический лабиринт. Социально-экологические аспекты природопользования в Китае. М.: ИД ФОРУМ, 2008.
11. *Ушаков И. В.* XVIII съезд КПК и экологический императив Китая // Проблемы Дальнего Востока. 2013. № 2. С. 51–56.
12. *Ушаков И. В.* Загрязнение окружающей среды в Китае // Проблемы Дальнего Востока. 2016. № 4. С. 81–92.
13. *Юлкин М. А.* Низкоуглеродное развитие: от теории к практике. М.: АНО «Центр экологических инвестиций», 2018.
14. *Cao J., Ho S. Mun, Jorgenson W. Dale, Nielsen P. Chris* China's Emissions Trading System and an ETS-Carbon Tax Hybrid // Energy Economics. 2019. Vol. 81. P. 741–753. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.04.029.
15. *Chen W., Wu F., Geng W., Yu G.* Carbon Emissions in China's Industrial Sectors // Resources, Conservation and Recycling. 2017. Vol. 117. Part B. P. 264–273. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.10.008.
16. *Dai W., Kidney S., Sonerud B.* Roadmap for China: Green Bond Guidelines for the Next Stage of Market Growth. London: Climate Bonds Initiative, 2016.

17. *Engels A.* Understanding How China is Championing Climate Change Mitigation // Palgrave Communications. 2018. Vol. 4. Is. 1. DOI: https://doi.org/10.1057/s41599-018-0150-4
18. *Liu J.* China's Renewable Energy Law and Policy: A Critical Review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2019. Vol. 99. P. 212–219. DOI: 10.1016/j.rser.2018.10.007.
19. *Liu J., Yang Q., Zhang Yu, Sun W., Xu Y.* Analysis of CO_2 Emissions in China`s Manufacturing Industry Based on Extended Logarithmic Mean Division Index Decomposition // Sustainability, MDPI, Open Access Journal. 2019. Vol. 11. DOI: https://doi.org/10.3390/su11010226.
20. *Liu W., Qin B.* Low-Carbon City Initiatives in China: A Review from the Policy Paradigm Perspective // Cities. 2016. Vol. 51. P. 131–138. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.11.010.
21. *Liu X., Gao X.* A Survey Analysis of Low Carbon Technology Diffusion in China's Iron & Steel Industry // Journal of Cleaner Production. 2016. Vol. 129. P. 88–101. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.115.
22. *Postic S., Fetet M.* Global Carbon Accounts 2020. Paris: Institute for Climate Economics, 2020.
23. *Qin J.* The Status and Prospect of New Energy and Renewable Energy in China // AIP Conference Proceedings 1971. 2018. DOI: https://doi.org/10.1063/1.5041140.
24. *Shen W., Cao L., Li Q., Zhang W., Wang G., Li Ch.* Quantifying CO_2 Emissions from China's Cement Industry // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. Vol. 50. P. 1004–1012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.031.
25. *Tu. K.* COVID-19 Pandemic's Impacts on China's Energy Sector: A Preliminary Analysis. New York City: Columbia University, 2020.
26. *Wang Q., Qu J., Wang B., Wang P., Yang T.* Green Technology Innovation Development in China in 1990–2015 // Science of the Total Environment. 2019. Vol. 696. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134008.
27. *Zhan C., de Jong M., de Bruijn H.* Funding Sustainable Cities: A Comparative Study of Sino-Singapore Tianjin Eco-City and Shenzhen International Low-Carbon City // Sustainability, MDPI, Open Access Journal. 2018. Vol. 10. P. 1–15.
28. *Zhang D., Li J., Phoumin H.* A Multidimensional Measure of Energy Poverty in China and Its Impacts on Health: An Empirical Study Based on the China Family Panel Studies // Energy Policy. 2019. Vol. 131. P. 72–81.
29. *Zhang Q., Crooks R.* Toward an Environmentally Sustainable Future: Country Environmental Analysis of the People's Republic of China. Mandaluyong City: Asian Development Bank, 2012.
30. *Zoran M. A., Savastru R. S., Savastru D. M., Tautan M. N.* Assessing the Relationship between Ground Levels of Ozone (O_3) and Nitrogen Dioxide (NO_2) with Coronavirus (COVID-19) in Milan, Italy // Science of The Total Environment. 2020. Vol. 738. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140005.
31. 习近平改革开放思想研究/ 慎海雄主编. 北京: 人民出版社, 2018. (Идеи Си Цзиньпина о политике реформ и открытости / под ред. Шэнь Хайсюна. Пекин: Народное издательство, 2018).
32. 张莫 统一标准加快制定中国绿色金融政策体系构建打出组合拳. 北京: 新华网, 2019. (*Чжан Мо.* Единые стандарты ускорения формирования системы политики «зеленого» финансирования в Китае. Пекин: Информационное агентство «Синьхуа», 2019).

2.5. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В МИРЕ И КИТАЕ

Барабошкина А. В., Кудрявцева О. В.

Нормированная стоимость электроэнергии: оценка конкурентоспособности ВИЭ[1]

Долгое время считалось, что «новые» возобновляемые источники энергии (ВИЭ) являются неконкурентоспособными, если сравнивать их с традиционной энергетикой. Однако за последнее десятилетие развитие технологий возобновляемой энергетики, с одной стороны, истощение старых месторождений ископаемых источников энергии и увеличение затрат на освоение новых, зачастую труднодоступных месторождений, с другой стороны, существенно повысили конкурентоспособность ВИЭ.

По оценкам инвестиционной и консалтинговой компании Lazard, несубсидируемая средняя нормированная стоимость (LCOE) солнечной фотоэлектрической энергии снизилась с 359 до 40 долл./МВт·ч (на 89%) в 2009–2019 гг., ветровой энергии – с 135 до 41 долл./МВт·ч (на 70%), в то же время LCOE угольной генерации составила 109 долл./МВт·ч в 2019 г., а газовой генерации – 175 долл./МВт·ч (пиковые электростанции) и 56 долл./МВт·ч (электростанции комбинированного цикла)[2]. По оценкам Глобальной сети по политике в области возобновляемой энергетики XXI в. (REN21), средняя нормированная стоимость выработки электроэнергии на промышленных солнечных фотоэлектрических станциях составила 68 долл./МВт·ч в 2019 г., на ветровых – 53 долл./МВт·ч[3], что хотя несколько выше данных Lazard, но сопоставимо с ними.

---

[1] Опубликовано в: *Барабошкина А. В.* Нормированная стоимость электроэнергии: оценка конкурентоспособности ВИЭ // Возобновляемые источники энергии: Материалы Всероссийской научной конференции и XII молодежной школы с международным участием: сборник / отв. ред. С. В. Киселѐва, Ю. Ю. Рафикова. М., 2020. С. 155–158.

[2] Lazard: Lazard`s levelized cost of energy analysis – version 13.0, 2019. URL: https://www.lazard.com/media/451086/lazards-levelized-cost-of-energy-version-130-vf.pdf

[3] Renewables 2020 Global Status Report, REN21. Paris: REN21 Secretariat, 2020.

Существенное падение себестоимости производства электрической энергии на основе ВИЭ обусловлено внедрением более совершенных технологий и снижением капитальных затрат. Однако наблюдается дифференциация LCOE в зависимости от страны и региона. Страны и регионы с высоким уровнем проникновения ВИЭ (Китай, Индия, США, некоторые европейские страны) имеют сравнительно более низкую LCOE[1].

Средняя нормированная стоимость выработки электроэнергии на солнечных и ветровых электростанциях (на оптовом рынке электроэнергии и мощности – ОРЭМ) в России оценивалась в 24–26 и 9–12 руб./кВт·ч соответственно в 2018 г.[2] Если перевести усредненные мировые данные Lazard из долл./МВт·ч в руб./кВт·ч по текущему курсу, то получится, что в 2019 г. LCOE солнечных фотоэлектрических электростанций составляла 3,1 руб./кВт·ч, а ветровых – 3,2 руб./кВт·ч, что значительно ниже российских показателей. Согласно Ассоциации «НП «Совет рынка», основными факторами отличия стоимости производства электроэнергии на ВИЭ в России и за рубежом являются: объем выработки электроэнергии, доходность на инвестированный капитал и стоимость строительства и эксплуатации объектов генерации[3].

Однако если посмотреть на электростанции, не являющиеся участниками ОРЭМ, то LCOE (по крайней мере ветровой энергии) в некоторых регионах России сопоставима с мировыми показателями. Согласно расчетам В. А. Бариновой и Т. А. Ланьшиной, средняя LCOE выработки электроэнергии для изолированных от централизованного электроснабжения регионов оценивается в 3,05 руб./кВт·ч (ВЭС в Сахалинской области) и 14,75 руб./кВт·ч (СЭС в Иркутской и Кемеровской областях и Якутии)[4]. Важно отметить, что данные ВИЭ-технологии конкурентоспособны по издержкам с дизельными электростанциями, которые распространены на удаленных территориях РФ. Согласно расчетам вышеуказанных авторов, нормированная стоимость электроэнергии, вырабатываемой за счет дизельного топлива, может составлять от 25,32 до 30,88 руб./кВт·ч. На территориях, куда завоз топлива сильно затруднен, себестоимость энергии от дизельных генераторов может доходить до 100–200

---

[1] Renewables 2019 Global Status Report, REN21. – Paris: REN21 Secretariat, 2019.

[2] Ассоциация «НП «Совет рынка»: Опыт реализации проектов ВИЭ на ОРЭМ и пути перехода от поддержки к конкуренции и экспорту, 2018. URL: https://www.hse.ru/data/2018/06/10/1149856995/%D0%91%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B8%D0%BD%20%D0%9E.%D0%93..pdf

[3] Там же.

[4] *Баринова В. А. и Ланьшина Т. А.* Сопоставление нормированной стоимости электроэнергии в России: ВИЭ против дизельных электростанций // Новая наука: Проблемы и перспективы. 2016. № 67. С. 52–55.

руб./кВт·ч[1], что существенно превышает LCOE солнечных и ветровых электростанций.

Таким образом, в настоящее время возобновляемые источники энергии становятся все более конкурентоспособными по сравнению с технологиями традиционной генерации, в том числе и в России. Хотя LCOE для солнечных и ветровых электростанций в РФ, как правило, значительно выше аналогичных мировых показателей, в некоторых российских регионах, например на изолированных территориях, себестоимость генерации достаточно низкая.

Система квот на электроэнергию, выработанную на основе ВИЭ, как инструмент стимулирования спроса (опыт Китая)[2]

Китай является лидером в области развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ): страна занимает 1-е место в мире и по объему установленных мощностей электростанций, работающих на основе ВИЭ, и по объему электроэнергии, выработанной на их основе, в абсолютном выражении. Однако если сравнить доли таких быстроразвивающихся источников энергии, как ветер и солнце, в суммарных установленных мощностях и совокупном объеме произведенной электроэнергии, заметна существенная разница между двумя показателями. В Китае в 2017 г. доля солнечной и ветровой энергии в суммарных установленных мощностях составила 16,5%, в то время как в совокупном объеме выработанной электроэнергии – всего около 6,5%[3].

Это говорит о низкой эффективности использования существующих мощностей. Согласно закону КНР «О возобновляемых источниках энергии», производителям возобновляемой энергии в обязательном порядке предоставляется доступ к сетям, выработанная ими электроэнергия должна приобретаться сетевыми компаниями в полном объеме[4]. Однако на практике производство возобновляемой энергии зачастую ограничивается, а инвесторы несут убытки. В 2016 г. не было реализовано 49 700

---

[1] *Баринова В. А. и Ланьшина Т. А.* Сопоставление нормированной стоимости электроэнергии в России: ВИЭ против дизельных электростанций // Новая наука: Проблемы и перспективы. 2016. № 67. С. 52–55.

[2] Опубликовано в: *Барабошкина А. В.* Система квот на электроэнергию, выработанную на основе ВИЭ, как инструмент стимулирования спроса (опыт Китая) // Материалы Международного молодежного научного форума Ломоносов-2020, Москва. Экономика. М., 2020.

[3] Сайт Ассоциации электроэнергетических предприятий КНР. URL: https://www.cec.org.cn/template2/index.html?177

[4] Сайт Министерства коммерции КНР. URL: http://english.mofcom.gov.cn/

ГВт-ч ветровой энергии и 6620 ГВт-ч солнечной энергии, что составило 17,2 и 10,3% от потенциального объема годовой выработки[1]. Такое явление обусловлено рядом причин, одной из которых является проблема институционального характера: небольшие и средние угольные электростанции принадлежат местным властям, которые заинтересованы в первоочередном распределении именно своей электроэнергии.

Для решения проблемы Государственное управление по делам энергетики КНР и Государственный комитет по реформам и развитию КНР приняли решение о введении системы квот. В 2018 г. был опубликован черновой вариант документа «Квоты на электроэнергию, выработанную на основе ВИЭ, и методы проверки», в 2019 г. была утверждена его окончательная версия. Каждая провинция (автономный район / город центрального подчинения) обязуется потреблять определенную долю электроэнергии, выработанной на основе ВИЭ (отдельно устанавливается обязательный для достижения процент электроэнергии, выработанной на основе ВИЭ, без учета гидроэнергии). Поощряется импорт «зеленой» электроэнергии из богатых возобновляемыми ресурсами регионов в регионы с менее благоприятными природными условиями. Чтобы доказать выполнение обязательств по приобретению «зеленой» электроэнергии, сетевые, сбытовые компании, а также крупные конечные потребители должны приобретать ВИЭ-сертификаты.

В случае невыполнения обязательств на уровне провинций будут применяться следующие санкции:

- провинции ограничиваются в строительстве новых электростанций, работающих на органическом топливе, или их строительство вовсе отменяется;
- провинции лишаются возможности участвовать в демонстрационных проектах.

К промышленным и коммерческим потребителям также будут применяться санкции, если они не достигнут установленных для них квот: например, внесение в список предприятий с плохой кредитной историей[2].

Таким образом, система квот не только способствует увеличению спроса на возобновляемую энергию и является одним из решений проблемы принудительного ограничения ее выработки, но и расширяет межрегиональную торговлю «зеленой» электрической энергией, что позволит сократить использование органического топлива в провинциях, в энергобалансах которых преобладает уголь.

---

[1] *Zhang H.* Prioritizing Access of Renewable Energy to the Grid in China: Regulatory Mechanisms and Challenges for Implementation // Chinese Journal of Environmental. 2019. Vol. 3. P. 167–202.

[2] *Xu Y.* China`s Renewable Energy Quotas, 2018. URL: https://www.chinawaterrisk.org/resources/analysis-reviews/chinas-renewable-energy-quotas/

Возобновляемая энергетика и рынок системных услуг (опыт Китая для России)[1]

Одним из основных направлений решения проблемы рационального и эффективного использования энергоресурсов в России является переход к устойчивому развитию, подразумевающему развитие низкоуглеродной модели экономики и широкое внедрение альтернативной энергетики, в том числе использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [3]. Задача по развитию возобновляемой энергетики заложена в ряд стратегических документов, включая проект Энергетической стратегии России на период до 2035 г. Несмотря на актуальность данной проблемы, в России в настоящее время немного исследований посвящены изучению вопросов интеграции ВИЭ в энергетическую систему страны.

Увеличение доли генерации на основе таких «прерывистых» источников энергии, как солнце и ветер, ставит ряд вызовов перед энергосистемой, а именно: как возрастающая доля нестабильных потоков энергии может быть безопасно интегрирована в сеть с минимальными потерями и без ущерба для надежности самой системы? Для ответа на этот вопрос обратимся к опыту Китая, который смог достаточно успешно справиться с соответствующим вызовом на региональном уровне.

Стремительное развитие солнечной и ветровой энергетики в Китае привело к возникновению проблемы принудительного ограничения выработки (curtailment problem) солнечной и ветровой электроэнергии. В 2016 г. коэффициент недоотпуска электроэнергии (curtailment rate), произведенной на основе ветра, составил 17%, на основе солнца – 10%. В результате в сети не было поставлено 57 ТВт·ч ветровой и солнечной энергии, что превышает суммарный годовой объем потребления электричества в Португалии (IEA, 2017). Принудительное ограничение выработки не только отрицательно влияет на эффективность работы электростанций, но и создает серьезные финансовые риски для генераторов. Из-за принудительного ограничения выработки ветровой электроэнергии только за первую половину 2015 г. владельцы ветроэлектростанций (ВЭС) понесли ущерб в размере 8,9 млрд юаней (1,9 млрд долл.) [8].

Одной из причин появления данной проблемы являются институциональные ограничения. На севере Китая зимой основные источники теплоснабжения – когенераторные электростанции, работающие на угле. На такого типа электростанциях применяется комбинированная выработка тепла и электричества, поэтому вместе с теплом сети принимают и произведенную ими электрическую энергию. Вырабатываемая когене-

[1] *Барабошкина А. В., Кудрявцева О. В.* Возобновляемая энергетика и рынок системных услуг (опыт Китая для России): тезисы приняты к публикации в электронном сборнике тематических конференций РЭК-2020 на сайте Новой экономической ассоциации.

раторными электростанциями в отопительный сезон энергия относится к категории «обязательной для распределения», поэтому, несмотря на нормативный акт о приоритетном доступе к сетям ВИЭ-электроэнергии и ее гарантированной закупке, именно энергия когенераторных электростанций получает статус приоритетной.

Одной из мер по борьбе с принудительным ограничением выработки ветровой и солнечной электроэнергии стал запуск в 2017 г. пилотного проекта рынка системных услуг в северо-восточном регионе Китая (провинции Ляонин, Цзилинь, Хэйлунцзян и восточная часть Внутренней Монголии). Реализуемый вид системных услуг называется «глубоким ограничением нагрузки» (deep-down regulation). Смысл проекта заключается в стимулировании тепловых электростанций, когда это необходимо, сокращать объемы производства энергии ниже определенного уровня нагрузки (ниже 48–50% от максимально возможной выработки для разных типов электростанций / периодов), чтобы обеспечить успешную интеграцию в сеть «прерывистых» ВИЭ. С появлением нового механизма регулирования энерговыработки когенераторная тепловая электростанция, которая работает, например, на уровне 36% от максимума в отопительный сезон, может предложить цену за ограничение собственной нагрузки исходя из двух уровней: 0–0,4 юаня/кВт·ч за снижение нагрузки на 10% (с 50 до 40%) и 0,4–1 юаня/кВт·ч за снижение еще на 4% [7]. Рынок системных услуг в Китае функционирует как «рынок на сутки вперед». Окончательная сумма, которую получает ТЭС, формируется на базе расчетной цены.

Стоимость платежей распределяется между генераторами: ТЭС, коэффициент нагрузки которых превышает 48–50%; ВЭС при коэффициенте нагрузки выше 0% и АЭС при коэффициенте нагрузки выше 77% [7].

С момента запуска пилотного проекта 86 из 88 крупных угольных электростанций перешли на работу с нагрузкой менее 50%, из них 73 – с нагрузкой менее 40% [7]. Благодаря сокращению объемов угольной генерации только за один квартал функционирования нового рынка системных услуг сети получили возможность принять дополнительных 3,9 ТВт·ч электроэнергии [9]. Коэффициент недоотпуска ветровой электроэнергии на северо-востоке Китая значительно снизился: если в 2016 г. в провинциях Хэйлунцзян, Цзилинь и Ляонин он составлял соответственно 19, 30 и 13% [14], то в 2018 г. сократился до 4,4, 6,8 и 1% [15]. Рынок системных услуг помог не только улучшить ситуацию с интеграцией возобновляемых источников энергии в энергосистему, но и оказал положительное влияние на экологическую обстановку и финансовое положение производителей «зеленой» электроэнергии. Объем сжигаемого топлива уменьшился на 1,23 млн т угольного эквивалента. Доходы ветрогенераторов от продажи электроэнергии увеличились на 2,1 млрд юаней [15].

Таким образом, развитие рынка системных услуг является важным для обеспечения надежного и стабильного функционирования энергосе-

тей, особенно при увеличении доли «прерывистых» ВИЭ в энергобалансе страны. Опыт Китая может быть полезен для России, где в последние годы достаточно много внимания уделяется проблеме формирования низкоуглеродной экономики и развития «зеленой» энергетики.

Проблемы развития малой солнечной генерации (опыт Китая)[1]

«Зеленая» электрогенерация является необходимой составляющей успешного перехода к низкоуглеродному развитию и «зеленой» экономике [3]. Возобновляемая энергетика в распределенных энергосистемах – один из ключевых элементов «энергетического перехода» от традиционной электрогенерации к новым технологиям и проектам XXI в. Китай, являющийся мировым лидером по развитию солнечной энергетики, представляет в связи с этим особый интерес.

Китайские домохозяйства реже устанавливают у себя солнечные панели, нежели это происходит в промышленном и коммерческом секторах. Это связано, во-первых, с тем, что в отличие от западных стран, где многие семьи живут в собственных домах, в Китае они в основном проживают в многоквартирных. Это ограничивает число жилых зданий, подходящих для установки солнечных панелей. В промышленно-коммерческом секторе девелоперы также сталкиваются с этой проблемой, затрачивая много средств и времени на поиски зданий, подходящих для эксплуатации солнечных панелей.

Во-вторых, сравнительно низкий уровень использования солнечных панелей в жилищном секторе связан с низкой осведомленностью населения и высоким уровнем капитальных затрат. К таким выводам пришли авторы исследования, которое было проведено в 2010 г. Согласно результатам, солнечные водонагреватели были хорошо знакомы 73% респондентов, в то время как солнечные панели – всего 26% [6]. Если проблема с рекламой по-прежнему существует [Rechargenews, 2016], то уровень капитальных затрат снизился по сравнению с 2010 г. Мы рассчитали примерные сроки окупаемости домашней солнечной панели, используя данные по капитальным затратам, стоимости электроэнергии и субсидиям за 2018 г.

Предположим, что семья проживает в восточной провинции Китая – Шаньдуне (одна из провинций — лидеров по развитию малой солнечной генерации) и имеет в своем распоряжении солнечную панель мощностью 5 кВт. Ежемесячно семья производит 600 кВт·ч: половину использует

[1] *Барабошкина А. В.* Проблемы развития малой солнечной генерации (опыт Китая): тезисы приняты к публикации в сборнике тезисов Ежегодной научной конференции «Ломоносовские чтения-2020. Секция экономических наук».

сама, половину – отдает в сеть. Используем следующую формулу расчета получаемой выгоды [Zhihu, 2018]:

$$S + P = 300*(r + ns + ls) + 300*(ct + ns + ls),$$

где S – сэкономленные благодаря использованию собственной солнечной энергии средства и поощрение за ее использование; P – доход от продажи излишков в сеть; r – розничная цена электричества из сети; ns – национальная субсидия; ls – местная субсидия; ct – местный тариф на угольную энергию.

Выгода составляет 8118 юаней в год (рассчитано на основе данных из [Jianshu, 2018; Cesar, 2018; Guangfu, 2018]). Благодаря уменьшению стоимости солнечных панелей суммарные издержки установки всей системы снизились и в настоящее время варьируются в диапазоне 5–8 юаней/ватт [Zhihu, 2018].

С учетом этого были определены дисконтированные сроки окупаемости домашней солнечной панели мощностью 5 кВт. При минимальных издержках установки энергообъекта дисконтированный срок окупаемости составляет четыре года, при максимальных – семь лет. Выгода проекта без учета субсидий составляет 3294 юаня, в то время как дисконтированный срок его окупаемости без учета субсидий при минимальных издержках – 15 лет, а при максимальных издержках проект невыгоден.

Итак, приблизительный срок окупаемости домашней солнечной панели с учетом национальной и местных субсидий сравнительно небольшой: он варьируется в диапазоне от четырех до семи лет. Однако несубсидируемая малая солнечная генерация в настоящее время остается малорентабельной, а часть проектов – полностью нерентабельными: минимальный срок окупаемости составляет 15 лет. В связи с этим снижение величины национальной субсидии и возможные изменения в сроках выплат / видах местных субсидий «отпугивают» потенциальных покупателей.

Таким образом, несмотря на снижение уровня капитальных затрат, несубсидируемая малая солнечная генерация в Китае остается малопривлекательной с финансовой точки зрения, особенно для домохозяйств. Необходимо найти альтернативный вариант обеспечения рентабельности проектов в случае снижения/отмены субсидий. Кроме того, для ее успешного развития необходимы активные рекламные кампании и совершенствование технологий. Аналогичный подход можно применить для анализа окупаемости солнечных панелей в Подмосковье.

Список литературы

1. Ассоциация «НП «Совет рынка»: Опыт реализации проектов ВИЭ на ОРЭМ и пути перехода от поддержки к конкуренции и экспорту, 2018. URL: https://

www.hse.ru/data/2018/06/10/1149856995/%D0%91%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B8%D0%BD%20%D0%9E.%D0%93..pdf
2. *Баринова В. А., Ланьшина Т. А.* Сопоставление нормированной стоимости электроэнергии в России: ВИЭ против дизельных электростанций // Новая наука: Проблемы и перспективы. 2016. № 67. С. 52–55.
3. *Кудрявцева О. В., Митенкова Е. Н., Маликова О. И., Головин М. С.* Развитие альтернативной энергетики в России в контексте формирования модели низкоуглеродной экономики // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2019. № 4. С. 122–139.
4. Сайт Ассоциации электроэнергетических предприятий КНР. URL: https://www.cec.org.cn/template2/index.html?177
5. Сайт Министерства коммерции КНР. URL: http://english.mofcom.gov.cn/
6. *Yuan X.* Social acceptance of solar energy technologies in China-End users' perspective// Energy Policy. 2011. Vol. 39. P. 1031–1036.
7. *César A., Li X.* Power Sector Reform in China: An international perspective. Paris: IEA, 2018. 88 p.
8. *Rajagopalan M.* Smart Power Generation can help China stop curtailing its wind power. 2016.
9. *Suo W.* Реформа электроэнергетики. В сфере системных услуг произошел прорыв. Рынок системных услуг на северо-востоке [Китая] обеспечивает тепло- и электроснабжение, сокращает недоотпуск электроэнергии (на кит. яз.). 2017. URL: http://www.xinhuanet.com//2017-06/02/c_1121070004.htm
10. Renewables 2019 Global Status Report, REN21. Paris: REN21 Secretariat, 2019.
11. Renewables 2020 Global Status Report, REN21. Paris: REN21 Secretariat, 2020.
12. Wärtsilä Technical Journal. URL: https://www.wartsila.com/twentyfour7/in-detail/smart-power-generation-can-help-china-stop-curtailing-its-wind-power
13. *Zhang H.* Prioritizing Access of Renewable Energy to the Grid in China: Regulatory Mechanisms and Challenges for Implementation // Chinese Journal of Environmental, 2019. Vol. 3. P. 167–202.
14. *Zhou Y., Lu S.* China's Renewables Curtailment and Coal Assets Risk Map. London: Bloomberg New Energy Finance, 2017.
15. NEA. Операционное состояние ВЭС, подключенных к сети, в 2018 г. (на кит. яз.). 2019. URL: http://www.nea.gov.cn/2019-01/28/c_137780779.htm
16. IN DEPTH: Distributed solar is China's big problem. URL: https://www.rechargenews.com/sol ar/868719/in-depth-distributed-solar-is-chinas-big-problem
17. Lazard: Lazard`s levelized cost of energy analysis – version 13.0, 2019. URL: https://www.lazard.com/media/451086/lazards-levelized-cost-of-energy-version-130-vf.pdf
18. 对于光伏发电的收益，你了解了多少？ URL: https://zhuanlan.zhihu.com/p/34938813
19. 山东暂停分布式光伏受理工作 补贴执"5·31". URL: http://guangfu.bjx.com.cn/news/20180611/904764.shtml
20. 五步教你如何算出光伏电站选择"自发自用、余电上网"最划 . https://www.jianshu.com/p/8d848b39b4d8

2.6. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА ПО РАЗВИТИЮ ОТРАСЛИ ТРАНСПОРТНОГО БИОТОПЛИВА В ЕВРОПЕЙСКОМ СОЮЗЕ

Головин М. С., Кудрявцева О. В.[1]

Последние десятилетия внимание международного сообщества приковано к проблеме достижения устойчивого экономического развития, наиболее важные элементы которого подразумевают снижение уровня антропогенного воздействия на окружающую среду. Критерий устойчивости подразумевает такое развитие экономики, которое обеспечивает удовлетворение потребностей ныне живущих поколений без ограничения условий удовлетворения потребностей будущих поколений [6]. В результате все большее распространение получают новые модели экономики: «зеленая», низкоуглеродная, циркулярная и др., подразумевающие достижение баланса между экономическим ростом, социальным развитием и экологической устойчивостью [1].

Рамочная конвенция ООН об изменении климата, принятая в 2015 г., поставила перед международным сообществом задачу ограничения роста парниковой эмиссии и глобальной температуры 2 °C[2]. Данный документ является последовательной попыткой нивелировать проблему глобального потепления, развить принципы, заложенные в Киотском протоколе 1992 г.

Реализация столь сложной задачи невозможна без повышения энергоэффективности и внедрения климатически-нейтральных технологий во всех сферах хозяйственной деятельности человека, в том числе — в сфере транспорта, эмитирующего до 14% совокупных выбросов парниковых газов [9]. Осознание данного факта находит свое прикладное отражение в предпринимаемых отдельными странами усилиях по развитию экологически чистых, возобновляемых источников энергии, способных

---

[1] Опубликовано в: *Головин М. С., Кудрявцева О. В.* Государственная политика по развитию отрасли транспортного биотоплива в Европейском союзе // Государственное управление. Электронный вестник (Электронный журнал). 2020. Т.78. № февраль. С. 72–90.

[2] ООН / Рамочная конвенция об изменении климата (12 декабря 2015 года) [Электронный ресурс]. URL: http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/rus/l09r.pdf (дата обращения: 30.11.2019).

нивелировать проблему роста потребления традиционных углеводородных энергоносителей в транспортном секторе.

Важным элементом данного направления государственной экономической политики является стимулирование производства и потребления транспортного биотоплива. Биотопливная отрасль появилась в Бразилии еще в начале XX столетия и до 1990-х гг. развивалась лишь в нескольких странах, рассматриваясь в качестве локального и достаточно узкого инструмента диверсификации энергопоставок, стимулирования экономики АПК и улучшения экологической обстановки в городских агломерациях. В последние три десятилетия благодаря реализации системной государственной политики более чем в 60 странах мира отрасль транспортного биотоплива продемонстрировала высокие темпы роста и уверенно заняла нишу экологически безопасных топливных добавок.

По оценкам специалистов Международного энергетического агентства, доля биотоплива в совокупном мировом энергопотреблении транспортного сектора достигла в 2017 г. 3%, а к 2040 г. может увеличиться до 6% [11]. Лидирующие мировые позиции в производстве и потреблении транспортного биотоплива наряду с США и Бразилией занимает Европейский союз.

В Российской Федерации производство и потребление транспортного биотоплива не осуществляется (за исключением незначительных поставок растительных масел и жировых отходов пищевой промышленности на рынок ЕС). При этом показатель эмиссии углекислого газа в РФ составляет 11,9 т на одного человека в год, что на 1,2 т превышает средний показатель эмиссии в группе стран с очень высоким уровнем человеческого развития, на 3 т — показатель эмиссии в Германии, на 7,3 т — показатель эмиссии во Франции и т.д.[1] В целом развитие чистой энергетики способно благотворно сказываться на благосостоянии населения, сохранять его здоровье и повышать степень технологической гибкости энергетического сектора [2].

В связи с этим представляется крайне актуальным исследование накопленного опыта применения основных инструментов государственной политики по развитию биотопливной отрасли в качестве элемента стратегии по снижению выбросов парниковых газов и диверсификации энергопотребления.

Цель данного исследования — обобщить опыт стран Европейского союза в области государственной политики по стимулированию производства и потребления транспортного биотоплива, выделить основные

[1] UNDP / Human Development Indices and Indicators. 2018 Statistical Update. P. 98–101 [Электронный ресурс]. URL: http://hdr.undp.org/sites/default/files/2018_human_development_statistical_update.pdf (дата обращения: 30.11.2019).

механизмы стимулирования и отразить их эволюцию за последнее десятилетие. Полученные результаты могут быть применены при разработке стратегии декарбонизации транспортного сектора РФ.

Вплоть до начала 2000-х гг. производство и потребление транспортного биотоплива в странах ЕС носили локальный характер и были обусловлены государственными программами развития отрасли, действующими в отдельных странах. Основным видом биотоплива являлся биодизель, объемы потребления которого в 2000 г. составляли 577,6 млн л, при этом практически весь спрос удовлетворялся за счет внутреннего производства[1]. Производство биоэтанола составляло порядка 542 млн л, при этом в качестве моторного топлива он практически не использовался[2]. Основные объемы производства и потребления биотоплива были сосредоточены во Франции, Германии, Испании и Австрии[3].

В 2003 г. данная ситуация резко изменилась. Принятие Европейской комиссией директивы Directive 2003/30/EC (RED I) закрепило за странами — участницами объединения долгосрочные обязательства по достижению целевых показателей потребления биотоплива в совокупной структуре потребления транспортного топлива:

а) к 31 декабря 2005 г. уровень потребления биотоплива должен был составить 2% от совокупного потребления транспортного топлива;
б) к 31 декабря 2010 г. уровень потребления биотоплива должен был составить 5,75% от совокупного потребления транспортного топлива[4].

Принятие данной директивы на наднациональном уровне закрепляло за странами — участницами объединения обязательства, но оставляло право индивидуального выбора инструментов государственной поддержки отрасли, направленных на их достижение. Анализ многочисленных исследований, посвященных данной проблематике, позволяет выделить следующие три категории данных инструментов: поддержка конечного производства (output-related assistance), поддержка факторов производства (support for factors of production) и поддержка дистрибуции и потребления (distribution and use support) [10].

---

[1] OECD-FAO Agricultural Outlook 2019–2028. [Электронный ресурс]. URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HIGH_AGLINK_2019 (дата обращения: 30.11.2019).

[2] Ibid.

[3] BP. Statistical Review of World Energy 2017. [Электронный ресурс]. URL: https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html (дата обращения: 30.11.2019).

[4] EUR — Lex / EUROPA / EU law and publications / EUR-Lex - 32003L0030 / DIRECTIVE 2003/30/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 8 May 2003 [Электронный ресурс]. URL: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0030&from=EN (дата обращения: 30.11.2019).

Наиболее распространенными инструментами в рамках данных категорий являются:

а) нормы обязательного минимального содержания биотоплива в топливной смеси с традиционными энергоносителями и субсидирование производителей биотоплива (поддержка конечного производства);
б) инструменты тарифной и нетарифной защиты внутреннего рынка от импорта (поддержка конечного производства);
в) государственная поддержка фундаментальных исследований, прикладных разработок и пилотных проектов (поддержка факторов производства);
г) субсидирование поставщиков сырья, используемого в производстве биотоплива (поддержка факторов производства);
д) субсидирование инфраструктуры дистрибуции биотоплива (поддержка дистрибуции и потребления);
е) налоговые льготы, повышающие потребительскую привлекательность биотоплива по сравнению с традиционными видами транспортного топлива (поддержка дистрибуции и потребления).

Основополагающим механизмом развития отрасли является административно установленная норма обязательного минимального содержания биотоплива в топливной смеси с традиционными энергоносителями (бензин, дизельное топливо). На начальном этапе осуществления системной политики по развитию отрасли в ЕС нормы обязательного минимального содержания биотоплива в топливных смесях с традиционными энергоносителями были распространены повсеместно и варьировались от 1 до 5%. В данный момент эти показатели существенно выше (табл. 1), при этом в отдельных странах прослеживается тенденция к переходу от системы «квотирования» потребления биотоплива к системе налогообложения выбросов углекислого газа.

Таблица 1

Нормы обязательного содержания биотоплива в топливных смесях в отдельных странах ЕС

Страна	Минимальный объем содержания биотоплива в топливной смеси (на 2019 г.)
Швеция	• 2,6% содержания биоэтанола в топливной смеси с бензином; • 20% содержания биодизеля в топливной смеси с дизельным топливом
Испания	• 7% биотоплива в топливной смеси в 2019 г.; • 8,5% биотоплива в топливной смеси в 2020 г.
Австрия	• 3,4% содержания биоэтанола (либо альтернативного биотоплива) в топливной смеси с бензином; • 6,3% содержания биодизеля в топливной смеси с дизельным топливом

Окончание табл. 1

Страна	Минимальный объем содержания биотоплива в топливной смеси (на 2019 г.)
Франция	• премиальные марки бензина (SP 95 и SP 98) должны содержать 8% биоэтанола в 1 л топливной смеси; • премиальная марка бензина SP95-E10 должна содержать 10% биоэтанола в 1 л топливной смеси; • дизельное топливо должно содержать 8% биодизеля в 1 л топливной смеси
Польша	• минимальное содержание биотоплива в топливных смесях в 2019 г. — 8%; • минимальное содержание биотоплива в топливных смесях в 2020 г. — 8,5%

Источник: составлено авторами на основе RES LEGAL Europe [Электронный ресурс]. URL: http://www.res-legal.eu/home/ (дата обращения: 30.11.2019).

Невыполнение поставщиками топлива требований о минимальном содержании биотоплива приводило к штрафам и ограничению оборота топливной смеси на внутренних рынках стран, использующих данный инструмент регулирования. Аналогичная ситуация наблюдается и в настоящее время.

Другим важным инструментом развития отрасли является таможенно-тарифное регулирование импорта как сырьевой базы, используемой при производстве биотоплива, так и самого биотоплива (табл. 2).

Таблица 2

Импортные пошлины на биотопливо в ЕС

Таможенный код	Продукт	Ставка импортной пошлины
3826001	FAMAE 96,5-100%	6,5% (плюс адвалорные и компенсационные пошлины против большинства компаний США и Канады)
38260090	FAMAE ниже 96,5%	6,5% (плюс адвалорные и компенсационные пошлины против большинства компаний США и Канады)
271020	B30 и ниже 30%	3,5%
220710	Неденатурированный этанол	0,192 евро за 1 л
220720	Денатурированный этанол	0,102 евро за 1 л

Источник: USDA / EU Biofuels Annual 2017. 6/21/2017, NL7015. P. 14.

Кроме обозначенных выше мер защиты внутреннего рынка, страны ЕС в течение длительного времени активно применяли антидемпинговые пошлины против поставщиков биодизеля из Аргентины и Индонезии [13].

Нормы обязательного содержания биотоплива в топливной смеси и инструменты защиты внутреннего рынка относятся к категории поддержки конечного производства, носят фундаментальный характер, и их применение позволило странам ЕС:

а) сформировать рыночный спрос на энергоноситель, отличающийся несовершенной технологической сопряженностью с существующими технологиями энергопотребления дорожного транспорта и более высокой себестоимостью по сравнению с бензином и дизельным топливом;
б) защитить внутреннего производителя от конкуренции с зарубежными поставщиками и усилить инвестиционную привлекательность отрасли.

Применение других инструментов позволяло решать отдельные задачи, препятствующие развитию отрасли, в первую очередь:

а) ускорять темпы введения в действие производственных мощностей;
б) нивелировать влияние высокой себестоимости биотоплива на конечного потребителя;
в) модернизировать инфраструктуру дистрибуции биотоплива конечному потребителю.

Оценка совокупных экономических затрат, сопровождающих применение данных инструментов, является весьма нетривиальной задачей, поскольку на рыночное равновесие воздействует многочисленное количество регулирующих норм. Но отметим, что, по оценкам экспертов, в 2006 г. совокупные субсидии в биотопливной отрасли ЕС составляли 3,7 млрд евро [8, P. 1], в 2011 г. они выросли до 5,5–6,9 млрд евро [12. P. 1], а в период 2011–2020 гг. их ежегодный минимальный объем оценивается в 8,4 млрд евро[1].

Результатом реализации директивы Directive 2003/30/EC стало резкое увеличение роста производства и потребления биоэтанола и биодизеля. Уже в 2009 г. потребление биодизеля составляло 11,3 млрд л (при внутреннем производстве в объеме 10 млрд л, экспорте в 490 млн л и импорте в 2 млрд л), потребление биоэтанола — 6 млрд л (при внутреннем производстве в объеме 4,6 млрд л, экспорте в 248 млн л и импорте в 1,5 млрд л)[2].

---

[1] *Bourguignon D.* EU biofuels policy / Dealing with indirect land use change. EPRS | European Parliamentary Research Service. January 2015. [Электронный ресурс]. URL: http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/545726/EPRS_BRI%282015%29545726_REV1_EN.pdf (дата обращения: 30.11.2019).

[2] OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028. [Электронный ресурс]. URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HIGH_AGLINK_2019 (дата обращения: 30.11.2019).

При этом стремительное развитие отрасли сопровождалось тем, что основными видами транспортного биотоплива стали биоэтанол и биодизель первого поколения (производство которых основано на сельскохозяйственном сырье). Это, в свою очередь, вызвало многочисленные дискуссии, касающиеся дилеммы «топливо вместо еды» и негативных эффектов изменения структуры землепользования (ILUC).

Критики биотопливной отрасли подчеркивали эффекты роста спроса на сельскохозяйственную продукцию со стороны энергетического сектора, влияющего на рост цен и обострение проблемы голода в наименее обеспеченных регионах планеты, и роста темпов введения в сельскохозяйственный оборот земель, ранее занятых естественными экосистемами. Наиболее остро проблема изменения структуры землепользования прослеживалась в странах Юго-Восточной Азии и Бразилии, где рост спроса на биодизель и биоэтанол на внутреннем рынке ЕС привел к масштабной конверсии тропических лесов под сельскохозяйственную пашню, используемую для культивации масличной пальмы и сахарного тростника.

Результаты глубокого анализа данных проблем, обладающих трансграничным характером, предопределили коррекцию государственной политики в области развития биотопливной отрасли путем принятия такого документа, как Directive 2009/28/EC.

Директива Directive 2009/28/EC (RED II) была направлена, с одной стороны, на увеличение потребления транспортного биотоплива, а с другой — на обеспечение устойчивости и антропогенной нейтральности производства данного энергоносителя. К 2020 г. каждое государство — член ЕС должно достигнуть определенной индикативной доли потребления энергии из возобновляемых источников:

а) доля возобновляемой энергии в совокупной структуре энергопотребления должна составить 20%;
б) доля возобновляемой энергии в совокупном энергопотреблении транспортного сектора должна составить 10%;
в) доля возобновляемой энергии в структуре энергопотребления авиационного транспорта должна составить 6,18%[1].

В настоящее время каждое государство — член ЕС установило следующие целевые показатели потребления биотоплива в транспортном секторе (табл. 3).

[1] EUR — Lex / EUROPA / EU law and publications / EUR-Lex - en0009 — EN / Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC [Электронный ресурс]. URL: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN (дата обращения: 30.11.2019).

Таблица 3

Целевые показатели потребления биотоплива в транспортном секторе (индикаторы к 2020 г., V — объем, E — энергетическое содержание, %)

Страна	Этанол	Биодизель	Общие требования
Австрия	3,4%	6,3%	8,75%
Бельгия	8,5% (V)	6% (V)	
Болгария	10% (V)	6% (V)	
Хорватия	1%	7,49%	8,81% (E)
Чехия	4,1% (V)	6% (V)	10% (E)
Дания			5,75% (E)
Финляндия			20% (E)
Франция	7,5% (E)	7,7% (E)	
Германия	2,8%	4,4%	6,25%
Греция			10% (V)
Венгрия	4,9%	4,9%	4,9% (E)
Ирландия			8,695% (E)
Италия			10% (E)
Нидерланды			10% (E)
Польша			8,5% (E)
Португалия			10% (E)
Румыния	8% (V)	6,5% (V)	10% (V)
Словакия	7% (V)	11,5% (V)	8,5% (V)
Словения			7,5% (E)
Испания			8,5% (E)
Швеция			10%, показатель достигнут и превышен
Великобритания			9,75% (V)

Источник: USDA / Biofuel Mandates in the EU by Member State in 2017. 6/1/2017, GM17017. P. 4–13 [Электронный ресурс]. URL: https://www.fuelseurope.eu/wp-content/uploads/2015/06/Graphs_FUELS_EUROPE-_2017_-48.pdf (дата обращения: 30.11.2019).

Существовавшие на момент принятия директивы инструменты государственного регулирования были расширены механизмами сертификации биотоплива и новыми способами субсидирования производителей.

Сертификация биотоплива является инструментом достижения параметров устойчивости и принципиально отличает отраслевую политику в ЕС от других стран, реализующих программы по развитию производства

и потребления биотоплива. Данная сертификация является как инструментом стимулирования перехода отрасли на сырье второго поколения (не являющееся сельскохозяйственной культурой и не способствующее негативным эффектам в области продовольственной безопасности и экологической устойчивости естественных экосистем), так и инструментом защиты внутреннего рынка (планируемый запрет на использование в производстве биотоплива пальмового масла).

Критерии устойчивости в первую очередь включают требования к эффектам сокращения парниковой эмиссии от использования биотоплива и биожидкостей, которые должны составлять по меньшей мере 35%, при этом:

а) с 1 января 2017 г. эффект сокращения парниковой эмиссии должен составлять 50%;
б) с 1 января 2018 г. эффект сокращения парниковой эмиссии должен составлять не менее 60% для биотоплива и биожидкостей, произведенных на мощностях, созданных с 1 января 2017 г.[1]

Дополнительные критерии устойчивости касаются ограничения негативных эффектов в структуре землепользования. Биотопливо и биожидкости не должны быть произведены из сырья, полученного от использования земли с высокой ценностью биоразнообразия, а именно от использования земли, которая имела следующий статус на январь 2008 г.:

а) первичные (девственные) леса и другие земли, занятые лесом, где нет значимой хозяйственной деятельности человека и нет нарушений экологических процессов;
б) территории, которые находятся под законодательной защитой в целях защиты окружающей среды и отведены для защиты редких животных, находящихся под угрозой исчезновения, или находящиеся под угрозой исчезновения экосистемы;
в) луга с высоким уровнем биоразнообразия:
г) водно-болотные угодья;
д) лесные зоны, включающие территории более 1 га при высоте деревьев выше 5 м и с лесным пологом, покрывающим 30% территории, либо деревьями, способными достигнуть таких показателей in situ;

[1] EUR — Lex / EUROPA / EU law and publications / EUR-Lex - en0009 — EN / Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC [Электронный ресурс]. URL: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN (дата обращения: 30.11.2019).

е) земельные участки площадью более 1 га, с деревьями выше 5 м и лесным пологом, покрывающим от 10 до 30% территории, либо если деревья способны достигнуть такого показателя in situ[1].

В случаях, когда поставщик биотоплива не подтверждает соответствие продукции критериям устойчивости, на такую продукцию не распространяются механизмы государственной поддержки. В частности, такое биотопливо облагается обычными ставками налоговых сборов.

Уникальным по своему характеру инструментом субсидирования биотопливной отрасли является механизм торговли квотами на выбросы парниковых газов (Emission Trading System, ETS). Начиная с конца 1990-х гг. данный механизм представлял собой государственную компенсацию производителям за «эффект сокращения» эмиссии тонны CO_2: от 186 до 299 евро за 1 т при производстве этанола из сахарной свеклы, от 669 до 1422 евро за 1 т при производстве этанола из зерна, от 263 до 347 евро за 1 т при производстве биодизеля из рапса[2]. В настоящее время данный механизм усовершенствован и представляет собой полноценно действующий биржевой механизм, в рамках которого производители биотоплива продают квоты на выбросы углекислого газа (полученные в результате эффекта снижения парниковой эмиссии) третьим компаниям, выбросы которых превышают нормированные показатели[3].

Применение механизма торговли квотами на выбросы парниковых газов является инструментом стимулирования перехода в производстве биотоплива от сырья первого поколения (сельскохозяйственные культуры) к сырью второго поколения (целлюлозное сырье, отходы). Происходит это благодаря большему эффекту сокращения парниковой эмиссии у биотоплива второго поколения. Так, например, биодизель из соевого масла обладает эффектом сокращения парниковой эмиссии на 50% по отношению к традиционному дизельному топливу, а эффект сокращения парниковой эмиссии у биодизеля из отработанного пищевого масла составляет 84%[4].

---

[1] Ibid.

[2] EUR — Lex / EUROPA / EU law and publications / EUR-Lex - en0009 — EN / Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC [Электронный ресурс]. URL: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN (дата обращения: 30.11.2019).

[3] European Commission / EU Emissions Trading System (EU ETS) [Электронный ресурс]. URL: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en (дата обращения: 30.11.2019).

[4] EUR — Lex / EUROPA /EU law and publications / Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (Text with EEA relevance.) [Электронный ресурс]. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG&toc=OJ:L:2018:328:TOC (дата обращения: 30.11.2019).

В настоящее время отдельные страны, например Германия, осуществляют политику по повышенному налогообложению выбросов углекислого газа. В 2015 г. законодательное требование по минимальному содержанию биотоплива в топливной смеси в данной стране было заменено требованиями к показателям эмиссии парниковых газов от используемого топлива[1]. С 2015 г. показатели эмиссии CO_2 от используемого топлива должны быть снижены на 3,5%, с 2017 г. — еще на 4%, с 2020 г. — еще на 6%. Превышение установленных показателей эмиссии ведет к штрафу в размере 0,47 евро за 1 кг. CO_2, накладываемому на поставщика транспортного топлива. Данная мера напрямую стимулирует поставщиков топлива добавлять в топливные смеси более углеродно-нейтральное биотопливо, а также косвенно способствует распространению электромобилей.

Реализация директивы 2009/28/ЕС укрепила тенденцию к росту производства и потребления транспортного биотоплива на территории стран ЕС. В 2018 г. объемы потребления биодизеля составили 15,1 млрд л (при внутреннем производстве в объеме 13,5 млрд л, экспорте в 1,1 млрд л и импорте в 3,4 млрд л), потребление биоэтанола — 6,9 млрд л (при внутреннем производстве в объеме 6,8 млрд л, экспорте в 427 млн л и импорте в 518 млн л)[2]. При этом благодаря механизмам сертификации странам ЕС удалось сдержать темпы роста импорта биодизеля из пальмового масла, снизить объемы импорта биоэтанола из сахарного тростника, нарастить производство биодизеля из жировых отходов пищевой и перерабатывающей промышленности.

Следует обратить внимание, что действующая редакция Directive 2018/2001 (RED III), принятая в 2018 г., предполагает к 2030 г. постепенный запрет потребления биодизельного топлива, произведенного из сельскохозяйственных культур, культивация которых сопровождается негативными эффектами в структуре землепользования[3]. Данное требование ограничивает использование в производстве транспортного биотоплива сельскохозяйственного сырья, выращенного на землях, ранее занятых естественными экосистемами, и в первую очередь — тропическими лесами. При этом доля транспортного биотоплива первого поколения в со-

---

[1] RES LEGAL Europe [Электронный ресурс]. URL: http://www.res-legal.eu/search-by-country/germany/single/s/res-t/t/promotion/aid/biofuel-quota-3/lastp/135/ (дата обращения: 30.11.2019).

[2] OECD-FAO Agricultural Outlook 2019–2028 [Электронный ресурс]. URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HIGH_AGLINK_2019 (дата обращения: 30.11.2019).

[3] EUR — Lex / EUROPA /EU law and publications / Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (Text with EEA relevance.) [Электронный ресурс]. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG&toc=OJ:L:2018:328:TOC (дата обращения: 30.11.2019).

вокупном энергопотреблении транспортного сектора не должна превышать 7%, а доля транспортного биотоплива второго и третьего поколений в совокупном энергопотреблении транспортного сектора должна будет составить 3,5% к 2030 г.

В Российской Федерации системная государственная политика по развитию производства и потребления транспортного биотоплива не осуществляется. Отсутствуют аналоги основных инструментов развития отрасли, применяемые в ЕС, а механизмы субсидирования сельского хозяйства не имеют взаимосвязи с производством транспортного биотоплива. В определенной степени это обусловлено обеспеченностью страны традиционными энергоносителями и наличием единой энергосистемы [4].

При этом в нашей стране происходят активные процессы автомобилизации и роста энергопотребления в транспортном секторе. Данные тенденции наблюдаются на фоне недостаточного внимания к проблемам устойчивого развития, развития низкоуглеродной, «зеленой» экономики, сфокусированности государственной экологической политики преимущественно на утилизации вторичных ресурсов и отходов, использовании очистного оборудования [3]. Распространение альтернативных источников энергии по сравнению с развитыми странами находится только на начальном этапе, а развитие получила лишь солнечная и ветровая электрогенерация [5].

Техническое регулирование в области транспортного биотоплива не обязывает поставщиков бензина и дизельного топлива добавлять в топливные смеси биоэтанол и биодизель, но при этом допускает их наличие в небольших объемах (этанола в качестве оксигената не более 5% объема автомобильного бензина, биодизеля не более 7% объема дизельного топлива)[1].

Федеральный закон от 28.11.2018 № 448-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции и об ограничении потребления (распития) алкогольной продукции» создает предпосылки для развития производства и потребления биоэтанола, поскольку выводит данный продукт из-под действия акциза на алкогольную продукцию, но не является достаточным условием формирования экономических стимулов для производства биоэтанола в промышленных масштабах.

---

[1] ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» [Электронный ресурс]. URL: http://www.tsouz.ru/KTS/KTS32/Documents/P_826_1.pdf (дата обращения: 30.11.2019).

Причина, по которой биотопливо не получило широкого распространения в Российской Федерации, заключается в более высокой себестоимости производства 1 л топлива, эквивалентного по энергетическому содержанию бензину либо дизельному топливу. По нашим расчетам, в российских условиях и при текущем уровне цен на сырье полная себестоимость производства 1 л биоэтанола на 50–60% выше полной себестоимости производства эквивалентного по энергетическому содержанию 1 л автомобильного бензина. Полная себестоимость производства 1 л биодизеля, в свою очередь, выше полной себестоимости производства эквивалентного по энергетическому содержанию 1 л дизельного топлива на 90–100%. В результате любые начинания по развитию производства транспортного биотоплива неизбежно сталкиваются с характерными для «зеленых» проектов проблемами высокой капиталоемкости и низкой рентабельности, ограничивающими потенциал привлечения частных инвестиций [7].

В то же время производство и потребление транспортного биотоплива могут оказать положительное влияние на снижение выбросов углекислого газа от транспортного сектора. На 2016 г. совокупные показатели эмиссии CO_2 в РФ составляли 1438,6 млн т[1]. Доля совокупной эмиссии транспортного сектора в данном показателе составляла 16,7%, или 240,2 млн т[2].

По оценкам экспертов, совокупное потребление бензина в 2018 г. находится на уровне 42,8 млрд л, дизельного топлива (только грузовым и пассажирским дорожным транспортом) — на уровне 5,9 млрд л[3]. Средние показатели выбросов CO_2 при сжигании 1 л бензина составляют 2,3 кг (по данным Natural Resource Canada — 2,3 кг/л[4], по данным U. S. Environmental Protection Agency — 2,32 кг/л[5]). Средние показатели выбросов CO_2 при сжигании 1 л дизельного топлива составляют 2,7 кг (по данным Natural Resource Canada — 2,66 кг/л[6], по данным U. S. Environmental Protection

---

[1] IEA / CO_2 EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION (2018 edition). P. II.341.

[2] Ibid.

[3] USDA / Russian Federation. Biofuels Update 2017. 6/9/2017, RS1737. P.6.

[4] Minister of Natural Resources Canada / Learn the facts: Fuel consumption and CO2, 2014 [Электронный ресурс]. URL:https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/oee/pdf/transportation/fuel-efficient-technologies/autosmart_factsheet_6_e.pdf (дата обращения: 30.11.2019).

[5] EPA / Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories, 4 April 2014 [Электронный ресурс]. URL: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/emission-factors_2014.pdf (дата обращения: 30.11.2019).

[6] Minister of Natural Resources Canada / Learn the facts: Fuel consumption and CO_2, 2014. [Электронный ресурс]. URL:https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/oee/pdf/transportation/fuel-efficient-technologies/autosmart_factsheet_6_e.pdf (дата обращения: 30.11.2019).

Agency — 2,69 кг/л[1]). В совокупности, потребление данных энергоносителей привело к эмиссии 114,37 млн т CO_2 (98,44 млн т — за счет потребления бензина и 15,93 млн т за счет потребления дизельного топлива дорожным транспортом).

В научной литературе существует множество подходов и результатов оценки влияния биотоплива на эмиссию углекислого газа от транспортного топлива. Конечный эффект влияния на эмиссию зависит от исходного сырья, используемого при производстве транспортного биотоплива, и от технологий их производства. В данном анализе использованы результаты оценки эффекта сокращения эмиссии CO_2, применяемые в настоящее время на территории стран ЕС и основанные на методологии анализа жизненного цикла биоэтанола из зерна и биодизеля из соевого масла. Эффект снижения эмиссии углекислого газа при применении биоэтанола из зерна составляет 38% по сравнению с аналогичными показателями у бензина, эффект снижения эмиссии при применении биодизеля из соевого масла составляет 50% по сравнению с аналогичными показателями у дизельного топлива[2].

Результаты оценки потенциала сокращения эмиссии углекислого газа при введении 5%-ной нормы обязательного содержания биотоплива в транспортном топливе приведены в табл. 4.

Таблица 4

Потенциал сокращения эмиссии CO_2 при производстве и потреблении транспортного биотоплива в РФ

	Потребление транспортного топлива в 2018 г., млрд л	Средние показатели выбросов CO_2 при сжигании 1 л топлива, кг	Совокупные показатели выбросов CO_2, млн т	Эффект снижения эмиссии CO_2 при замещении 5% традиционного топлива биотопливом, млн т
Бензин	42,8	2,3	98,44	1,87036

[1] EPA / Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories, 4 April 2014 [Электронный ресурс]. URL: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/emission-factors_2014.pdf (дата обращения: 30.11.2019).

[2] EUR — Lex / EUROPA / EU law and publications / Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (Text with EEA relevance.) [Электронный ресурс]. URL:https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG&toc=OJ:L:2018:328:TOC (дата обращения: 30.11.2019).

Дизельное топливо (только грузовой и пассажирский дорожный транспорт)	5,9	2,7	15,93	0,438075

Источник: рассчитано авторами.

При текущем уровне потребления бензина и дизельного топлива совокупный эффект снижения эмиссии CO_2 может достигнуть 2,3 млн т. Данный показатель составляет 0,96% эмиссии CO_2 от потребления традиционных видов топлива транспортным сектором в РФ.

При этом следует отметить, что отдельные виды биотоплива, производимые не из сельскохозяйственного сырья (например, биодизель из жировых отходов пищевой и перерабатывающей промышленности), позволяют достигать больших эффектов сокращения эмиссии углекислого газа. Анализ потенциала производства данных видов биотоплива является перспективным направлением дальнейших исследований.

Итак, в последние несколько десятилетий в странах ЕС осуществляется системная государственная политика по развитию производства и потребления транспортного биотоплива. Данная государственная политика является частью стратегии, направленной на декарбонизацию экономики и диверсификацию энергопотребления.

Основополагающим инструментом государственного регулирования является законодательно установленная обязательная норма содержания биотоплива в топливных смесях с традиционными энергоносителями (бензин, дизельное топливо), широко распространенная ЕС и отсутствующая в РФ. Дополнительные инструменты позволяют нивелировать отрицательные эффекты, связанные с производством биотоплива из сельскохозяйственного сырья.

В Российской Федерации отсутствует системная государственная политика по развитию отрасли транспортного биотоплива. При этом введение нормы обязательного минимального содержания биотоплива в топливных смесях с традиционными энергоносителями перспективно с точки зрения снижения эмиссии углекислого газа транспортным сектором.

Список литературы

1. *Бобылев С. Н.* Новые модели экономики и индикаторы устойчивого развития // Экономическое возрождение России. 2019. № 3 (61). С. 23–25.
2. *Бобылев С. Н., Власов Ю. С., Кирюшин П. А.* Влияние экологизации энергетики на развитие человеческого потенциала // Вестник Московского университета. Сер. 6. Экономика. 2013. № 1. С. 36.

3. *Бобылев С. Н., Горячева А. А., Немова В. И.* «Зеленая» экономика: проектный подход // Государственное управление. Электронный вестник. 2017. № 64. С. 37.
4. *Кудрявцева О. В., Митенкова Е. Н., Маликова О. И., Головин М. С.* Развитие альтернативной энергетики в России в контексте формирования модели низкоуглеродной экономики // Вестник Московского университета. Сер. 6. Экономика. 2019. № 4. С. 125–127.
5. *Маликова О. И., Златникова М. А.* Государственная политика в области развития возобновляемой энергетики // Государственное управление. Электронный вестник. 2019. № 72. С. 25.
6. *Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Малышков Г. Б.* Стратегия устойчивого развития и переход к зеленой экономике: обновление приоритетов и механизмов // Вестник СПбГУ. Сер. 5. 2013. Вып. 4. С. 40.
7. *Потравный И. М., Яшалова Н. Н., Гассий В. В., Чавез Феррейра К.Йе.* Проектный подход в управлении экологически ориентированным развитием экономики региона // Экономика региона. 2019. Том 15, вып. 3. С. 809.
8. *Charles C., Gerasimchuk I., Bridle R., Moerenhout T., Asmelash E., Laan T.* Biofuels — At What Cost? A review of costs and benefits of EU biofuel policies. Global Subsidies Initiative / International Institute for Sustainable Development, Geneva, Switzerland. April 2013. P. 1.
9. Climate Change 2014 / Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2014. P. 9.
10. *Harmer T.* Biofuels subsidies and the law of the WTO. ICTSD / Global Platform on Climate Change, Trade Policies and Sustainable Energy, Issue Paper No. 20, June 2009. Geneva, Switzerland. P. 4.
11. IEA / World Energy Outlook 2018. P. 526.
12. *Kutas G., Lindberg C., Steenblik R.* BIOFUELS — AT WHAT COST? Government support for ethanol and biodiesel in the European Union. Global Subsidies Initiative / International Institute for Sustainable Development. Geneva, Switzerland. October 2007. P. 1.
13. WTO / European union — anti-dumping measures on biodiesel from Argentina. AB-2016-4 Report of the Appellate Body. WT/DS473/AB/R. 6 October 2016.

2.7. ЭВОЛЮЦИЯ МЕХАНИЗМОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОТРАСЛИ ТРАНСПОРТНОГО БИОТОПЛИВА В США

Головин М. С., Кудрявцева О. В.[1]

По мнению Дж. А. Даффилд, И. Сиарчос и С. Холбрук, специализирующихся на исследованиях отрасли транспортного биотоплива в США, ее раннее развитие было обусловлено государственной политикой, текущее развитие зависит от государственного регулирования, а будущее — от государственной поддержки[2]. В основе разработки и реализации данной политики лежат три основные предпосылки: защита окружающей среды, обеспечение энергетической безопасности и развитие сельских территорий США[3].

Системный анализ эволюции основных механизмов государственной поддержки, применяемых в рамках государственной политики, позволяет выявить три основных этапа развития отрасли транспортного биотоплива в США:

а) формирование предпосылок роста производства и потребления биоэтанола первого поколения (середина 1970-х — конец 1990-х гг.);
б) устойчивый рост производства и потребления транспортного биотоплива первого поколения (начало 2000-х — 2012 г.);
в) формирование предпосылок роста производства и потребления транспортного биотоплива второго и третьего поколения (2012 г. — по настоящее время).

Приоритеты государственной политики на первом этапе были сфокусированы на продвижении биоэтанола в качестве перспективного инструмента диверсификации структуры энергопотребления транспортного сектора, а также в качестве более экологически чистой топливной добавки вместо топливных добавок, содержащих свинец.

---

[1] Опубликовано в: *Головин М. С., Кудрявцева О. В.* Эволюция механизмов государственной поддержки отрасли транспортного биотоплива в США // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2020. № 8. С. 84–92.

[2] *Duffield J. A., Xiarchos I., Halbrook S.* Ethanol Policy: Past, Present, and Future // University of South Dakota, South Dakota Law Journal. Vol. 53(3). 2008. P. 425.

[3] Ibid.

На втором этапе особенное значение приобрело стимулирование внутреннего производства и потребления биоэтанола и биодизеля из сельскохозяйственного сырья с целью формирования дополнительных рынков сбыта зерновых, сахаросодержащих и масличных культур.

Наконец, третий этап характеризуется смещением приоритетов государственной политики в сторону развития и коммерциализации технологий производства транспортного биотоплива не из сельскохозяйственного сырья и преодоления технологических и экономических ограничений использования топливных смесей с повышенным содержанием биоэтанола и биодизеля.

Применение механизмов государственной поддержки в США (в первую очередь — норм обязательного содержания биотоплива в топливных смесях с традиционными энергоносителями) позволяет формировать спрос на биоэтанол и биодизель, отличающиеся неидеальной технологической сопряженностью с существующей системой производства и дистрибуции транспортного топлива, более высокими издержками производства по сравнению с традиционными энергоносителями.

Так, в 2017 г. затраты на производство (без учета налогов) 1 л бензина в США составляли 0,43–0,46 долл., в то время как затраты на производство эквивалентной по энергоемкости единицы биоэтанола составляли 0,61–0,84 долл.[1]. Затраты на производство (без учета налогов) 1 л дизельного топлива в США составляли 0,42–0,47 долл., в то время как затраты на производство эквивалентной по энергоемкости единицы биодизеля составляли 0,80–0,83 долл.[2] Схожая ситуация наблюдалась в 2015 г.[3]

В Российской Федерации в настоящее время производство и потребление транспортного биотоплива не осуществляются в значимых масштабах, несмотря на то что в стране накоплен серьезный опыт производства этанола для пищевых, медицинских и промышленных целей, действуют пилотные проекты по сбору и переработке жировых отходов пищевой и перерабатывающей промышленности, в достаточных объемах производится сельскохозяйственное сырье и реализуются инвестиционные проекты по глубокой переработке зерна. Основная причина сложившейся ситуации заключается в обеспеченности страны традиционными энергоносителями, а также в отсутствии системной государственной под-

[1] IEA / Biofuel and fossil-based transport fuel production cost comparison, 2017 (Last updated 7 Jan 2020) [Электронный ресурс]. URL: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/biofuel-and-fossil-based-transport-fuel-production-cost-comparison-2017 (дата обращения: 30.04.2020).

[2] Ibid.

[3] IEA // WEO 2016. OECD/IEA. Paris, 2016. P. 487.

держки биотопливной отрасли в условиях более высокой себестоимости биоэтанола и биодизеля по сравнению с традиционными видами транспортного топлива.

В то же время отдельные особенности опыта государственной поддержки биотопливной отрасли, накопленного в США, свидетельствуют об актуальности развития производства и потребления транспортного биотоплива первого поколения на территории РФ, поскольку данные процессы способствуют формированию новых рынков сбыта сельскохозяйственной продукции.

Цель данного исследования — обобщить опыт США в области государственной политики по стимулированию производства и потребления транспортного биотоплива, выделить основные механизмы поддержки отрасли и отразить их эволюцию за последние десятилетия. Полученные результаты могут быть использованы при разработке государственных программ по развитию агропромышленного комплекса и сельских территорий в РФ.

В исследованиях зарубежных авторов отправной точной формирования системной государственной политики по развитию отрасли транспортного биотоплива в США принято считать закон National Energy Act of 1978, в рамках которого была установлена налоговая льгота производителям топливной смеси бензина и этанола в размере 0,40 долл. на галлон[1].

Фундаментальные предпосылки принятия данного нормативного акта заключались в стремлении администрации Дж. Картера и Конгресса США обеспечить долгосрочную энергетическую безопасность США в условиях серьезной зависимости от импорта нефти и геополитических рисков[2]. За несколько лет до принятия данного закона арабские страны — члены ОПЕК ввели эмбарго на поставки нефти в государства, поддержавшие Израиль в Четвертой арабо-израильской войне, спровоцировав тем самым нефтяной кризис 1973 г., отрицательным образом сказавшийся на экономике США.

В последующие годы механизм налоговых льгот был усилен введением в действие инструментов защиты внутреннего рынка и государственной поддержки частных инвестиций, ужесточением экологических требований к моторному топливу (табл. 1).

---

[1] *Moschini G. C., Cui J., Lapan H.* Economics of Biofuels: An Overview of Policies, Impacts and Prospects // Bio-based and Applied Economics. 2012. 1(3). P. 271.

[2] *Richardson J., Nordhaus R.* The National Energy Act of 1978 // Natural Resources & Environment. 1995. Vol. 10. No. 1. P. 62.

Таблица 1

Основные механизмы государственной поддержки в 1980–1998 гг.

Нормативный акт	Механизм государственной поддержки
Energy Security Act of 1980	Введено государственное страховое покрытие заемных средств, привлекаемых производителями биоэтанола; Департаменту сельского хозяйства США и Департаменту энергетики США поручено подготовить план по увеличению производства этанола до 10% совокупного ежегодного потребления бензина к концу 1990-х гг.
Crude Oil Windfall Profit Tax Act of 1980	Продлено действие налоговых льгот до 1992 г.
Omnibus Reconciliation Act of 1980	На импортный биоэтанол был установлен адвалорный тариф в размере 2,5% и специфическая импортная пошлина в размере 0,54 долл. за галлон
Deficit Reduction Act of 1984	Налоговые льготы были увеличены до 0,6 долл. на галлон
Alternative Motor Fuels Act 1988	Введены льготные кредиты производителям транспортных средств на альтернативном топливе, включая E85
Clean Air Act Amendments of 1990 (Oxygenated Fuels Program, Reformulated Gasoline Program)	Введено требование по содержанию кислорода в топливе на уровне 2%, и биоэтанол стал применяться в качестве кислородосодержащей топливной добавки
Energy Policy Act of 1992	Продлено действие налоговых льгот, зафиксировано обязательство приобретения транспортных средств на альтернативном топливе для нужд государственного аппарата (включая автомобили, использующие стандарт E85)
Transportation Equity Act for the 21st Century (1998)	Продлено действие налоговых льгот до 2007 г., но ставки налоговых льгот должны были быть снижены до 0,51 долл. на галлон к 2005 г.

Источник: составлено авторами на основе United States Department of Agriculture / U. S. Ethanol: An Examination of Policy, Production, Use, Distribution, and Market Interactions / Duffield J. A., Johansson R., Meyer S. September 2015, P. 8081.

Реализация указанных инструментов привела к формированию внутреннего спроса на биоэтанол первого поколения, росту частных инвестиций в создание производственных мощностей и росту производства биоэтанола. Если в 1978 г. объемы производства биоэтанола составляли лишь 10 млн галлонов, то к 1998 г. они увеличились до 1,4 млрд галлонов[1].

Отметим, что тогда основной механизм государственной поддержки — налоговые льготы — обладал стимулирующим характером, а обязательные

[1] Earth Policy Institute / Fuel Ethanol Production in the United States, 1978–2010 [Электронный ресурс]. URL: http://www.earth-policy.org/datacenter/xls/book_wote_ch9_biofuels_3.xls (дата обращения: 30.04.2020).

административные нормы содержания кислородосодержащих топливных добавок в бензине наряду с биоэтанолом допускали использование и других химических веществ.

Следующий этап развития отрасли характеризуется смещением акцентов в государственной политике с использования стимулирующих налоговых инструментов к применению прямого государственного регулирования, обязывающего поставщиков транспортного топлива добавлять биотопливо в топливные смеси на основе традиционных видов моторного топлива, а также намного более широкому использованию прямых механизмов субсидирования производителей.

Началом второго этапа развития отрасли в США, по нашему мнению, является принятый в 1999 г.губернатором Калифорнии Executive Order D-5-99, в рамках которого был введен запрет использования в качестве топливной добавки на территории штата МТБЭ[1] (полный запрет использования МТБЭ должен был быть реализован к 31 декабря 2002 г.)[2]. В течение трех лет полный запрет либо кардинальное ограничение использования МТБЭ были распространены еще в 16 штатах США, включая Нью-Йорк (который являлся крупнейшим потребителем данной добавки)[3]. До принятия данных решений МТБЭ являлся самой распространенной кислородосодержащей топливной добавкой для бензина.

Взаимосвязь данных инструментов регулирования с ранее принятыми нормативными актами, устанавливающими требования по содержанию кислорода в бензине, сформировала существенный потенциал роста спроса на биоэтанол, который стал рассматриваться в качестве наиболее экологически безопасной кислородосодержащей топливной добавки.

Следом за данными законодательными инициативами, осуществленными на уровне отдельных штатов, Конгрессом США были приняты три важных законопроекта: Agricultural Risk Protection Act of 2000, Farm Security and Rural Investment Act of 2002 и Volumetric Ethanol Excise Tax Credit Act of 2003. Данные законодательные акты особенно примечательны тем, что в них отчетливо начал прослеживаться акцент на достижении положительных экономических эффектов в сельском хозяйстве, сопровождающих производство транспортного биотоплива первого поколения (табл. 2).

---

[1] Метил-трет-бутиловый эфир.

[2] California Air Resource Board // EXECUTIVE DEPARTMENT STATE OF CALIFORNIA / EXECUTIVE ORDER D-5-99 by the Governor of the State of California [Электронный ресурс]. URL: https://www.arb.ca.gov/fuels/gasoline/oxy/eod599.pdf (дата обращения: 30.04.2020).

[3] Energy Information Administration // Motor Gasoline Outlook and State MTBE Bans / April 6, 2003 [Электронный ресурс]. URL: https://www.eia.gov/outlooks/steo/special/pdf/mtbeban.pdf (дата обращения: 30.04.2020).

Таблица 2

Основные инструменты государственной поддержки в 2000–2003 гг.

Нормативный акт	Механизм государственной поддержки
Agricultural Risk Protection Act of 2000	Создание Biomass Research and Development Board — органа государственной власти: а) координирующего межведомственное взаимодействие различных министерств и агентств, вовлеченных в развитие биотопливной отрасли; б) осуществляющего поддержку исследований (в форме предоставления грандов и других форм финансовой поддержки) в области биоэнергетики и биотехнологий
Farm Security and Rural Investment Act of 2002	Выделение финансовых средств на исследования, проводимые под координацией Biomass Research and Development Board (5 млн долл. в 2002 г. и 14 млн долл. ежегодно в периоде 2003–2007 гг.) Прямые выплаты производителям биотоплива для стимулирования закупок сырья с целью увеличения производства биотоплива и с целью развития новых мощностей по производству биотоплива (150 млн долл. ежегодно в периоде 2003–2006 гг.)
Volumetric Ethanol Excise Tax Credit Act of 2003 (VEETC)	Расширение налоговых льгот, предоставляемых производителям биотоплива и топливных смесей, содержащих биотопливо (0,50 долл. на 1 галлон биодизеля, сохранены льготы на биоэтанол)

Источник: составлено авторами на основе Congress.gov // 116 STAT. 134 PUBLIC LAW 107–171—MAY 13, 2002 / FARM SECURITY AND RURAL INVESTMENT ACT OF 2002 [Электронный ресурс]. URL: https://www.congress.gov/107/plaws/publ171/PLAW-107publ171.pdf (дата обращения: 30.04.2020); Congress.gov // 116 STAT. 134 PUBLIC LAW 107–171—MAY 13, 2002 / FARM SECURITY AND RURAL INVESTMENT ACT OF 2002 [Электронный ресурс]. URL: https://www.congress.gov/107/plaws/publ171/PLAW-107publ171.pdf (дата обращения: 30.04.2020).; Congress.gov // Congressional Bills 108th Congress S. 1548 Introduced in Senate (IS) / July 31 (legislative day, July 21), 2003 / Volumetric Ethanol Excise Tax Credit (VEETC) Act of 2003 [Электронный ресурс]. URL: https://www.congress.gov/108/bills/s1548/BILLS-108s1548is.pdf (дата обращения: 30.04.2020).

Результатом применения данных мер стал резкий рост производства и потребления биоэтанола. Если в 2000 г. объем производства биоэтанола составлял 1,6 млрд галлонов, то к моменту принятия RFS I[1] в 2005 г. объем производства составил уже 3,9 млрд галлонов[2]. При этом резко возрос и объем импорта, компенсирующий недостаток производства в условиях

[1] Renewable Fuels Standard.

[2] United States Department of Agriculture Economic Research Service // U. S. Bioenergy Statistics / Table 2--Fuel ethanol supply and disappearance calendar year [Электронный ресурс]. URL: https://www.ers.usda.gov/webdocs/DataFiles/53657/table02.xls?v=9850.3 (дата обращения: 30.04.2020).

резкого роста потребления. Если в 2000 г. импорт биоэтанола составлял 9,1 млн галлонов, то к 2005 г. он увеличился до 0,4 млрд галлонов[1].

В 2005–2007 гг. Конгрессом США были приняты два основополагающих законодательных акта, справедливо выделяемых отечественными исследователями в качестве примеров «образцов биотопливной программы»[2] — Energy Policy Act of 2005 и Energy Independence and Security Act of 2007. Являясь логическим продолжением уже сформировавшейся системной государственной политики по развитию производства и потребления биотоплива, данные законопроекты ввели в действие прямые административные нормы обязательного содержания биотоплива в топливных смесях с традиционными видами моторного топлива и существенно расширили объемы субсидирования отрасли.

Основные предпосылки введения данных нормативных актов заключались в достижении положительных эффектов сокращения эмиссии парниковых газов транспортным сектором, стимулировании экономики АПК и обеспечении энергетической безопасности.

В рамках RFS I (зачастую так характеризуют закон Energy Policy Act of 2005) было установлено минимальное содержание биоэтанола в бензине на уровне 2,78%[3]. Кроме того, к основным механизмам государственной поддержки, предусмотренным в законе, следует отнести:

а) государственное финансирование исследований в области биоэнергетики в объеме 738 млн долл. в период 2007–2009 гг.;
б) государственное финансирование закупок школьных автобусов, использующих топливные смеси с высоким содержанием возобновляемого топлива (в том числе биоэтанола) в объеме 55 млн долл. ежегодно в период 2006–2007 гг. с опцией продления программы до 2010 г.;
в) государственное финансирование производственных мощностей по производству биоэтанола второго поколения, расположенных на территории США, в объеме 250 млн долл.[4]

В 2007 г. RFS I был модифицирован введением в действие RFS II («Energy Independence and Security Act of 2007»). Данный законопроект

---

[1] United States Department of Agriculture Economic Research Service // U.S. Bioenergy Statistics / Table 2--Fuel ethanol supply and disappearance calendar year [Электронный ресурс]. URL: https://www.ers.usda.gov/webdocs/DataFiles/53657/table02.xls?v=9850.3 (дата обращения: 30.04.2020).

[2] *Сусану И. А.* Регулирование рынка жидкого биотоплива в России и мире // Торговая политика. Trade policy. 2019. № 1/17. С. 80, 81.

[3] United States Environmental Protection Agency // Renewable Fuel Standard Program (RFS1): Final Rule [Электронный ресурс]. URL: https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/renewable-fuel-standard-program-rfs1-final-rule (дата обращения: 30.04.2020).

[4] U.S. GOVERNMENT PUBLISHING OFFICE // 119 STAT. 594 PUBLIC LAW 109–58—AUG. 8, 2005 / ENERGY POLICY ACT OF 2005 [Электронный ресурс]. URL: https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-109publ58/pdf/PLAW-109publ58.pdf (дата обращения: 30.04.2020).

еще больше увеличил объемы государственной поддержки биотопливной отрасли, усилил нормы обязательного содержания биотоплива в топливных смесях (табл. 3).

Таблица 3

Основные инструменты государственной поддержки в RFS II

Механизм поддержки	Характеристика механизма
Целевые показатели производства и потребления транспортного биотоплива	Стратегическое целеполагание. К 2020 г. производство транспортного биотоплива должно составить 30 млрд галлонов, из которых 10,5 млрд галлонов должен составлять биоэтанол из лигноцеллюлозной биомассы
Финансирование исследований, разработок, демонстрационных проектов и коммерческих мощностей в сфере биоэнергетики	Стимулирование технологического прогресса. Объем финансирования в период 2008–2010 гг. составил порядка 1,2 млрд долл.
Финансирование инфраструктуры хранения и распределения моторного топлива, обеспечивающей потребителю возможность приобретать топливные смеси с повышенным содержанием биотоплива	Косвенное стимулирование потребления. Поддержка модернизации инфраструктуры, с помощью которой биотопливо может быть доставлено конечному потребителю. Совокупный объем поддержки в период 2008–2014 гг. составил 1,4 млрд долл.
Обязательные нормы содержания биотоплива в топливных смесях с традиционными видами моторного топлива	Прямое административное регулирование спроса. Регулярно пересматриваются Агентством по защите окружающей среды. На 2007 г. обязательные нормы содержания биоэтанола в топливных смесях с бензином (Renewable Volume Obligation — RVO) были установлены на уровне 4,02%[1]. На 2010 г. обязательные нормы содержания биотоплива в топливных смесях были установлены в размере: 0,004% целлюлозного биотоплива, 1,1% биодизеля из биомассы, 0,61% продвинутого биотоплива, 8,25% возобновляемого топлива[2]. Элементы перекрестного субсидирования затрудняют оценку объемов государственной поддержки отрасли, реализованных через данный механизм

Источник: составлено авторами на основе Congress.gov // 121 STAT. 1492 PUBLIC LAW 110–140—DEC. 19, 2007 / ENERGY INDEPENDENCE AND SECURITY ACT OF 2007 [Электронный ресурс]. URL: https://www.congress.gov/110/plaws/publ140/PLAW-110publ140.pdf (дата обращения: 30.04.2020).

[1] WSGR / THE FEDERAL RENEWABLE FUEL STANDARD (“RFS”) PROGRAM: OPERATIONAL HIGHLIGHTS AND OUTLOOK. Braff A. T. October 10, 2007 [Электронный ресурс]. URL: https://www.wsgr.com/images/content/2/3/239/braff101007.pdf (дата обращения: 30.04.2020).

[2] Environmental Protection Agency / Regulation of Fuels and Fuel Additives: Changes to Renewable Fuel Standard Program; Final Rule. Federal Register / Vol. 75, No. 58 / Friday, March 26, 2010 / Rules and Regulations. P. 14675 [Электронный ресурс]. URL: https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2010-03-26/pdf/2010-3851.pdf (дата обращения: 30.04.2020).

Принятие данных законов повлекло за собой взрывной рост производства и потребления транспортного биотоплива, в первую очередь биоэтанола. Если в 2005 г. производство биоэтанола составляло 3,9 млрд галлонов, то к 2012 г. оно увеличилось до 13,2 млрд галлонов[1]. Производство биодизеля увеличилось с 90 млн галлонов в 2005 г. до 990 млрд галлонов в 2012 г.[2]

Действие основного механизма государственной поддержки, закрепленного в RFS II — норм обязательного содержания биотоплива в топливных смесях с традиционными видами моторного топлива, продолжает оказывать определяющее воздействие на рост производства и потребления транспортного биотоплива и в настоящее время (рис. 1).

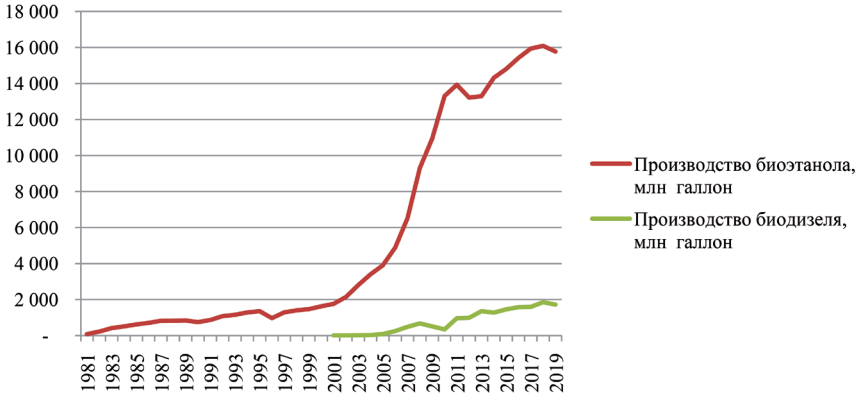


Рис. 1. Производство биоэтанола и биодизеля в США
Источник: составлено авторами на основе данных United States Department of Agriculture Economic Research Service // U. S. Bioenergy Statistics [Электронный ресурс]. URL: https://www.ers.usda.gov/data-products/us-bioenergy-statistics/us-bioenergy-statistics/ (дата обращения: 30.04.2020).

Отправной точкой, характеризующей начало третьего периода в развитии отрасли транспортного биотоплива в США, предлагаем считать отмену в 2012 г. налоговых льгот производителям биоэтанола первого поколения, закрепленных в рамках VEETC (практика применения данного

[1] United States Department of Agriculture Economic Research Service // U. S. Bioenergy Statistics / Table 2--Fuel ethanol supply and disappearance calendar year [Электронный ресурс]. URL: https://www.ers.usda.gov/webdocs/DataFiles/53657/table02.xls?v=9850.3 (дата обращения: 30.04.2020).

[2] United States Department of Agriculture Economic Research Service // U. S. Bioenergy Statistics / Table 4--Biodiesel supply and disappearance [Электронный ресурс]. URL: https://www.ers.usda.gov/webdocs/DataFiles/53657/table04.xls?v=2118.6 (дата обращения: 30.04.2020).

механизма восходит к National Energy Act of 1978)[1]. По оценкам экспертов, общий объем предоставленных налоговых льгот производителям биоэтанола из кукурузы в данном периоде составил 58 млрд долл.[2]

Отметим, что при этом были сохранены налоговые льготы производителям биодизеля первого поколения и биоэтанола второго поколения (на уровне 1 долл. на галлон биодизеля и 1,01 долл. на галлон биоэтанола из целлюлозного сырья)[3]. Действие налоговых льгот производителям биотоплива второго поколения продолжается по настоящее время (размер такой льготы в 2020 г. составляет 1,01 долл. на галлон биоэтанола второго поколения[4] и 1 долл. на галлон биодизеля[5]).

Третий период также характеризуется системными попытками регуляторов увеличить объемы производства и потребления биотоплива второго поколения через механизм обязательных норм содержания биотоплива в топливных смесях с традиционными видами моторного топлива (табл. 4).

Таблица 4

Эволюция норм обязательного содержания биотоплива в топливных смесях с традиционными видами моторного топлива (RVO) (%)

Вид биотоплива	2012 г.	2017 г.	2020 г.
Возобновляемое топливо (всего, включая биоэтанол первого поколения)	9,23	10,70	11,56
Биотопливо из лигноцеллюлозной биомассы	0,006	0,173	0,34
Биодизель из биомассы	0,91	1,67	2,10

Источник: составлено авторами на основе Federal Register / Vol. 77, No. 5 / Monday, January 9, 2012 /Rules and Regulations. Regulation of Fuels and Fuel Additives: 2012 Renewable Fuel Standards [Электронный ресурс]. URL: https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2012-01-09/pdf/2011-33451.pdf (дата обращения: 30.04.2020); Federal Register / Vol. 81, No. 238 /

[1] Ethanol and Renewable Fuels Standard / Institute of Political Economy. Utah State University. P. 10–11 [Электронный ресурс]. URL: http://www.usu.edu/ipe/wp-content/uploads/2016/02/Ethanol.pdf (дата обращения: 30.04.2020).

[2] Ibid.

[3] Taxpayers for Common Sense / Big Oil, Big Corn: An in-depth look at the Volumetric Ethanol Excise Tax Credit. Jun 23, 2011 [Электронный ресурс]. URL: https://www.taxpayer.net/energy-natural-resources/big-oil-big-corn-an-in-depth-look-at-the-volumetric-ethanol-excise-tax-cred/ (дата обращения: 30.04.2020).

[4] U. S. DOE / Alternative Fuels Data Center / Second Generation Biofuel Producer Tax Credit [Электронный ресурс]. URL: https://afdc.energy.gov/laws/10515 (дата обращения: 30.04.2020).

[5] U. S. DOE / Alternative Fuels Data Center / Biodiesel Mixture Excise Tax Credit [Электронный ресурс]. URL: https://afdc.energy.gov/laws/395 (дата обращения: 30.04.2020).

Monday, December 12, 2016 / Rules and Regulations. Renewable Fuel Standard Program: Standards for 2017 and BiomassBased Diesel Volume for 2018 [Электронный ресурс]. URL: https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2016-12-12/pdf/2016-28879.pdf (дата обращения: 30.04.2020); Federal Register / Vol. 85, No. 25 / Thursday, February 6, 2020 / Rules and Regulations. Renewable Fuel Standard Program: Standards for 2020 and BiomassBased Diesel Volume for 2021 and Other Changes [Электронный ресурс]. URL: https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2020-02-06/pdf/2020-00431.pdf (дата обращения: 30.04.2020).

Несмотря на регулярное повышение требований содержания биотоплива второго поколения, фактические объемы производства данного вида энергоносителей не позволяют обеспечивать возникающий вследствие государственного регулирования спрос, вынуждая власти США применять механизм «cellulosic waiver credits»[1]. Данный инструмент позволяет поставщику топливной смеси обеспечивать формальное соответствие законодательным требованиям по содержанию в топливной смеси биотоплива, при этом физически не приобретая биотопливо из целлюлозной биомассы и не добавляя его в традиционное моторное топливо.

Итого, на 2020 г. на территории США действует порядка 38 федеральных законодательных актов и программ, направленных на развитие отрасли транспортного биотоплива[2]. Формат исследования не позволяет сделать полный обзор всех механизмов государственной поддержки, применяемых в рамках данных актов и программ, но отметим, что значительная их часть направлена на преодоление эффекта «blend wall», развитие производства и потребления биотоплива второго поколения и поддержку проектов, направленных на коммерциализацию технологий производства биотоплива третьего поколения (из водорослей).

Основные предпосылки, повлиявшие на смещение акцентов в государственной политике по развитию отрасли в данном периоде, основываются на стремлении снизить темпы роста спроса на сельскохозяйственную продукцию, используемую в производстве транспортного биотоплива первого поколения, а также обеспечить потенциал роста производства и потребления перспективных видов биотоплива, предполагающих больший эффект снижения эмиссии парниковых газов.

Введение в действие RFS I и RFS II сопровождалось критикой научно-исследовательского сообщества, заключавшейся в том, что изменения в структуре землепользования, вызванные переориентацией земельных

[1] US EPA / Cellulosic Waiver Credit. Price Calculation for 2020. January 2020 [Электронный ресурс]. URL: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P100YFAY.pdf (дата обращения: 30.04.2020).

[2] U.S. DOE / Alternative Fuels Data Center / Search Federal and State Laws and Incentives [Электронный ресурс]. URL: https://afdc.energy.gov/laws/search (дата обращения: 30.04.2020).

ресурсов на производство сырья для биотопливной промышленности при производстве кукурузы для биоэтанола не только не сокращают выбросы парниковых газов, но в течение 30 лет удваивают их[1]. Споры по данному вопросу не утихают и по сей день, оказывая существенное влияние на трансформацию политики по развитию отрасли транспортного биотоплива не только в США, но в других развитых странах.

Помимо критики в части необходимости проведения дополнительных исследований углеродного следа транспортного биотоплива первого поколения множество исследователей обращают внимание на этическую проблему использования продовольственных сельскохозяйственных товаров в качестве сырья для производства энергоносителей, негативное влияние роста спроса на кукурузу, пшеницу и масличные культуры на уровень цен и сокращение потенциала предложения продовольствия[2].

Отметим, что достаточно продолжительное и глубокое смещение акцентов в государственной политике привело к росту производства и потребления биодизеля второго поколения. Применение инструментов государственной поддержки позволило увеличить долю биодизеля из жировых отходов пищевой и перерабатывающей промышленности в совокупном производстве биодизеля до 19% (в 2014–2017 гг.)[3]. Однако основным источником сырья при производстве биодизеля остается растительное масло (в первую очередь — соевое)[4].

При этом объемы производства биоэтанола из целлюлозной биомассы в США, несмотря на применение мер государственной поддержки, не достигли существенного уровня. В 2020 г., по оценкам RFA, прогнозируемая доля биоэтанола из целлюлозной биомассы в совокупном производстве биоэтанола в США оценивается в 0,5%, а доля биоэтанола из кукурузного крахмала — в 94%[5]. Потребление кукурузы биотопливным сектором составляет в настоящее время порядка 40% от совокупного производства кукурузы в США (рис. 2).

---

[1] *Searchinger T., Heimlich R., Houghton R.A., Dong F., Elobeid A., Fabiosa J., Tokgoz S., Hayes D., Yu T.* Use of U. S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change // Science. 29 February, 2008. Vol. 319. P. 1239.

[2] *Крылатых Э. Н., Строков С. Н.* Взаимосвязь энергоэкологического и агропродовольственного кризисов: состояние, пути преодоления // Аграрный вестник Урала. 2008. № 8 (50). С. 9–10.

[3] U. S. EIA / Biodiesels produced from certain feedstocks have distinct properties from petroleum diesel. May 3, 2018 [Электронный ресурс]. URL: https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=36052 (дата обращения: 30.04.2020).

[4] Ibid.

[5] RFA / Focus Forward: 2020 ethanol industry outlook. P. 20 [Электронный ресурс]. URL: https://ethanolrfa.org/wp-content/uploads/2020/02/2020-Outlook-Final-for-Website.pdf (дата обращения: 30.04.2020).

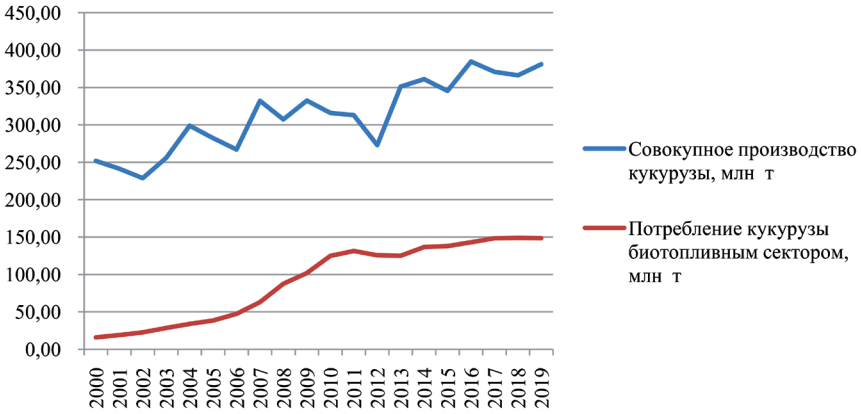


Рис. 2. Потребление кукурузы биотопливным сектором в США, млн т
Источник: составлено авторами на основе данных OECD-FAO Agricultural Outlook 2019–2028 [Электронный ресурс]. URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HIGH_AGLINK_2019# (дата обращения: 30.04.2020).

В отличие от США, в настоящее время в Российской Федерации отсутствует как целостная государственная программа, так и применение отдельных механизмов государственной поддержки, направленных на развитие производства и потребления транспортного биотоплива. В условиях более высокой себестоимости биоэтанола и биодизеля по сравнению с традиционными видами транспортного топлива это приводит к тому, что транспортное биотопливо в Российской Федерации не используется, несмотря на то что техническое регулирование допускает содержание биоэтанола в бензине и биодизеля в дизельном топливе[1].

При этом отметим, что в Российской Федерации накоплен существенный опыт производства этилового спирта для пищевых, медицинских и промышленных целей. Так, производство этилового спирта в РФ в 2019 г., по оценкам экспертов ФАО, составило 0,6 млрд л[2]. Однако, по оценкам отраслевых экспертов, для формирования внутреннего спроса на транспортный биоэтанол необходимо применение ключевого меха-

[1] *Головин М. С., Кудрявцева О. В.* Государственная политика по развитию отрасли транспортного биотоплива в Европейском союзе // Государственное управление. Электронный вестник. Февраль, 2020. Вып. № 78. С. 84–85.

[2] OECD-FAO Agricultural Outlook 2019–2028 [Электронный ресурс]. URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HIGH_AGLINK_2019# (дата обращения: 30.04.2020).

низма государственной поддержки — норм обязательного содержания биоэтанола в топливных смесях с бензином[1].

Целесообразность стимулирования производства и потребления транспортного биотоплива на территории Российской Федерации путем использования основных механизмов государственной поддержки, применяемых в США, необходимо рассматривать в контексте достижения положительных экономических эффектов в сельском хозяйстве. Одним из таких эффектов может быть рост спроса на сельскохозяйственную продукцию, используемую в качестве сырья при производстве биоэтанола и биодизеля.

Для осуществления корректной оценки объемов производства и потребления транспортного биотоплива, необходимых для замещения в структуре энергопотребления транспортного сектора традиционных энергоносителей, следует учитывать разницу в энергоемкости бензина и биоэтанола, биодизеля и традиционного дизельного топлива. Энергоемкость 1 л биоэтанола составляет примерно 70% энергоемкости 1 л бензина, а энергоемкость 1 л биодизеля составляет примерно 91% энергоемкости 1 л традиционного дизельного топлива[2]. Это означает, что эквивалентное замещение в структуре энергопотребления 1 л бензина потребует 1,43 л биоэтанола, а эквивалентное замещение 1 л дизельного топлива потребует 1,1 л биодизеля. Результаты оценки с учетом данной особенности отражены в табл. 5.

Таблица 5

Оценка необходимых объемов производства транспортного биотоплива при введении нормы обязательного содержания биоэтанола в бензине и биодизеля в традиционном дизельном топливе

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Потребление бензина, млрд л	46,4	47,1	47,9	48,1	49,2
Необходимое производство биоэтанола для замещения 1% потребления бензина, млрд л	0,611184	0,615468	0,662592	0,672588	0,684012
Потребление дизельного топлива (исключительно дорожным транспортом), млрд л	5,7	5,7	5,7	5,8	5,7

[1] Агроинвестор / Трудности передела. Что мешает развитию глубокой переработки зерна. Карабут Т., 4 октября 2019 г. [Электронный ресурс]. URL: https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/32529-trudnosti-peredela/(дата обращения: 30.04.2020).

[2] *Drabik D., De Gorter H., Timilsina G. R.* The effect of biodiesel policies on world biodiesel and oilseed prices // Energy Economics. 2014. Vol. 44. P. 80.

Окончание табл. 5

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Необходимое производство биодизеля для замещения 1% потребления традиционного дизельного топлива, млрд л	0,064841	0,064841	0,062643	0,062643	0,062643

Источник: рассчитано авторами на основе данных USDA [Электронный ресурс]. URL: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Biofuels%20Annual_Moscow_Russian%20Federation_6-9-2017.pdf (дата обращения: 30.04.2020).

Таким образом, достижение целевого показателя потребления транспортного биотоплива на уровне 1% совокупного энергопотребления традиционных энергоносителей потребует производства биоэтанола в объеме 610–690 млн л, а биодизеля — в объеме 62–65 млн л. Для осуществления оценки объемов производства необходимой для этого сырьевой базы необходимо учитывать специфику специализации сельскохозяйственной отрасли в РФ и параметры эффективности преобразования сельскохозяйственного сырья в биотопливо. Результаты оценки с учетом данных особенностей отражены в табл. 6.

Таблица 6

Оценка потребности в сырье для производства транспортного биотоплива, необходимого для замещения потребления 1% традиционного моторного топлива

Сельскохозяйственная культура	Эффективность преобразования 1 т сырья в транспортное биотопливо	Необходимый объем производства транспортного биотоплива, млн л	Необходимые объемы производства сельскохозяйственной культуры, млн т
Пшеница	340 л биоэтанола	610–690	1,8–2
Кукуруза	400 л биоэтанола	610–690	1,5–1,7
Рожь	364 л биоэтанола	610–690	1,7–1,9
Ячмень	380 л биоэтанола	610–690	1,6–1,8
Сахарная свекла	110 л биоэтанола	610–690	5,5–6,3
Овес	317 л биоэтанола	610–690	1,9–2,2
Соя	205 л биодизеля	62–65	0,3
Рапс	300 л биодизеля	62–65	0,2

Источник: рассчитано авторами на основе данных ФАО // Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства 2008. Биотопливо: перспективы, риски и возможности. Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН, 2008. С. 18; *Bassam N. E.* Handbook of bioenergy crops: A complete reference to species, development and applications. Washington, DC: Earthscan Ltd., 2010. P. 400.

Подводя предварительный итог, подчеркнем, что формирование новых источников спроса на сельскохозяйственную продукцию актуально лишь для отдельных подотраслей растениеводства, поскольку в настоящее время на рынке масличных культур и растительного масла отсутствует проблема перепроизводства. При этом с точки зрения текущего развития зернового и сахарного рынков формирование новых источников спроса актуально.

В последнее семь лет в Российской Федерации наблюдается устойчивый рост производства основных зерновых культур — пшеницы, кукурузы, ячменя, ржи и овса. Так, валовые сборы данных культур в сезоне 2019/2020 гг. составили 111,9 млн т, увеличившись по отношению к сезону 2013/2014 на 28%[1]. Внутреннее потребление при этом остается в диапазоне 60–70 млн т (за исключением сезона 2017/2018), определенные объемы продукции экспортируются на внешние рынки[2].

Ограниченность внутреннего рынка в условиях серьезной конкуренции на внешних рынках формирует предпосылки для роста переходящих запасов, объемы которых в указанном периоде варьировались от 7 до 14 млн т (рис. 3)[3].

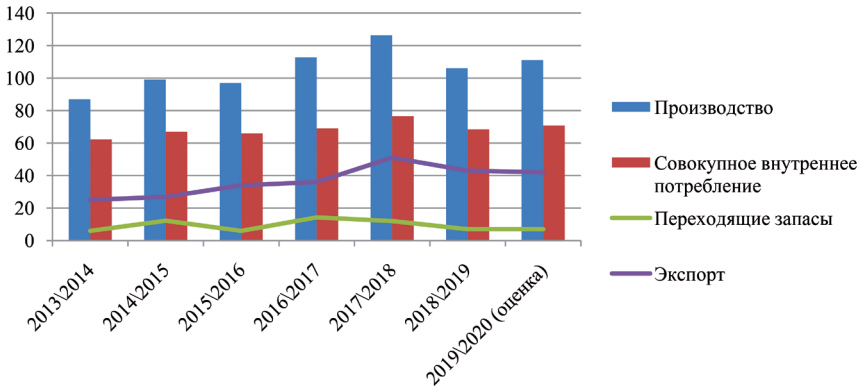


Рис. 3. Динамика валовых сборов, совокупного внутреннего потребления, экспорта и переходящих запасов основных зерновых культур в РФ, млн т

Источник: составлено авторами на основе данных USDA FAS // Grain and Feed Annual 2015, 3/31/2015. P. 25–26; USDA FAS // Russian Federation Grain and Feed Annual 2017, 4/14/2017. P. 32–33; USDA FAS // Russian Federation Grain and Feed Update, 7/20/2018. P. 14–16; USDA FAS // Russian Federation Grain and Feed Update, February 13, 2020. P. 4–6).

[1] USDA FAS // Grain and Feed Annual 2015, 3/31/2015. P.25-26; USDA FAS // Russian Federation Grain and Feed Annual 2017, 4/14/2017. P. 32–33; USDA FAS // Russian Federation Grain and Feed Update, 7/20/2018. P. 14–16; USDA FAS // Russian Federation Grain and Feed Update, February 13, 2020. P. 4–6.

[2] Там же.

[3] Там же.

Особенно остро проблема роста переходящих запасов стоит в регионах, удаленных от основных рынков сбыта, в первую очередь в Сибирском федеральном округе. Для решения проблемы неликвидных запасов и низких закупочных цен на зерновые культуры Правительству Российской Федерации в сезоне 2017/2018 гг. пришлось создать на базе Министерства сельского хозяйства РФ оперативный штаб по регулированию зернового рынка и ввести скидки на железнодорожные перевозки из регионов, в наибольшей степени подверженных влиянию данной проблемы (вплоть до установления так называемого нулевого тарифа, при котором экспортерам зерна компенсировались расходы на перевозку, установленные в рамках Прейскуранта 10-01).

Аналогичная проблема прослеживается на рынке сахарной свеклы и готового сахара. Актуальность формирования новых источников спроса на сахар в Российской Федерации ранее подчеркивалась исследователями Н. А. Садовниковой и М. В. Сидаком[1].

В сельскохозяйственном сезоне 2019/2020 гг. в отрасли наблюдается практически нулевая рентабельность, снижение инвестиционной привлекательности, высокие показатели потерь сахарной свеклы, отличающейся плохой хранимостью, болезненные процессы остановки и консервации производственных мощностей[2]. По данным Союза сахаропроизводителей России, вследствие перепроизводства сахара и низких оптовых цен в сезоне 2020/2021 гг. приостановят свою деятельность несколько крупных сахарных заводов в Республике Башкортостан, Республике Татарстан, Тульской области и Краснодарском крае[3]. По оценкам USDA, переходящие запасы сахара в сезоне 2019/2020 гг. превысят 1,4 млн т, увеличившись по отношению к показателям предыдущих сельскохозяйственных сезонов более чем в 3 раза[4].

---

[1] *Садовникова Н. А., Сидак М. В.* Структурная диверсификация сахарной отрасли в решении проблемы перепроизводства: сахар или биотопливо? // Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 13 / РАН. ИНИОН. Отд. науч. сотрудничества; отв. ред. В. И. Герасимов. М., 2018. С. 375–376.

[2] Агроинвестор / Кризис сахарного перепроизводства. В сезоне 2019/20 рентабельность отрасли упала ниже нуля. Гоненко И., 3 марта 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/33324-krizis-sakharnogo-pereproizvodstva-v-sezone-2019-20-rentabelnost-otrasli-upala-nizhe-nulya/ (дата обращения: 30.04.2020).

[3] Союз сахаропроизводителей России / На заседании Комитета Государственной Думы по аграрным вопросам были обсуждены проблемы российских сахарных заводов. 06.03.2020 [Электронный ресурс]. URL: http://www.rossahar.ru/news/news_23383.html (дата обращения: 30.04.2020).

[4] USDA FAS // Sugar: World Markets and Trade. May 2020 [Электронный ресурс]. URL: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/Sugar.pdf (дата обращения: 30.04.2020).

В заключение согласимся с тем, что одним из важнейших приоритетов аграрной политики в настоящее время является обеспечение продовольственной независимости и безопасности[1]. Развитие производства и потребления транспортного биотоплива может оказать негативное влияние на доступность продовольствия, спровоцировать рост цен на сельскохозяйственное сырье и продукты питания. Именно поэтому разработка и реализация государственной программы, направленной на стимулирование биотопливного сектора, должны быть основаны на минимизации отрицательных эффектов, связанных с ростом спроса на сельскохозяйственную продукцию.

Итак, применение механизмов государственной поддержки позволило США сформировать устойчивый спрос на транспортное биотопливо, обеспечить рост его производства предприятиями, расположенными на территории собственной страны.

Историю применения механизмов государственной поддержки биотопливной отрасли в США можно разделить на три основных периода, различающихся приоритетами и подходами к стимулированию производства и потребления транспортного биотоплива. Если на начальном этапе приоритеты заключались в обеспечении энергетической независимости и экологической безопасности, то со временем они сместились в сторону стимулирования сельской экономики. В данный момент происходит трансформация приоритетов и подходов государственной политики, заключающаяся в стремлении обеспечить рост производства и потребления транспортного биотоплива второго и третьего поколения.

В Российской Федерации отсутствует производство и потребление транспортного биотоплива, поскольку отсутствуют механизмы государственной поддержки, применяемые в США. Применение механизмов государственной поддержки целесообразно для формирования новых источников спроса на сельскохозяйственную продукцию, в первую очередь на зерновые и сахаросодержащие культуры.

Список литературы

1. *Алтухов А. И., Дрокин В. В., Журавлев А. С.* Продовольственная безопасность и импортозамещение — основные стратегические задачи современной аграрной политики // Экономика региона. 2015. № 3.
2. *Головин М. С., Кудрявцева О. В.* Государственная политика по развитию отрасли транспортного биотоплива в Европейском союзе // Государственное управление. Электронный вестник. Февраль, 2020. Вып. № 78.

[1] *Алтухов А. И., Дрокин В. В., Журавлев А. С.* Продовольственная безопасность и импортозамещение — основные стратегические задачи современной аграрной политики // Экономика региона. 2015. № 3. С. 256–266.

3. *Крылатых Э. Н., Строков С. Н.* Взаимосвязь энергоэкологического и агропродовольственного кризисов: состояние, пути преодоления // Аграрный вестник Урала. 2008. № 8 (50).
4. *Садовникова Н. А., Сидак М. В.* Структурная диверсификаци сахарной отрасли в решении проблемы перепроизводства: сахар или биотопливо? / Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 13 / РАН. ИНИОН. Отд. науч. сотрудничества; отв. ред. В. И. Герасимов. М., 2018.
5. *Сусану И. А.* Регулирование рынка жидкого биотоплива в России и мире // Торговая политика. Trade policy. 2019. № 1/17.
6. *Drabik D., De Gorter H., Timilsina G. R.* The effect of biodiesel policies on world biodiesel and oilseed prices // Energy Economics. 2014. Vol. 44.
7. *Duffield J. A., Xiarchos I., Halbrook S.* Ethanol Policy: Past, Present, and Future // University of South Dakota, South Dakota Law Journal. 2008. Vol. 53(3).
8. *Moschini G. C., Cui J., Lapan H.* Economics of Biofuels: An Overview of Policies, Impacts and Prospects // Bio-based and Applied Economics. 2012. 1(3).
9. *Richardson J., Nordhaus R.* The National Energy Act of 1978 // Natural Resources & Environment. 1995. Vol. 10. No. 1.
10. *Searchinger T., Heimlich R., Houghton R. A., Dong F., Elobeid A., Fabiosa J., Tokgoz S., Hayes D., Yu T.* Use of U. S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change // SCIENCE. 2008. Vol. 319. 29 February.

2.8. ВОДОРОД КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Гречухина И. А.

Концепция водорода как ключевого элемента декарбонизации мировой экономики появилась уже давно, однако именно сейчас возникли такие экономические и политические условия, которые способны придать практическое воплощение этой идеи.

Как известно, водород, являясь безуглеродным энергоносителем, может обеспечить декарбонизацию отраслей, электрификация которых в силу ряда причин невозможна либо затруднительна. Кроме того, водород предлагает возможности для аккумулирования и транспортировки электроэнергии, произведенной на основе возобновляемых источников энергии (далее ВИЭ), на большие расстояния.

Сокращение стоимости электроэнергии ВИЭ, а также удешевление электролизеров существенно улучшили экономику «зеленого» водорода.

Эти драйверы придали концепции развития водородной энергетики новые политические и экономические импульсы. В настоящее время некоторые страны, в частности Австралия, Франция, Германия, ЕС, Япония, Корея, Норвегия и Россия, представили свои национальные водородные стратегии. Водород стал неотъемлемой частью повестки дня «Группы двадцати», МЭА, ИРЭНА и других международных организаций. Все более реальным становится сценарий, что водород будет торговаться на мировых энергетических рынках. В начале 2020 г. Япония приняла первый груз жидкого водорода из Брунея. Это событие потенциально может стать таким же важным, как первая поставка СПГ компанией Methane Pioneer из США в Великобританию в конце 1950-х гг. [4]

В то же время для развития глобального рынка «низкоуглеродного» водорода необходимо преодолеть ряд барьеров. Требуется дальнейшее сокращение затрат, создание соответствующей инфраструктуры, а также обеспечение производства водорода «низкоуглеродными» способами, т.е. либо из электроэнергии ВИЭ, либо из ископаемых видов топлива с использованием технологии улавливания, утилизации или хранения углерода (CCUS). В настоящее время порядка 99% всего водорода по-прежнему производится из ископаемых видов топлива, что сопряжено со значительным углеродным следом [8].

Однако формирование глобального водородного рынка зависит не только от технических и экономических параметров, но в существенной степени также и от геополитических факторов.

Следует отметить, сейчас водород не является предметом исследований, посвященных геополитике энергетической трансформации, в которых фокус в основном делается на последствиях электрификации секторов конечного потребления за счет более широкого использования солнечной и ветровой энергетики [10; 18]. При этом геополитический ракурс — это лишь один из более широких вопросов социологических исследований, которые возникают в связи с переходом к водородной экономике [19].

Параметры водородной экономики будут существенно варьироваться в зависимости от источника водорода, способа его транспортировки и возможностей конечного потребления. С точки зрения политической экономии каждая альтернативная цепочка создания стоимости определяет свой собственный набор победителей и проигравших [23]. Поэтому выбор конкретных путей развития водородной экономики в каждой конкретной стране будет зависеть не только от затрат и эффективности технологий. Борьба и конфликты между различными участниками цепочки создания стоимости водорода будут определять формирование глобального рынка водорода и влиять на темпы энергетического перехода. Ставки в этой геополитической борьбе довольно высоки. К 2050 г. водород может покрыть до четверти мировых энергетических потребностей, а ежегодные продажи водорода могут составить 700 млрд долл., причем еще миллиарды будут потрачены на оборудование и инфраструктуру для конечного потребления [7]. Невмешательство в процесс формирования мировой водородной экономики может привести к фрагментации рынка, углеродной блокировке[1] и усилению геополитического и экономического противостояния. Международное сотрудничество может помочь снизить эти риски и создать ликвидный и эффективный глобальный рынок водорода.

Водород — «недостающее звено» энергетической трансформации

Водород — это самый легкий и самый распространенный химический элемент на планете, однако в чистом виде он встречается крайне редко

[1] Углеродная блокировка (англ. Carbon lock-in) относится к самопроизвольной инерции, создаваемой крупными энергетическими системами, работающими на ископаемом топливе, которая тормозит государственные и частные усилия по внедрению технологий альтернативной энергетики. Понятие «углеродная блокировка» связано с проблемой изменения существующей энергетической инфраструктуры в целях реагирования на глобальное изменение климата. Впервые эта концепция и термин были сформулированы Грегори К. Унрухом в 1999 г. в докторской диссертации Флетчерской школы Тафтского университета под названием «Escaping Carbon Lock-in».

и, как правило, представлен в химических связях с другими элементами, прежде всего в виде молекул воды (H_2O). Водород может быть преобразован в электричество через топливные элементы, его можно сжигать для производства тепла или энергии, а также использовать в качестве исходного сырья. При сжигании водорода в двигателе либо в сочетании с кислородом в топливном элементе вырабатывается тепло или электроэнергия, при этом в качестве побочного продукта выделяется только водяной пар, а другие загрязняющие вещества или выбросы отсутствуют.

Водород обладает широким спектром областей применения практически во всех отраслях экономики. Согласно оценкам МЭА, значительный потенциал для использования водородного топлива существует в сферах производства высокотемпературного тепла, промышленности, отоплении, в сегменте дальнемагистральных транспортных средств, а также самолетов и кораблей [8].

Важно отметить, что водород является энергоносителем: как и электричество, он должен вырабатываться с использованием других источников энергии. На сегодня водород в основном производится из природного газа («серый» водород) и угля («черный» водород). Лишь незначительная часть водорода производится из ископаемых видов топлива с использованием технологии улавливания углерода CCS («голубой» водород) или путем электролиза на основе электроэнергии ВИЭ («зеленый» водород). Преобразование электроэнергии ВИЭ с помощью водорода в другие энергоносители (газы, жидкости и тепло) и химическое сырье представляет собой процесс, известный как Power-to-X (PtX или P2X). Каждый из «производных» водорода (например, синтетический метан, синтетическое дизельное топливо, метанол, аммиак) имеет свои собственные цепочки создания стоимости.

Существует ряд технических и экономических ограничений, которые сдерживают развитие водородной энергетики. Это во многом связано с физико-химическими свойствами водорода, в частности с его взрывоопасностью, низкой плотностью энергии на единицу объема, способностью вызывать охрупчивание металлов, что в итоге делает инфраструктуру для производства, хранения и транспортировки водорода весьма затратной. Именно поэтому прошлые волны интереса к водороду не приводили к устойчивому росту инвестиций и более широкому внедрению водорода в энергетических системах. В период с 2008 по 2018 г. мировые государственные расходы на водород сократились примерно на 35% [3].

Однако без «зеленых» газов и топлив (биогаз, водород, синтетическое топливо и т.д.) добиться глубокой декарбонизации экономики оказывается затруднительно [3], особенно в таких секторах, как дальнемагистральный транспорт, химическая промышленность и металлургия, где нельзя ограничить выбросы только за счет электрификации [14; 21].

Определенных успехов в декарбонизации этих секторов можно добиться за счет энергоэффективности, внедрения новых материалов, экономики замкнутого цикла и бихейвористских изменений. Например, замена ближнемагистральных авиаперевозок высокоскоростным железнодорожным транспортом могла бы снизить общий спрос на авиационное топливо. Однако моделирование показывает, что для успешного перехода к системе с нулевым уровнем выбросов необходимы именно «зеленые» газы и (или) топлива [16; 12]. Таким образом, водород и его производные, такие как метанол, этанол и аммиак, могут стать «недостающим звеном» энергетической трансформации [9]. Кроме того, быстрое развитие дешевой возобновляемой энергетики может одновременно снизить стоимость водорода и выбросы CO_2.

Выбор «водородного» пути развития

Формирование водородной экономики потребует от каждой страны выбора той или иной модели цепочки создания стоимости водорода, что предполагает ответ на ряд вопросов, в частности какой водород производить («зеленый», «голубой» или «желтый»), где производить (в стране либо импортировать), в каких секторах применять и пр.

Определение этих параметров может стать источником конфликтов между различными субъектами экономической деятельности, включая правительства стран-импортеров и экспортеров энергии, поставщиков электроэнергии ВИЭ, производителей промышленного газа, электроэнергетические компании, автопроизводителей, нефтяные и газовые компании, судоходные компании и пр. Например, выбор технологии производства водорода может вызвать конфликт интересов производителей электромобилей и водородных автомобилей. В этом контексте хотелось бы также отметить возможный риск развития водородных технологий за счет (или в ущерб) более эффективных альтернативных технологий. Например, по состоянию технологического развития на сегодня КПД электромобилей с аккумуляторными батареями (BEV) составляет 70–90%, в то время как эффективность автомобилей с водородными батареями составляет всего порядка 25–35% [2].

Как уже говорилось, в настоящее время основным сырьем для производства водорода являются ископаемые виды топлива. Однако в ходе реализации курса на декарбонизацию главными конкурентами окажутся «голубой» и «зеленый» водород. Выбор «цветности», т.е. технологии производства водорода, определит параметры инфраструктуры и промышленности на десятилетия вперед. Производство «голубого» водорода предполагает поддержку газовой отрасли, а также индустрии улавливания, утилизации и хранения углерода (CCUS). Развитие производства «зеленого»

водорода требует удешевления электролизеров и будет способствовать привлечению инвестиций в возобновляемые источники энергии.

Развитие полноценной инфраструктуры производства чистого водорода вряд ли возможно без «голубого» водорода, учитывая нынешние объемы и ценовые преимущества производства водорода из ископаемых видов топлива. В настоящее время во многих регионах водород, произведенный с использованием сетевой электроэнергии, имеет больший углеродный след, чем обычный «серый» водород, получаемый при паровой конверсии метана без технологии улавливания, утилизации и хранения углерода CCUS [9].

Однако производство «голубого» водорода не является углеродно-нейтральным, поскольку невозможно обеспечить улавливание всех выбросов CO_2 либо полностью устранить утечку метана. Выбор «голубого» водорода означает поддержку углеродоемкой траектории развития, поскольку для обеспечения его производства всегда будет требоваться природный газ. Кроме того, «голубой» водород основан на применении технологий улавливания углерода, которые в настоящее время внедряются крайне медленно и часто сопровождаются увеличением добычи нефти, что в конечном итоге приводит к увеличению выбросов CO_2.

Как уже говорилось, водород может потребляться в чистом виде (H_2) либо преобразовываться в другие молекулы, такие как синтетический метан, метанол, жидкие углеводороды Фишера—Тропша (FT) (например, дизельное топливо, бензин, керосин и смазочные материалы) или аммиак. Каждый вариант имеет свои преимущества и недостатки. Чистый водород может закачиваться только в определенной пропорции в существующую газотранспортную систему и на этапе конечного потребления требует дооснащения котлов, печей и счетчиков. Этого дооснащения не требуется для синтетического метана, который может напрямую подаваться в газопровод. Синтетическое дизельное топливо может отгружаться в товарных танкерах и разгружаться в обычных портах. Метанол и аммиак можно перевозить в танкерах для жидких химикатов. Синтетический метан, метанол и жидкие углеводороды Фишера—Тропша требуют наличия источника CO_2. Аммиак, с другой стороны, является безуглеродным соединением (NH_3), однако его хранение и транспортировка могут представлять проблемы с точки зрения безопасности, так как он является высокотоксичным.

До настоящего времени водород использовался главным образом в промышленности в качестве химического сырья, в частности для нефтепереработки и производства аммиака. В будущем водород потенциально может стать универсальным энергоносителем, который может подаваться в газотранспортную сеть, использоваться в автомобилях на топливных элементах, преобразовываться в другие синтетические виды топлива или в электроэнергию.

Геополитические аспекты «водородного» перехода

Для снижения совокупных издержек водородных технологий необходимы большие инвестиции в водородную инфраструктуру, однако здесь имеет место риск отсутствия гарантированного спроса и предложения. Таким образом, выбор «неверного» пути может повлечь значительные потери. И наоборот, экономики (или компании), способные заполучить технологическое лидерство, могут значительно выиграть. Наряду с выбором технологий, компаниям и странам необходимо определиться также с географией производства и использования водорода: промышленно развитые страны должны сопоставить стоимость импорта водорода с затратами на его производство внутри страны. В то же время страны, располагающие необходимыми ресурсами для производства дешевого водорода, могут либо экспортировать водород, либо использовать его для размещения на своей территории углеродоемких производств, которые можно декарбонизировать с помощью водорода, например черной металлургии или производство цемента.

В целом это подводит нас к рассмотрению трех геополитических последствий «водородного» перехода: создание новых энергетических зависимостей между странами; изменение интересов, распределения сил и ключевых игроков энергетического перехода; возможное усиление технологического и геоэкономического соперничества между странами.

На сегодня водород все еще является очень локализованной отраслью: примерно 85% водорода потребляется на месте его производства. Для расширения предложения водорода промышленно развитые страны могут наладить его внутреннее производство либо импортировать водород из стран, богатых возобновляемыми и (или) ископаемыми энергоресурсами. Для таких больших экономик, как ЕС или Япония, импорт «зеленого» водорода из регионов относительно дешевого его производства может способствовать сокращению затрат энергетического перехода, а также снижению территориальной нагрузки, связанной с крупномасштабным внедрением ВИЭ. Однако такой сценарий чреват возникновением новых энергетических зависимостей между странами.

Таким образом, водород обладает потенциалом для изменения глобальной карты торговли энергоресурсами и создания нового класса экспортеров (рис. 1). Такие страны, как Япония, Южная Корея и Германия, планируют импортировать водород. В то же время водородные стратегии Австралии, Чили, Новой Зеландии и России, напротив, сосредоточены на экспортном потенциале. Таким образом, будут возникать новые торговые связи, и по мере того, как водород будет вытеснять ископаемые виды топлива, будет снижаться давление на «узкие места» в цепочках поставок нефти (например, Ормузский пролив) или на страны — транзитеры природного газа.

Рис. 1. Торговля водородом и издержки производства водорода по регионам, долл./кг
Источник: [7].

В странах, расположенных недалеко друг от друга, водород может транспортироваться по трубопроводам. В Северо-Западной Европе, например, 900-километровая водородная трубопроводная сеть соединяет Роттердам (Нидерланды), Антверпен (Бельгия) и Дюнкерк (Франция). В мире уже существует более 4,5 тыс. км водородных трубопроводов [20]. Немецкие операторы газопроводов недавно обнародовали планы строительства крупнейшей в мире водородной сети протяженностью около 5,9 тыс. км. Однако стоит отметить, что хотя и существует потенциальная возможность объединения этих региональных и локальных газопроводов в единую трансграничную сеть, опыт транспортировки водорода по магистральным газопроводам пока отсутствует.

В настоящее время Япония развивает водородное сотрудничество с Австралией, Брунеем, Норвегией и Саудовской Аравией [15]. Германия подписала соглашение о сотрудничестве с Марокко по производству метанола из водорода, Южная Корея налаживает водородное партнерство с Норвегией, Нидерланды — с Португалией, а Бельгия планирует крупномасштабный импорт водорода из Омана и Чили.

Если нынешний тренд к двустороннему партнерству сохранится, то рынок может начать формироваться с сильно фрагментированной базы, повторяя опыт начальных этапов рынка СПГ, когда первые проекты создавались на основе гибких двусторонних долгосрочных контрактов, которые индексировались по ценам на нефть [5].

Одно из ключевых отличий рынка водорода от рынка нефти и газа будет заключаться в том, что торговля водородом будет менее асимметричной, поскольку технически производить водород можно практически везде в мире. Тот факт, что многие страны могут быть просьюмерами (как про-

изводителями, так и потребителями водорода) и что водород можно хранить, практически исключает возможность для экспортеров устраивать водородные войны, а для импортеров — попасться в ловушку картеля поставщиков.

Для стран — экспортеров нефти и газа в регионе Ближнего Востока и Северной Африки водород может стать ответом на вызовы, связанные с необходимостью диверсификации экономики и сокращения зависимости национальных бюджетов от доходов нефтегазовой отрасли. Предпосылки для развития водородной энергетики в этих странах также имеются, в частности, хорошие условия для развития солнечной энергетики (для производства «зеленого» водорода), широкие возможности для подземного хранения CO_2 (в случае выбора «голубого» пути развития водорода), а также выгодное географическое положение, которое идеально подходит для обслуживания как европейских, так и азиатских рынков. Вместе с тем широкомасштабному развитию водородной энергетики в регионе может воспрепятствовать ограниченность запасов пресной воды, что потребует дополнительных инвестиций в опреснительные мощности и, в свою очередь, приведет к росту расходов.

Контроль над цепочками создания стоимости низкоуглеродных энергетических технологий имеет большое значение для обеспечения конкурентоспособности экономик, а также для национальной и энергетической безопасности. Пионеры в области водородной энергетики смогут поставлять свои технологии на внешние рынки. Причем технологическое лидерство можно получить на разных этапах цепочки создания стоимости водорода: производя мембраны топливных элементов, предлагая решения для хранения водорода либо разрабатывая материалы для трубопроводов. В июне 2020 г. Германия объявила о выделении 9 млрд евро на развитие водородной энергетики и стала претендовать на лидерство в сфере поставки водородных технологий в мире. Одновременно немецкий энергетический концерн RWE и металлургический гигант Thyssenkrupp объявили о сотрудничестве в сфере производства зеленого водорода и его применении в производстве стали.

В настоящее время во многих странах и отраслях начинается гонка за технологическое лидерство. Японские автопроизводители Honda и Toyota делают ставку на автомобили на топливных элементах, в то время как китайские автомобильные концерны развивают электротранспорт, а европейские — повышают эффективность двигателей внутреннего сгорания. Зачастую в основе становления водородных производств в стране лежат государственные механизмы поддержки. Недавно Еврокомиссия объявила о создании Водородного альянса ЕС для поддержки развития водородной энергетики в Европе [1]. При этом, по оценкам Bloomberg New Energy Finance (BNEF), в 2019 г. электролизеры, произведенные

в Китае, уже сейчас на 83% дешевле, чем в западных странах [7]. Это вызывает опасения, что Китай и в этой сфере займет лидирующие позиции.

Появление международных производственно-сбытовых цепочек водорода также усилит конкуренцию за дислокацию энергоемких производств. Страны с большим потенциалом производства водорода из внутренних ресурсов (ВИЭ или ископаемых видов топлива) могут сделать выбор в пользу расширения энергоемких отраслей промышленности (в частности, химической и металлургической промышленности) внутри страны, вместо того (либо наряду с тем), чтобы просто экспортировать водород в промышленно развитые страны. Таким образом, торговля водородом могла бы придать новое измерение международному разделению труда. Кроме того, поскольку развивающиеся страны часто рассматриваются как поставщики сырья, водородная революция несет в себе риск возникновения «зеленого колониализма» [17].

Следовательно, путь к интегрированному, эффективному и низкоуглеродному мировому рынку водорода связан с целым рядом неопределенностей и рисков. В этом контексте международное регулирование не только могло бы способствовать росту инвестиций в водородные технологии, но и одновременно позволило бы снизить вероятность фрагментации рынка, риск углеродной блокировки и пр.

На сегодня более 20 стран представили свои национальные водородные стратегии [13]. Эти документы существенно различаются между собой как по способам получения водорода, так и по возможностям его применения и географии размещения производств.

В настоящее время необходима разработка международных правовых норм в сфере стандартизации и сертификации. Если водород должен стать углеродно-нейтральным или, возможно, даже способствовать негативным выбросам CO_2 (путем производства водорода из биомассы и его сочетания с улавливанием углерода), сертификация будет иметь ключевое значение.

Необходимо также согласованное и соответствующее климатическим целям видение роли водорода в глобальной энергетической системе в 2030, 2040 и 2050 гг. В связи с существующим риском углеродной блокировки, а также с необходимостью сокращения риска для инвесторов требуется декларация на международном уровне постепенного отказа от «серого» водорода.

Как уже упоминалось ранее, в силу особенностей энергобалансов стран в настоящее время в большинстве регионов «голубой» водород имеет меньший углеродный след, чем «зеленый» [6]. Однако экономика «зеленого» водорода постепенно улучшается. Стоимость щелочных электролизеров с 2015 по 2019 г. упала на 40% [7]. Электролизеры имеют модульную конструкцию, схожую с фотоэлектрическими модулями, что дает основания ожидать сокращения стоимости технологий, аналогичное тому, что имело место в солнечной энергетике. Очевидно, что для обеспечения конкурен-

тоспособности «зеленого» водорода по отношению к природному газу, необходима государственная поддержка, включающая установление национальных целей, расходы на НИОКР и субсидии. Одной из важных мер поддержки водорода должно стать установление цены на углерод (CO_2) [11]. Однако важно помнить, что даже если «зеленый» водород станет дешевле «голубого» (что реально при установлении оптимальной цены на углерод), для его широкомасштабного применения на транспорте необходимо также достижение конкурентоспособности относительно других видов топлив: бензина, дизельного топлива, судового топлива и керосина [22].

Развитие водородной энергетики потенциально может стать ключевым фактором достижения климатических целей, особенно если объединить и скоординировать национальные усилия в данной сфере. Существующие водородные стратегии задают важное направление национальной энергетической политики, однако, возможно, имели бы куда большую эффективность, если бы были интегрированы в региональные или даже глобальные программы по водороду, что обеспечивало бы синергию и эффективное международное разделение труда в данной сфере.

Немаловажно также национальную энергетическую безопасность и интересы промышленности рассматривать в контексте общих интересов смягчения последствий изменения климата и обеспечения геополитической стабильности.

Хотелось бы также отметить роль международных организаций в становлении и развитии мирового рынка водорода. Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA) поддерживает развитие ВИЭ и «зеленого» водорода, Международное энергетическое агентство работает над проблемой водорода с точки зрения энергетической безопасности, а Международное агентство по атомной энергии занимается изучением вопроса о производстве «желтого» водорода (с помощью использования атомной энергии). Международный энергетический форум обеспечивает платформу для диалога между экспортерами и импортерами энергоресурсов и мог бы расширить свою деятельность также и в водородном секторе. В свою очередь, «Группа семи» и «Группа двадцати» могли бы взять функцию по координированию деятельности международных организаций в сфере водородной энергетики.

Таким образом, объединение и координация усилий национальных правительств, международных организаций, научных институтов и бизнеса смогут дать легкий старт развитию глобальной водородной энергетики и обеспечить ее становление в наиболее эффективном формате.

Список литературы

1. A New Industrial Strategy for Europe. EU Commission (2020). COM (2020) 102 final. 10 March 2020.

2. Battery or fuel cell, that is the question. Volkswagen, A. G. (2020). March 12. URL: https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2020/03/battery-or-fuel-cell-that-is-the-question.html#
3. *Belmans R., Vingerhoets P.* Molecules: Indispensable in the Decarbonized Energy Chain. Policy Paper 2020/1. Robert Schuman Centre for Advanced Studies, Florence School of Regulation, Florence, Italy, 2020.
4. *Bradshaw M., Boersma T.* Natural Gas, Polity, 2020. P. 114.
5. *Bridge G., Bradshaw M.* Making a global gas market: Territoriality and production networks in liquefied natural gas // Economic Geography. 2017. 93 (3). P. 215–240.
6. Hydrogen as an energy carrier: An evaluation of emerging hydrogen value chains / DNV GL, Hovik, 2018.
7. Hydrogen Economy Outlook / Bloomberg New Energy Finance. 2020. March 30.
8. IEA (2019) Future of Hydrogen IEA/OECD, Paris.
9. IEA/OECD (2019) World Energy Outlook. Paris, 2019. P. 604.
10. IRENA (2019) A New World: The Geopolitics of the Energy Transformation / The Global Commission on the Geopolitics of the Energy Transformation, Abu Dhabi. IRENA (2019) Hydrogen: A Renewable Energy Perspective.
11. IRENA (2020) Energy Transformation 2050: Global Renewables Outlook IRENA, Abu Dhabi.
12. *Kosturjak A., Dey T., Young M., Whetton S.* Advancing Hydrogen: Learning from 19 plans to advance hydrogen from across the globe. Future Fuels CRC, 2019.
13. Mission Possible: reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors by mid-century / Energy Transitions Commission. 2018. URL: http://www.energy-transitions.org/mission-possible
14. *Nagashima M.* Japan's Hydrogen Strategy and Its Economic and Geopolitical Implications. IFRI, October 2018.
15. Net zero 2050: Towards fossil-free energy in 2050 /Cambridge Econometrics and Element Energy (2019). March 2019. URL: https://europeanclimate.org/resources/fossil-free-energy-systems-in-europe-are-feasible-by-2050/
16. *Orttung R., Overland I.* Russia and the Formation of a Gas Cartel Prob. Post-Communism. 2011. 58 (3). P. 53–66.
17. *Scholten D.* (Ed.), The Geopolitics of Renewables, Springer Nature, Cham, 2018.
18. *Scott M., Powells G.* Towards a new social science research agenda for hydrogen transitions: Social practices, energy justice, and place attachment // Energy Res. Social Sci. 2020. 61. Article 101346.
19. Shell Hydrogen Study: Energy of the Future? / Shell and Wuppertal Institute, 2017. URL: https://www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies/hydrogen
20. *Staffell I., Scamman D., Abad A. V., Balcombe P., Dodds P. E., Ekins P., Shah N., Ward K. R.* The role of hydrogen and fuel cells in the global energy system // Energy Environ. Sci. 2019. 12 (2). P. 463–491.
21. *Todts W.* Moving hydrogen from hype to hope. February 5, Transport & Environment. 2020. URL: https://www.transportenvironment.org/newsroom/blog/moving-hydrogen-hype-hope
22. *Van de Graaf T., Sovacool B. K.* Global Energy Politics / Polity, Cambridge, 2020.

2.9. АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Кудрявцева О. В., Деркач А. С., Манушко С. В., Несветов Ф. Д., Пекарев С. В., Четвертаков В. С.[1]

Устойчивое развитие и энергетика

Концепция устойчивого развития активно развивалась и подвергалась значительным изменениям с момента своего появления. В 1968 г. была образована международная неправительственная организация «Римский клуб», рассматривающая, как мир будет развиваться в будущем и какие ресурсы ему при этом будут необходимы. Данная организация привлекала внимание мировой общественности к изучению глобальных проблем устойчивого развития на основе научных исследований. Среди приоритетных вопросов, которыми она занималась, выделялись те, которые касались состояния природной среды, устойчивости социального и экономического развития, способов и последствий производства и потребления энергии, совместного решения демографических проблем, вопросов социального неравенства и др. В 1987 г. в докладе «Наше общее будущее» Международная комиссия по окружающей среде и развитию (МКОСР) дала определение понятию «устойчивое развитие», которое стало с тех пор общепризнанным[2].

В докладе Европейской экономической комиссии и Программы развития ООН «От переходного периода к трансформации: устойчивое и всеобъемлющее развитие в Европе и Центральной Азии» (Kubiš, Udovički, 2012) подчеркивается особая значимость социальной размерности устойчивого развития. Три параметра положены в основу данного видения: истощение природных ресурсов; деградация окружающей среды; а также бедность и неравенство.

В августе 2015 г. 193 государства — члена ООН достигли соглашения по новой повестке дня «Преобразование нашего мира: Повестка дня в об-

---

[1] Опубликовано в: *Кудрявцева О. В., Деркач А. С., Манушко С. В., Несветов Ф. Д., Пекарев С. В., Четвертаков В. С.* Атомная энергетика в контексте устойчивого развития // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2018. Т. 10. № 4. С. 33–49.

[2] URL: http://www.un-documents.net/our-common-future

ласти устойчивого развития на период до 2030 года», которая через месяц была одобрена главами этих государств[1]. Данный документ пришел на смену Целям развития на пороге тысячелетия (ЦРТ) (Millennium Development Goals), действовавшим с 2000 по 2015 г.[2] В нем отражены новые Цели устойчивого развития (ЦУР) ООН 2015 г., осуществления которых предполагается достичь совместными усилиями стран к 2030 г. То, что в этой связи целесообразно сделать в России, изложено, в частности, в Докладе о человеческом развитии в Российской Федерации[3].

Устойчивое обеспечение энергией необходимо для достижения всех указанных в повестке Целей устойчивого развития: как для экономического развития с учетом социальной справедливости, так и для обеспечения сохранения экосистем. Можно вспомнить о том, что, согласно данным Всемирного банка, в настоящее время доступа к электроэнергии лишена восьмая часть населения планеты (в России же показатель энергообеспеченности приближается к 100%).

Перечислим Цели устойчивого развития, наиболее зависимые от энергетического обеспечения:

1. Повсеместная ликвидация нищеты;
2. Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности, содействие устойчивому развитию сельского хозяйства;
7. Обеспечение доступа к недорогостоящим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии;
8. Содействие устойчивому экономическому росту, полной занятости и достойной работе для всех;
9. Создание инфраструктуры, содействие устойчивой индустриализации и внедрению инноваций;
10. Снижение уровня неравенства;
11. Обеспечение безопасности и устойчивости городов;
12. Обеспечение рациональных моделей производства и потребления;
13. Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями;
15. Защита, восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное управление лесами, борьба с опустыниванием, прекращение деградации земель и утраты биологического разнообразия;
17. Активизация работы механизмов глобального партнерства в интересах устойчивого развития.

---

[1] URL: http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable–development–goals/

[2] URL: https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld

[3] Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2016 год / под ред. С. Н. Бобылева и Л. М. Григорьева. М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2016. 298 с.

Для анализа динамики достижения государствами целей устойчивого развития во всем мире разработаны и разрабатываются множество специальных индикаторов (для регионов России см., в частности, [8]).

Рассмотрим более подробно Цель № 7 «Обеспечение доступа к недорогостоящим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии». Она включает следующие задачи: энергообеспеченность, увеличение доли возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе, повышение энергоэффективности. В настоящее время в России доля в энергобалансе возобновляемых источников энергии низка (менее 1%, если не считать крупные ГЭС). Несмотря на то что атомная энергетика, согласно общепринятой классификации, не относится к возобновляемой, запаса сырья для нее достаточно, что имеет большое значение, учитывая все еще низкую энергоэффективность российской экономики. К условно возобновляемым источникам атомная энергетика сможет быть отнесена в будущем при условии замыкания ее топливного цикла на основе новых технологий.

Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. предполагает развитие данных направлений в сфере инновационной научно-технической политики в сфере атомной энергетики[1]. В проекте «Энергетическая стратегия России на период до 2035 года» отмечается следующее: «Атомная энергетика является одной из высокотехнологичных отраслей, в которых Российская Федерация лидирует на протяжении длительного периода времени. Дальнейшее развитие атомной энергетики важно не только с точки зрения обеспечения устойчивой и надежной работы ЕЭС, но и для сохранения технологического лидерства в данной отрасли»[2].

Использование атомной энергии также в значительной степени может способствовать достижению ЦУР № 13, касающейся борьбы с изменениями климата, а также выполнению условий Парижского соглашения ООН по климату, вступившего в силу 4 ноября 2016 г.

Специфика и особенности атомной отрасли

Основные технологические процессы в атомной отрасли

Атомная (или ядерная) энергетика представляет собой комплекс предприятий, занимающихся производством электрической энергии за счет выделения и преобразования ядерной энергии, высвобождаемой при рас-

---

[1] Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ № 1715-р от 13.11.2009.

[2] Энергетическая стратегия России на период до 2035 года, проект. URL: https://minenergo.gov.ru/node/1920

паде ядра атома. В случае деления ядер элементов происходит запуск цепной реакции: выброс нейтронов при распаде ядра и их последующее столкновение с другими ядрами активирует в них точно такой же распад. Энергия, высвобождаемая при делении ядер урана, преобразуется в тепловую в активной зоне реактора, после чего с помощью теплоносителя отводится из активной зоны к парогенератору, затем механическая энергия пара направляется к турбогенератору, где она превращается в электрическую. Однако запуск и поддержание управляемой цепной ядерной реакции требуют особых условий, причем относящихся как к изготовлению ядерного топлива, так и к созданию среды, в которой данная реакция может поддерживаться.

В природе уран, необходимый для изготовления ядерного топлива, содержится в урановой руде в очень низкой концентрации: в среднем доля закиси-окиси урана U_3O_8, основного ураносодержащего соединения, используемого на дальнейших стадиях создания ядерного топлива, составляет примерно 0,07% от природного урана (руды). В связи с этим первым этапом создания ядерного топлива является выделение данного соединения из горных пород путем дробления и выщелачивания — аффинаж урана. Следующим этапом является конверсия урана — превращение закиси-окиси урана в гексафторид урана UF_6 — единственное соединение урана с низкой температурой парообразования, что позволяет использовать его для обогащения по изотопу урана-235, причем наиболее распространенным методом является газовое центрифугирование (данный метод основывается на различии масс молекул с разными изотопами). После газового центрифугирования обогащенный гексафторид урана переводят в диоксид урана UO_2, из которого изготавливаются урановые таблетки, которые в дальнейшем будут использованы в активной зоне ядерного реактора.

Стоит отдельно отметить важность обогащения урана. Во-первых, повышение доли необходимого урана-235 позволяет уменьшить критическую массу — необходимый объем ядерного топлива для поддержания управляемой цепной реакции, что делает реактор более компактным и экономичным. Во-вторых, повышение концентрации урана-235 увеличивает экономическую эффективность за счет увеличения жизненного цикла топлива, а именно продления сроков его выгорания и снижения частоты перегрузки топлива.

Активная зона реактора также имеет некоторые конструктивные особенности. Во-первых, помимо самого ядерного топлива в нем находится замедлитель нейтронов: специальная среда — жидкость (например, вода, тяжелая вода D_2O) или твердый материал (графит или бериллий), — необходимая для уменьшения скорости нейтронов, выделяющихся при ядерном распаде (в противном случае нейтроны не будут сталкиваться

с нераспавшимися ядрами, и реакция достаточно быстро начнет затухать). Во-вторых, активная зона ядерного реактора покрыта изнутри отражателем, необходимым для избежания рассеивания выделяемых нейтронов: это позволяет уменьшить критическую массу за счет увеличения концентрации нейтронов в активной зоне реактора.

Методика превращения ядерной энергии в электрическую различается в зависимости от типа реактора незначительно: переменными параметрами являются вещество-замедлитель, вещество-теплоноситель и количество теплообменных контуров.

Организационные аспекты атомной отрасли

В Российской Федерации, согласно Федеральному закону от 01.12.2007 № 317-ФЗ «О Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», функции управления использованием атомной энергии предоставлены Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом». Согласно ФЗ, ГК «Росатом» осуществляет «государственное управление при осуществлении деятельности, связанной с разработкой, изготовлением, утилизацией ядерного оружия и ядерных энергетических установок военного назначения, а также нормативно-правовое регулирование в области использования атомной энергии».

Федеральный закон № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» устанавливает правовые отношения, возникающие при использовании атомной энергии, включая полномочия:

- органов управления использованием атомной энергии — ГК «Росатом»;
- органов государственного регулирования в области использования атомной энергии — Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору;
- организации, осуществляющей деятельность в области использования атомной энергии (АО «Концерн Росэнергоатом»).

Таким образом, ГК «Росатом» организационно является структурой, управляющей и интегрирующей основные активы отрасли. При этом сама отрасль включает и другие организации и структуры (например, научные, промышленные), которые ведут работу в ней. Так, например, по заказу ГК «Росатом» предприятием АО «Балтийский завод», не принадлежащим ГК «Росатом», была изготовлена плавучая атомная электростанция (ПАТЭС).

Специфика атомной отрасли

В настоящее время атомная энергетика является развитой технологией в промышленном масштабе и занимает определенную нишу в энергети-

ческом, промышленном и технологическом комплексах Российской Федерации и в других странах.

Атомная энергия производится на атомных электростанциях, работающих в структуре единой энергосистемы РФ (ЕЭС РФ). Выбор площадки для АЭС определяется, во-первых, районами, в которые затруднена подача органических источников энергии, и, во-вторых, потребностью в больших объемах электроэнергии и возможности ее транспортировки потребителям, поскольку сейчас сооружаются АЭС большой мощности.

Ранее предпринимались попытки использования атомной энергии для полноценного функционирования самолетов, космических аппаратов и военной техники (их созданием и в настоящее время занимаются страны — лидеры в области атомной энергетики).

Данная отрасль производства энергии имеет несколько принципиальных особенностей. Во-первых, существуют требования, обусловленные ее спецификой, требующей дополнительных затрат и повышенного внимания. Они связаны с вопросами безопасности, строительством, эксплуатацией, ликвидацией станций и захоронением опасных отходов. Очень большие затраты совершаются на стадии строительства станции, добычи и переработки сырья, изготовления топлива, которые, как предполагается, будут впоследствии окупаться на протяжении длительного срока. При этом КИУМ атомных станций (80–90%) значительно выше, чем, например, КИУМ ветряных станций: в течение года атомная станция стабильно работает на полную мощность и не зависит от погодных условий.

Существует ряд требований регулирующих органов (например, международная организация МАГАТЭ), которые обеспечивают контроль за безопасностью. Это приводит к росту затрат на безопасность и удорожанию АЭС. Так, например, существуют международные требования, согласно которым на этапе проектирования АЭС необходимо обосновать стратегию вывода АЭС из эксплуатации и оценить затраты на вывод из эксплуатации. Поэтому атомные электростанции откладывают дополнительно средства в резервные фонды для обеспечения процесса вывода атомной станции из эксплуатации. Все мероприятия и технические решения, обеспечивающие безопасность использования ядерной энергии, являются дорогостоящими, но они позволяют предотвратить аварии на АЭС и еще большие затраты, связанные с ними.

Доля затрат на топливо в структуре себестоимости производства электроэнергии в атомной отрасли намного меньше, чем в отраслях, связанных с органическим топливом, — 20% для ядерной энергии и 60% в среднем для нефти и нефтепродуктов, газа и угля. Это связано с тем, что объем топлива, а также его стоимость для получения одинакового количества электроэнергии от АЭС меньше, что обеспечивает экономическую эффективность АЭС на этапе эксплуатации.

Сфера атомной энергетики как направление получения энергии в будущем

В большинстве стран мира планируется увеличение использования атомной энергии, причем это более характерно для развивающихся стран (в развитых странах в атомной энергетике в настоящее время превалируют мероприятия по модернизации отрасли). Это связано с тем, что она имеет определенный ряд преимуществ перед альтернативными источниками энергии.

Во-первых, получение энергии в процессе управляемых ядерных реакций никак не загрязняет атмосферу, не приводит к появлению парниковых газов, не ведет к обширному загрязнению воды, в том числе повышению кислотности океанов и почвы (нейтрализация данных эффектов требует много усилий и средств).

Во-вторых, эффект от использования одного килограмма обогащенного урана или плутония соизмерим с привлечением 50–100 т нефти. Кроме того, отношение энергии, извлекаемой из единицы топлива, к энергии, затрачиваемой на получение данной единицы топлива, в атомной энергетике является одним из самых высоких (подробнее см. приложение 3). Так, для обогащения с помощью газового центрифугирования (современный метод обогащения урана) данное соотношение составляет примерно 50 раз (при этом различные исследования несколько расходятся в оценках); это значит, что энергия, получаемая из 1 кг пригодного для использования урана, в 40–60 раз превосходит энергию, затрачиваемую на добычу такого объема руды, из которого будет получен 1 кг пригодного для использования урана. Для сравнения, для природного газа данное соотношение составляет около 5,5 раза, а для угля — около 20 раз. Столь высокий данный показатель имеют только гидроэлектростанции, расположение которых очень зависит от природных факторов, и ветряные электростанции (для данного источника энергии мнения исследователей сильно расходятся, значения полученных показателей лежат в диапазоне от 20 до 80 раз), производительность которых также зависит от природных условий и не является стабильной.

В-третьих, исследования показывают, что ядерное топливо по окончании использования вырабатывается не полностью, и уран может быть повторно использован после регенерации в реакторе. В дальнейшем планируется переход на почти замкнутый топливный цикл, минимизирующий количество выбрасываемых отходов.

В-четвертых, производство атомной энергии является достаточно безопасным, поскольку обеспечение безопасности является основным требованием к АЭС. Оно также не зависит от погодных условий и может функционировать 24 часа в сутки.

Кроме того, существует множество смежных областей, на развитие которых непосредственным образом влияют работы в сфере атомной энергетики:

- медицина (радиоизотопы, протонно-лучевая терапия опухолей);
- энергетика (низкотемпературные и высокотемпературные сверхпроводящие материалы, магнитные материалы для электродвигателей);
- промышленность (высокочистые и функциональные материалы и сплавы);
- электроника (производство кремния для полупроводников);
- экология (наноструктурированные фильтрующие материалы для воздуха и воды);
- ликвидация чрезвычайных ситуаций (детекторы веществ для борьбы с терроризмом, использование лазеров при тушении пожаров в местах газодобычи).

Таким образом, как можно видеть, развитие этой отрасли будет способствовать осуществлению многих Целей устойчивого развития, в частности, связанных с экономическим развитием, обеспечением рабочими местами, повышением уровня жизни.

Стоит отметить, что ежегодные траты на поддержание работы атомных электростанций в определенной мере фиксированы, в то время как затраты в других энергетических отраслях крайне неустойчивы в связи с колебаниями цен на соответствующие энергетические ресурсы.

Обратим далее внимание на совокупные затраты АЭС, которые состоят из четырех основных элементов:

- капитальные затраты, понесенные во время проектирования, подготовки к строительству новой электростанции и самого строительства;
- эксплуатация и техническое обслуживание (в первую очередь относится к управлению и содержанию электростанции, а именно оплате труда персонала, страхованию, обеспечению безопасности, плановому техническому обслуживанию, периодическим ремонтам и т.д.);
- затраты на закупку топлива для электростанции;
- затраты, связанные с резервированием средств для вывода блока АЭС из эксплуатации, обращения с отработавшим топливом и захоронения радиоактивных отходов.

Стабильность совокупных трат на АЭС объясняется тем, что в ядерной энергетике большая их часть приходится на строительство, в то время как для энергоустановок, работающих на органическом топливе, именно топливо является самым затратным компонентом. Из-за малого веса стоимости топлива стоимость производства электроэнергии в атомной энер-

гетике является намного более устойчивой к изменению затрат на сырье в сравнении с нефтегазовым сектором. Так, двукратное увеличение цены урана приведет к изменению общей стоимости производимой энергии только на 11%, в то время как при аналогичном увеличении цены, например, на газ расходы увеличатся на 65%.

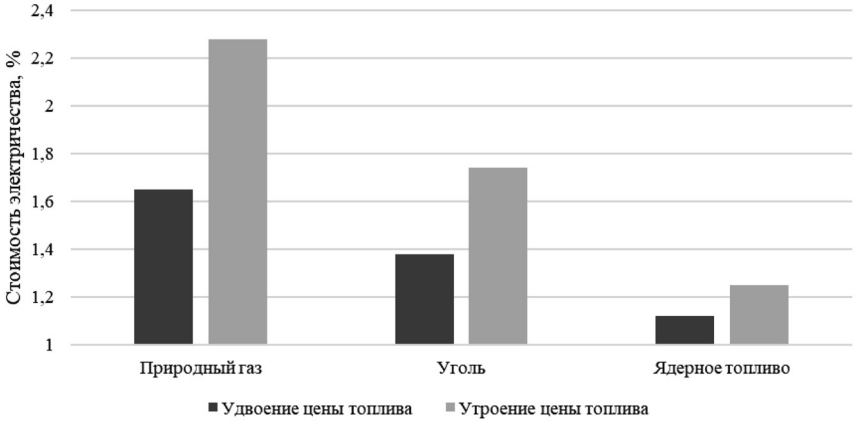


Рис. 1. Изменение стоимости электроэнергии при повышении стоимости топлива для газовой, угольной и ядерной энергетики
Источник: [1].

В приложении 3 приведена статистика, демонстрирующая для разных стран долю атомной энергетики от общего производства электричества. Доля атомной энергии в производстве электричества все еще имеет перспективы к росту: даже в большинстве развитых стран она не превышает 40%. В развивающихся странах, таких как Южная Африка, Бразилия, Мексика, доля атомной энергии чрезвычайно мала и имеет большой потенциал к дальнейшему росту.

Взгляды современных исследователей на атомную энергетику

В последнее время у большого количества стран значительно возрос интерес к ядерной энергетике. По мнению американских ученых А. Адамантиадис и И. Кессидес, это происходит в результате неустойчивых цен на ископаемое топливо, обеспокоенности по поводу безопасности поставок энергии и глобального изменения климата. В исследовании Adamantiades, Kessides [1] описывается текущее состояние и будущие планы расширения ядерной энергетики, достижения в области технологии ядерных реакторов и их влияние на связанные с этим риски и эффективность ядер-

ной энергетики. Например, в последнее время в Соединенных Штатах, где фактически строительство реакторов прекратилось еще в конце прошлого века, государство стало активнее оказывать финансовую помощь владельцам уже построенных АЭС, а также спонсировать строительство новых реакторов. В Европе тема строительства атомных электростанций является предметом постоянных политических дебатов, и в настоящее время тема строительства и поддержания АЭС часто поднимается в связи с вопросами снижения выбросов и изменения климата. Ряд правительств таких стран, как Швеция, Великобритания, уже заявили о поддержке строительства и ввода новых АЭС. Кроме того, в Азии значительно начала расти доля энергии, полученной атомными электростанциями. Более 40 развивающихся стран недавно обратились к должностным лицам Организации Объединенных Наций с просьбой выразить заинтересованность в запуске у них ядерно-энергетических программ.

В совместном труде европейских и североамериканских ученых [2] выражается следующая мысль: «Человечество должно осознать реальность того, что оно не может бесконечно зависеть от сжигания угля, газа и нефти для большинства своих энергетических потребностей». Они пришли к выводу, что в долгосрочной перспективе технология ядерного деления останется единственным (или как минимум приоритетным) источником, способным поставлять огромные объемы энергии, которые потребуются для безопасного, экономичного, надежного и устойчивого функционирования современных промышленных систем и жизни общества.

Интересно будет привести доводы другого экономиста [6], который в своем исследовании делает упор на необходимости развития технической инфраструктуры, в первую очередь в развивающихся странах, в настоящее время практически или совсем не имеющих развернутой ядерной энергетики, и в них может присутствовать фактор коррупции и политической нестабильности, что ставит под вопрос безопасность развертывания там этого вида получения энергии. С точки зрения ученого, безопасность — ключевой параметр развития атомной энергетики. Он настаивает на необходимости укрепления международного режима безопасности, например, методом введения некоторых нынешних консультативных услуг МАГАТЭ (Международного агентства по атомной энергии) в качестве обязательных.

Хотя крупномасштабное развертывание ядерной энергетики может сократить выбросы парниковых газов, ее потенциал в плане снижения затрат на смягчение последствий изменения климата изучен недостаточно. Так, в своем исследовании ученые из Швеции [5] использовали модель энергетической системы для оценки относительной экономии затрат на смягчение последствий изменения климата, обеспечиваемых ядерной

энергетикой, а также их надежности. Они пришли к выводу, что расширение в настоящее время коммерчески доступных ядерных технологий приводит к 10%-ной экономии затрат на смягчение последствий изменения климата. В случае доступности передовых ядерных технологий, таких как FBRs (реакторы на быстрых нейтронах), и альтернативных методов добычи урана экономия достигает 20%.

Описание модели и результаты

В данном исследовании мы задались целью оценить взаимосвязь между структурой производства электроэнергии в стране и ее экологическим состоянием. Для этого мы взяли данные по структуре источников энергии: отдельно доли производства электричества за счет угля, природного газа, нефти, ГЭС, АЭС, прочих ВИЭ (кроме ГЭС), а также по некоторым ключевым экологическим индикаторам: ожидаемой продолжительности жизни, уровню смертности из-за загрязнения воздуха, выбросам CO_2 на душу населения по 139 странам за 1970–2013 гг.

В ходе исследования мы остановились на модели, наиболее качественно описывающей влияние структуры источников на воздействие на окружающую среду. Она представляет собой сбалансированную панель с фиксированными эффектами, а именно набор данных по каждой стране с 43 наблюдениями. Для учета уникальных для каждой страны эффектов в регрессию были включены фиктивные переменные государств (принимают значение «1» для *i*-го государства). В качестве зависимой переменной был взят уровень выбросов CO_2 на душу населения в годовом выражении. В качестве регрессоров — доля производства электричества за счет природного газа, нефти, ГЭС, АЭС, прочих ВИЭ (кроме ГЭС). Добыча электричества из угля как ключевого источника во многих странах была исключена из модели (т.е., по сути, учитывается в константе) с целью избежания совершенной мультиколлинеарности.

Данные были взяты с сайтов международного энергетического агентства (IEA) и Всемирного банка (World Bank Open Data). Учитываются сведения только с 1970 г., так как учет экологических выбросов в большинстве стран стал достоверным только начиная с этого времени, а 2013 г. — последний, за который имеются данные по всей рассматриваемой выборке стран. В рассматриваемом наборе данных в некоторых странах имеются данные о выбросах не по всем источникам, поэтому для более качественных результатов оценивания эти государства были исключены из рассмотрения. Для дальнейшего рассмотрения остались государства, в которых информация об источнике выброса в каждом из годов была известна для более чем 80% от совокупного объема CO_2 (для большинства наблюдений данный параметр составляет 100%).

Результаты построения модели приведены ниже.

Таблица 1

Зависимая переменная — уровень выбросов CO_2 на душу населения, метрических тонн в год

	Коэффициент	Ст. ошибка	t-статистика	P-значение	
Константа	7,69	0,35	21,77	<0,0001	***
Доля ГЭС	-3,06	0,54	-5,647	<0,0001	***
Доля АЭС	-4,82	1,35	-3,569	0,0005	***
Доля ВИЭ	-14,9	8,13	-1,836	0,0686	*
Доля нефтепродуктов	-2,17	0,68	-3,168	0,0019	***
Наблюдения	4715				
Сумма кв. остатков	43340,91				
Ст. ошибка модели	3,079				
LSDV R-квадрат	0,865				

Константа значима на 1%-ном уровне и равна 7,69. Это означает, что средние выбросы CO_2 от сжигания угля равны 7,69 метрической тонны на человека в год. Использование любого другого источника для производства энергии снижает выбросы CO_2 на человека в год. В частности, увеличение доли ВИЭ на 1 процентный пункт снижает выбросы на 0,15 метрической тонны на человека в год, т.е. на 2% по сравнению с производством энергии исключительно от угля. Итак, данный источник оказывает наибольшее влияние на снижение выбросов. Вторыми по влиянию оказываются как раз атомные электростанции: при увеличении доли источников атомной энергии выбросы CO_2 снижаются в среднем на 0,05 метрической тонны на человека, или 0,69% по сравнению с производством энергии исключительно от угля, что превосходит все источники энергии, кроме ВИЭ (солнечная и ветряная энергия). Гидроэлектростанции оказывают положительный эффект в еще меньшей степени (на 57% ниже по сравнению с АЭС). Наконец, худшей из альтернатив углю по сравнению с рассмотренными выше является производство энергии от нефтепродуктов (снижение только на 0,02 метрической тонны в год при увеличении доли на 1 п.п.).

Следует сделать еще два замечания по приведенной модели. LSDV R-квадрат (специальный критерий для данного типа моделей) составляет 0,86, что говорит о высоком уровне ее прогностической способности. Оценивать при ее помощи эффект для конкретной страны или в целом по миру можно только в окрестностях текущих значений, так как со зна-

чительными структурными сдвигами в объемах производства электроэнергии может измениться и сама технология, что повлечет за собой изменение интересующих нас коэффициентов.

Заключение

При отказе от использования угольных источников топлива в пользу других выбросы CO_2 на душу населения сокращаются. В частности, использование нефтепродуктов производит наименьший эффект, чуть больший эффект демонстрируют ГЭС. Атомные электростанции в большей степени снижают выбросы CO_2, чем вышеперечисленные источники, лишь немного уступая эффекту от использования ветрогенераторов и солнечных батарей.

Стоит также отметить, что атомные электростанции имеют ряд прочих преимуществ перед представителями других «чистых» источников энергии (ветряных и солнечных). Атомным электростанциям не нужны солнечная погода и низкая облачность для выработки энергии (в отличие от солнечных батарей), и их производительность не зависит от погодных условий (как у ветрогенераторов).

Таким образом, мы имеем возможность говорить об атомных электростанциях как о перспективном источнике энергии. Их потенциал обеспечен тем, что они гарантируют наиболее стабильную выработку энергии, их работа является достаточно безопасной, не зависит от внешних эффектов и географического расположения, поскольку при проектировании и работе АЭС предусмотрено множество мер, относящихся к вопросам безопасности, а волатильность цены топлива не влияет существенно на стоимость производства электроэнергии. Согласно результатам нашего исследования, увеличение использования атомной энергии в стране будет приводить к значительному снижению выбросов CO_2. Однако необходимо отметить, что особую важность имеет в данном случае политика обращения с отходами и переход к замкнутому циклу производства.

Таким образом, можно заключить, что атомная энергетика при соблюдении определенных условий может активно способствовать реализации многих Целей устойчивого развития, поставленных мировым сообществом, и способствовать укреплению энергетической безопасности.

Благодарность

Авторы выражают благодарность Лидии Сергеевне Смирновой, руководителю Группы экономического анализа проектов Курчатовского института, за консультации по поводу качественных особенностей атомной отрасли и активное содействие данной работе.

Список литературы

1. *Бобылев С. Н., Кудрявцева О. В., Соловьева С. В., Ситкина К. С.* Индикаторы экологически устойчивого развития: региональное измерение // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. № 2. С. 21–33.
2. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2016 год / под ред. С. Н. Бобылева и Л. М. Григорьева. М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2016. 298 с. URL: http://ac.gov.ru/files/publication/a/11068.pdf
3. *Кубиш Я., Удовички К.* От переходного развития к трансформации. Устойчивое развитие в Европе и Центральной Азии: доклад. М., 2012.
4. *Adamantiades A., Kessides.* Nuclear power for sustainable development: Current status and future prospects, https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.052
5. *Brook B. W., Alonso A., Meneley D. A., Misak J., Bleese T., Jan B. van Erp.* Why nuclear energy is sustainable and has to be part of the energy mix. URL: https://doi.org/10.1016/j.susmat.2014.11.001
6. «History: 1968». Club of Rome. Retrieved 29 November 2017.
7. *Kessides I. N.* Nuclear power: Understanding the economic risks and uncertainties. URL: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.005
8. *Lehtveer M., Hedenus F.* How much can nuclear power reduce climate mitigation cost? — Critical parameters and sensitivity. URL: https://doi.org/10.1016/j.esr.2014.11.003
9. *Budnitz R. J.* Nuclear power: Status report and future prospects. URL: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.011
10. WNA (World Nuclear Association), 2009a. World nuclear power reactors 2008–09 and uranium requirements.

2.10. МИРОВОЕ ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ НА НЕФТЬ: АНАЛИЗ, ТЕНДЕНЦИИ И ПРОГНОЗ

Чернявский С. В., Моргунов Е. В., Чернявский В. С. ., Палт М. В.

Введение. С начала XX в. наступила эпоха нефти и начались разработка и внедрение технологий четвертого технологического уклада; и вот уже на протяжении пятого и отчасти шестого технического уклада нефть остается главным энергетическим драйвером научно-технологического прогресса, и закат эпохи нефти видится лишь призраком в надеждах производителей природного газа и других энергетических ресурсов. В то же время анализ исследований по проблемам ценообразования на нефть показывает, что в большинстве случаев исследователи концентрируют внимание на краткосрочных ее аспектах, а долгосрочный анализ в основном концентрирует внимание на сборе статистической информации, что немаловажно, но недостаточно для понимания долгосрочных трендов и прогнозов на мировом нефтяном рынке. В связи с этим мы и рассмотрим мировую динамику цен на нефть в долгосрочной ретроспективе.

Сущность ценообразования на мировом рынке. Принято считать, что ценообразование — процесс достаточно универсальный, чтобы можно было говорить о его специфике в условиях международного бизнеса. Тем не менее существует ряд черт, отличающих эту сферу от национальной экономики и находящих отражение в характере ценообразования и ценах, формирующихся в этой среде, особенно это касается мировых цен на сырую нефть. Эти черты вытекают из специфики международного нефтяного бизнеса [5].

Первая особенность — отсутствие системного контроля и жесткого регулирования цен в международной среде. При формировании цен в рамках национального хозяйства они находятся в сравнительно более четко очерченной экономической среде, являясь результатом не только свободной игры рыночных сил, но и совокупности различных форм и методов регулирования процесса общественного воспроизводства. В противоположность этому, ценообразование на мировом рынке характеризуется фрагментарностью, незавершенностью. Международные сделки главным образом совершаются на уровне оптового оборота, как правило, не затрагивая розничный оборот, поэтому цены в этой сфере не выступают как некая система, формирующаяся на основе конечного спроса на товары. Эти *цены* не являются объектом регулирования с позиций положительного

экономического развития и, что еще более важно, социальной стабильности, за которую отвечает всякое ответственное перед своими гражданами государство в лице национального правительства той или иной страны.

Это не означает, что цены на мировом рынке не регулируются вовсе. Они могут регулироваться, нередко даже в большей степени, чем на внутренних рынках отдельных стран, но в международной среде нет специальных органов, отслеживающих темпы инфляции, соответствие цен и доходов населения, динамику денежной эмиссии и другие показатели с целью их контроля и принятия мер в случае их выхода за рамки каких-либо допустимых пределов, как это имеет место на уровне национальных экономик. Если национальная среда, как правило, предполагает некоторое общее для данной страны экономическое поле, объединенное правовыми рамками, единой валютой и общим вектором управления экономическим развитием, то на мировом рынке эта общность еще только формируется под влиянием глобализационных процессов.

Поэтому можно сказать, что в международной среде цены — их уровни, динамика и соотношения — формируются вне системного контроля и испытывают регулирующее влияние главным образом со стороны крупных компаний, в основном транснациональных (ТНК), а также фирм и стран, как правило, объединенных в международные товарные соглашения картельного типа (например, ОПЕК).

Второй особенностью международной сферы ценообразования является влияние на цены международного разделения труда в производстве и сбыте того или иного товара. Например, является ли данный продукт результатом специализированного экспортного производства или вывозится на внешний рынок как излишек внутреннего производства над национальными потребностями (как, например, это происходит в отношении ряда продовольственных товаров — пшеницы, мяса и др.) — рыночная стратегия экспортеров в этих случаях будет существенно различной. То же самое часто и сырьевыми товарами (сырая нефть) — добыча в одном стране, потребление и переработка — в другой.

Третья особенность ценообразования на мировом рынке заключается в том, что обмен товарами и услугами производился на эквивалентной основе, т.е., например, сырая нефть должна оцениваться в объективных ценах мирового рынка или мировых ценах. Цена нефти может считаться мировой, если она удовлетворяет следующим основным требованиям:

1) сделка, в результате которой возникает цена, должна быть несвязанной, т.е. не отягощенной никакими дополнительными обязательствами сторон, которые могли бы повлиять на уровень цены, другими словами, цена должна быть «чистой»;
2) сделка должна быть достаточно масштабной, цена должна быть представительной с точки зрения обслуживаемого ею размера оборота товара;

3) такого рода сделки должны носить регулярный характер, они не должны быть эпизодическими, случайными;
4) желательно, чтобы сделки заключались в крупных международных торговых центрах, где соблюдаются торговые обычаи и традиции;
5) цена должна быть выражена в свободно конвертируемой валюте, потому что оплата в неконвертируемой валюте часто требует дополнительных условий (как правило, скидок с цены) в силу трудностей в определении реального курса неконвертируемой валюты.

Как можно легко себе представить, найти такую цену, чтобы она удовлетворяла всем вышеназванным требованиям, не так просто. По крайней мере во внешнеторговой практике эти случаи не столь часты. Данное выше определение мировой цены можно считать идеальным. Пожалуй, наиболее всего подходят под такое определение цены (котировки) международных товарных бирж.

Этапы мирового ценообразования на сырую нефть. Условно после Второй мировой войны институционально ценообразование на мировом рынке сырой нефти прошло четыре этапа (табл. 1): от картельного принципа ценообразования к конкурентному на основе биржевой торговли нефтью.

Таблица 1

Этапы ценообразования на мировом рынке сырой нефти (1946 г. по настоящее время)

Период (годы)	Принцип ценообразования	Кто устанавливает цену	Характер преимущественной конкуренции	Маркерные сорта
1946–1973	Картельный	МНК («Семь сестер»)	горизонтальная	Западнотехасская, Легкая аравийская
1974–1985	Картельный	ОПЕК (13 стран)	вертикальная	Легкая аравийская, Западнотехасская
1986–1998	Конкурентный	Биржи (множество)	вертикальная + горизонтальная	Западнотехасская, Брент, Дубай
1999 – настоящее время	Конкурентный	Биржи (множество)	вертикальная + горизонтальная	Западнотехасская, Брент, Дубай, Юралс

Источник: [3]; авторская группировка.

Как видно из табл. 1, в международной торговле сырой нефтью уже достаточно длительное время широко используются товарные биржи. В этом секторе рынка торговля и порядок установления цен, их регистрация (котирование товара) подчинены строгим правилам, отшлифованным на протяжении многих лет. Это создает устойчивый стандарт в формировании

и фиксировании цен и служит прекрасной основой для формирования надежной статистики цен по этой группе товаров, позволяющей широкому кругу потребителей легко и свободно пользоваться биржевыми котировками, используя их как оперативную, надежную и объективно независимую информацию об уровнях и динамике цен.

Однако несмотря на то, что биржевая торговля в настоящее время является одним из немногих вариантов выхода из-под контроля олигополий (картелей, крупнейших государственных нефтяных компаний и т.п.), последние все же находят способы серьезно влиять на биржевые котировки либо путем объявления параллельно действующих цен основных производителей, либо путем манипуляций с куплей-продажей товара через биржу, либо сочетая оба этих способа. Такое вмешательство олигополий, госкомпаний и картелей в работу биржи наносит ей серьезный ущерб, значительно снижая эффективность выполнения ее главной функции — быть чутким барометром рынка; и особенно верным это является для рынка нефти.

Долгосрочные ценовые тенденции на мировом рынке нефти. Кроме картельного фактора на динамику мировых цен на нефть влияют и другие факторы (как самые незначительные и краткосрочные факторы, так и долгосрочные доминирующие тенденции на мировом нефтяном и других связанных с ним рынках). Рассмотрим мировую динамику цен на сырую нефть за период 1970–2020 гг. более подробно (рис. 1).

Рис. 1. Динамика мировых цен на сырую нефть (1970–2020 гг.)

Источники: Annual Average Domestic Crude Oil Prices, 2020. URL: https://inflationdata.com/articles/inflation-adjusted-prices/historical-crude-oil-prices-table; Statistical Review of World Energy — all data, 1965–2018, 2020. URL: https://www.bp.com; расчеты авторов.

В целом статистический анализ показывает, что в 1970–2020 гг. средняя мировая цена сырой нефти составила в номинальных ценах примерно 35 долл. за баррель, а с учетом инфляции (2020 г.) — 55 долл. за баррель, таким образом, инфляция в цене нефти составила примерно 57%. При этом минимальные цены нефти составили 2,60 долл. за барр. (1970 г.), с учетом инфляции — 18,86 долл. (1998 г.), соответственно максимальные мировые цены нефти составили около 100 долл. за барр. (2013 г.) и 117,3 долл. (1980 г.); в большинстве случаев в анализируемый период номинальные мировые цены на сырую нефть варьировались в пределах 16–50 долл. за барр. (медиана = 27,24 долл.), а с учетом инфляции — в пределах 33–73 долл. за барр. (медиана = 45,65 долл.).

Анализ графика «Динамика мировых цен на нефть (1970–2020 гг.)» (рис. 1) также показывает два «пика», характеризующих самые высокие цены на нефть, — это особенно хорошо видно на линии тренда «цена, скорректированная на инфляцию (2020 г.)»; провал «реальных» цен в 2009 г. обусловлен мировым финансовым кризисом. Период между двумя пиками составил примерно 35 лет, которые хорошо коррелируют со сменой технологических укладов С. Глазьева: 1970-е гг. — начало развития компьютеров и информационных технологий, начало 5-го технологического уклада и начало роста цен на нефть; 2000-е гг. — развитие смартфонов и нанотехнологий, начало 6-го технологического уклада и опять начало роста цен на нефть. Перелом — начало снижения мировых цен на нефть — примерно совпадает с началом продаж двух культовых продуктов компании Apple — Macintosh (1983–1984 гг.) и iPhone (2007 г.), при этом в 1981 г. начались продажи персональных компьютеров от компании IBM, в 2010 г. – iPad (Apple). Также стоит отметить, что (с учетом инфляции) ценовой пик на нефти 1980 г. был выше, чем в 2013 г.

Прогноз мировых цен на нефть. Как показывает предыдущий опыт (1980–1998 гг.), цены уже прошли период резкого падения (2014–2016 гг.); нас ждет период низких цен на нефть (примерно 2017–2029 гг.), цены с достаточно высокой волатильностью будут колебаться вокруг 35 долл. за барр.; в 2030-х гг., возможно, начнется рост цен на сырую нефть и переход к 7-му технологическому укладу. При этом краткосрочная волатильность биржевых цен на нефть будет зависеть от объемов прихода-ухода спекулятивных денег от хедж-фондов, инвестиционных банков и брокерских компаний.

Стоит отметить, что из-за высокой волатильности определение трендов и прогнозов достаточно сложно. Это подтверждают и графики на рис. 1. Несмотря на отрицательную цену нефти, мы решили оставить график-прогноз, наиболее точно соответствующий динамике мировых цен на нефть в 1970–2020 гг. Это связано с рядом факторов: недоучетом инфляционных ожиданий, усугублением уровня падения цен из-за пандемии коронавируса в первой половине 2020 г., снижением спроса — и другими

факторами, в результате чего реальные сделки по продаже сырой нефти и фьючерсы на нее в США (май 2020 г.) осуществлялись по цене минус 40 долл. за барр.

Фундаментальные факторы, влияющие на мировую цену на сырую нефть. Анализ мы начнем с рассмотрения таких факторов, как мировая добыча нефти и мировое потребление нефти (в баррелях в день) — данные за 1965–2018 гг. представлены на рис. 2.

Как показал корреляционный анализ, взаимосвязь мировой добычи и мирового потребления сырой нефти и цены на нее достаточно слабая: коэффициент корреляции Пирсона соответственно для мировой добычи равен 0,42, для мирового потребления — 0,40; присутствие положительной взаимосвязи (синхронное падение цены, добычи и потребления) ярко заметно во время мировых кризисов, например в 1998 и 2008 гг.

Построение тренда и прогноза мировой добычи и потребления сырой нефти достаточно сложно, так как коэффициент детерминации (R^2) как для линейной функции, так и различных видов полиноминальной функции выше 0,9. В большинстве случаев пятилетний прогноз показывает рост добычи и потребления, хотя наибольший коэффициент детерминации показывает падающие спрос и предложение на нефтяном рынке, что в условиях пандемии коронавируса (2020 г.) соответствует действительности.

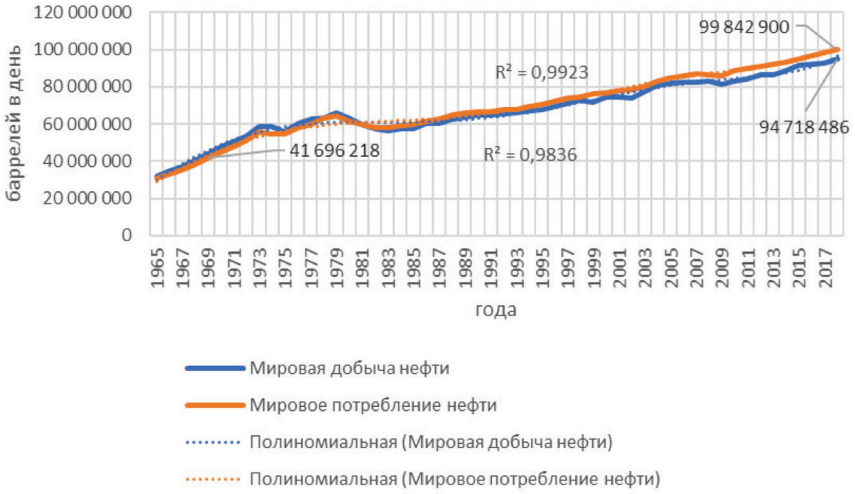


Рис. 2. Динамика мировой добычи и мирового потребления сырой нефти (1965–2018 гг.)
Источник: Statistical Review of World Energy — all data, 1965–2018, 2020.
URL: https://www.bp.com; расчеты авторов.

Стоит также отметить, что, по мнению компании BP, различия между данными о мировом потреблении и мировом производстве (добыче) нефти

объясняются изменениями запасов, потреблением ненефтяных присадок и неизбежными различиями в определениях, измерениях или преобразованиях данных о спросе и предложении сырой нефти. Это объясняет превышение потребления над добычей сырой нефти после 1980 г., а также отчасти слабую корреляцию спроса, предложения и цен на мировом рынке нефти.

В целом можно констатировать, что мировая добыча нефти в 1965 г. составила 31,8 млн барр. в день, в 2018 г. — 94,7 млн барр., т.е. рост равен примерно 298%; мировое же потребление соответственно составило 30,7 млн барр. в день и 99,8 млн барр., т.е. рост равен 325%; и среднесрочно с большой вероятностью рост мировой добычи и потребления сырой нефти сохранится (с падениями во время мировых кризисов, таких как пандемия коронавируса).

Что касается доказанных мировых запасов сырой нефти (рис. 3), то (как показал корреляционный анализ) их взаимосвязь и мировой цены на нефть очень слабая: коэффициент корреляции Пирсона 0,1. В то же время взаимосвязь между ценой и мировым потреблением, ценой и мировой добычей очень тесная и положительная: соответственно коэффициент корреляции Пирсона равен 0,98 и 0,97, т.е. если растут потребление и добыча, растут и запасы сырой нефти; опять же ярким примером падения запасов нефти стал мировой кризис 1998 г.

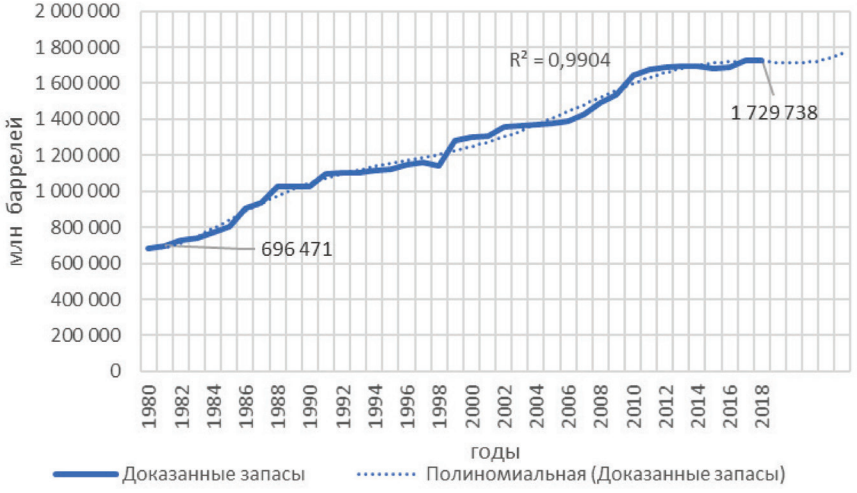


Рис. 3. Динамика мировых доказанных запасов сырой нефти (1980–2018 гг.)
Источник: Statistical Review of World Energy — all data, 1965–2018, 2020. URL: https://www.bp.com; расчеты авторов.

Построение тренда и прогноза мировых доказанных запасов сырой нефти показывает череду смены периодов роста и стабилизации, при этом примерно в 2011 г. начался последний период стабилизации запасов, который, по нашим прогнозам, продлится до 2022 г. и, возможно, сменится интенсивным ростом. В целом в 1980 г. мировые доказанные запасы нефти были равны примерно 0,7 трлн баррелей, в 2018 г. — 1,7 трлн баррелей, т.е. рост составил примерно 243%. Таким образом, как минимум в среднесрочной перспективе ни о каком снижении доказанных запасов сырой нефти в мировом масштабе не может быть и речи.

Выше при анализе мировых цен на сырую нефть нами была предложена гипотеза о положительной взаимосвязи динамики нефтяных цен и инноваций, в том числе и в самом мировом нефтяном секторе. Этим, в частности, объясняется рост достоверных, т.е. экономически эффективных с точки зрения добычи, запасов сырой нефти за счет, например, снижения предельных издержек добычи, транспортировки и реализации нефти, а также за счет повышения коэффициента извлечения нефти, внедрения инновационных технологий при геологоразведке и т.п. Следует учитывать и успехи в области энергосбережения, уже достигнутые и будущие, в развитых странах, а также развитие и внедрение инновационных технологий в автомобилестроение (что особенно важно для США — главного потребителя нефти и нефтепродуктов). С нашей точки зрения, как раз к 2013 г. мировой нефтяной сектор, прежде всего ведущие нефтяные компании решили свои «перестроечные» проблемы, поэтому мировая цена на сырую нефть пошла вниз.

Мировой ВВП и цены на сырую нефть. По данным [3], в среднем доля нефтяных доходов в мировом ВВП составляет всего 5%; предельная их доля равна 7% мирового ВВП: по достижении этого уровня наступает кризис мировой экономики. Это косвенно не подтверждается корреляционным анализом: взаимосвязь между мировым номинальным ВВП на душу населения и средними номинальными ценами на нефть прямая и тесная (коэффициент корреляции Пирсона = 0,85). Динамика мирового ВВП на душу населения представлена на рис. 4.

Визуально же анализ показывает, что в 1973–1985 гг. наблюдались высокие цены на нефть и высокие темпы роста мирового ВВП на душу населения, в 1986–1998 гг. — низкие цены на нефть и низкие темпы роста ВВП, в 1999–2013 г. — высокие цены на нефть и высокие темпы роста ВВП (правда, с временной задержкой и кризисом 2008–2009 гг.), с 2014 г. по настоящее время — низкие цены на нефть, даже отрицательные темпы роста мирового ВВП на душу населения. При этом стоит отметить, что пиковые цены на нефть (перед их падением) минимизируют темпы роста мирового ВВП на душу населения, и в этом плане гипотезу о пределе в 7% нефтяных доходов в мировом ВВП можно считать

обоснованной. Стоит также в дальнейшем учесть фактор инфляции, который, несомненно, сильно влияет как на мировые цены на нефть, так и на мировой ВВП.

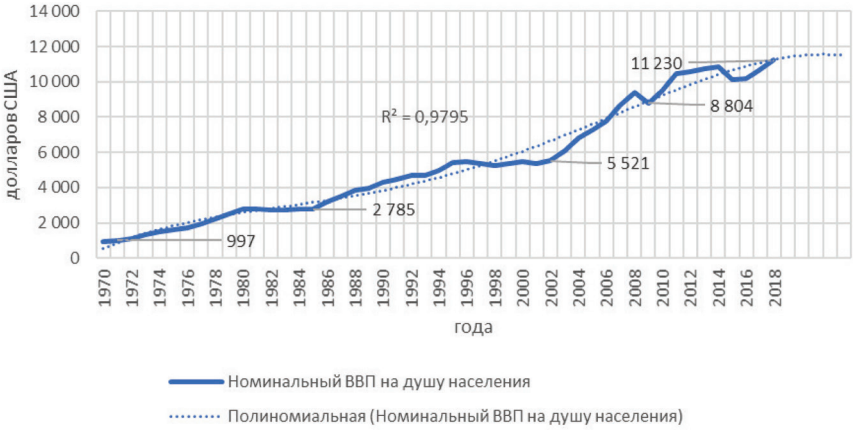


Рис. 4. Динамика мирового валового внутреннего продукта (1970–2018 гг.)
Источники: ВВП мира, 1970–2018 (таблица), 2020.
URL: http://be5.biz/makroekonomika/gdp/world.html#main; расчеты авторов.

Как видно из рис. 4, построение наиболее достоверного тренда и пятилетнего прогноза оказалось проблематичной задачей, так как коэффициент детерминации (R^2) как для линейной функции, так и различных видов полиноминальной функции был выше 0,9, однако во всех случаях линии тренда относительно неточно отражали фактуру динамики ВВП: в одних случаях прогнозировался интенсивный рост, в других — интенсивное падение мирового ВВП на душу населения. Исходя из ретроспективы динамики ВВП и цен на нефть, мы посчитали наиболее логичным вариант стабилизации роста ВВП на уровне 11 500 долл. на душу населения мира, с возможным его падением до примерно 11 000 долл. (с учетом инфляции). В целом в 1970 г. ВВП был равен 924 долл., в 2018 г. — 11 230 долл. на душу населения, т.е. рост составил примерно 1215%.

В заключение отметим, что проведенный нами анализ далеко не полный, здесь не рассмотрены такие факторы ценообразования на мировом рынке сырой нефти, как спекулятивная активность, энергетическая политика крупных нефтяных компаний и государств, товары — энергозаменители сырой нефти и многие другие; те факторы, что были рассмотрены, требуют дополнительного анализа, особенно это касается научно-технического прогресса. Необходим также анализ мировых цен на сырую нефть, в котором цены сами выступают в качестве влияющего фактора на мировую экономику.

Список литературы

1. *Бушуев В. В., Конопляник А. А., Миркин* и др. Цены на нефть: анализ, тенденции, прогноз. М.: ИД «Энергия», 2013. 344 с.
2. ВВП мира, 1970–2018 (таблица), 2020. URL: http://be5.biz/makroekonomika/gdp/world.html#main.
3. *Поляков В., Щенин Р.* Мировая экономика и международный бизнес. М.: КноРус, 2012.
4. Annual Average Domestic Crude Oil Prices, 2020. URL: https://inflationdata.com/articles/inflation-adjusted-prices/historical-crude-oil-prices-table.
5. Statistical Review of World Energy — all data, 1965–2018, 2020. URL: https://www.bp.com.

2.11. ПРОБЛЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОСТУПЛЕНИЙ ОТ ЭКСПОРТА НЕФТИ В ДОХОДЫ ФЕДЕРАЛЬНОГО БЮДЖЕТА

Палт М. В.[1]

Характеризуя сегодняшнее состояние мировой и российской экономики, обратимся к выдержке из «Энергетического бюллетеня» № 82 за март 2020 г.: «Начало пандемии коронавируса, официально объявленное ВОЗ в марте, нанесло серьезный удар по мировой экономике. Основные фондовые индексы снизились в феврале-марте 2020 г. более чем на 30%. Промышленное производство в Китае за первые два месяца года оказалось на 13,5% ниже прошлогоднего уровня. ...В марте цены на нефть обрушились, обновив минимальные значения с 2002–2003 гг., из-за обостряющейся проблемы распространения коронавируса и разрыва сделки ОПЕК+, участники которой перешли к борьбе за долю на рынке» [16].

Итак, основных причин кризисного состояния мировой экономики, при котором «...мировая рецессия в 2020 г. выглядит неизбежной» [16], две: пандемия коронавируса и обрушение цен на нефть.

Если оставить в стороне пандемию коронавируса, то причиной обрушения цен является разбалансировка мирового рынка нефти в марте 2020 г., которая «...привела к падению цен на нефть ниже кризисных уровней 2009 и 2015 гг. Резонанс произошел в результате падения спроса, давления со стороны сланцевой нефти из США, трудностей поддержания институционального, финансового и политического баланса между разнородными акторами: госкомпания Саудовской Аравии, частные компании в США и разнородные компании в России, а также их правительства» [16]. Таким образом, на рынке присутствует конфликт интересов: «При резких изменениях цены нефти ОПЕК либо снижала, либо наращивала добычу нефти для того, чтобы восстановить баланс между спросом на нефть и ее предложением» [21. С. 166]. Однако сейчас «любое сокращение добычи, сопровождающееся повышением цен, создаст дополнительные стимулы

---

[1] Опубликовано в: *Палт М. В.* Проблемы стабилизации поступлений от экспорта нефти в доходы федерального бюджета // Вестник Томского государственного университета. Экономика. Издательство ТГУ (Томск). 2020. № 50. С. 5–14.

для наращивания производства неконвенциальной нефти в США, а также в значительном числе стран, не являющихся членами картеля. Попытки договориться о совместном ограничении добычи ОПЕК и не ОПЕК имеют слабые шансы на реализацию» [21. С. 191]. Так произошло в 2019 г., когда «...динамичный рост добычи нефти в США на фоне высоких цен привел к тому, что на рынке снова образовался избыток предложения: прежние параметры сделки ОПЕК+ уже были недостаточны» [7. С. 29].

Новейшая история показывает, что падение цен на нефть в XXI в. следует с периодичностью в пять-шесть лет: 2002–2003 гг.; 2009 г.; 2015 и 2020 гг.

Указанное падение цен на нефть происходит дважды в десятилетие, при этом периоды высоких цен не позволяют накопить достаточно финансовых ресурсов для обновления и переориентации народного хозяйства и содержания социальной сферы. Именно поэтому в 2018 г. в пенсионную систему Российской Федерации были внесены столь непопулярные изменения.

Сегодня ни у кого не вызывает сомнения, что «...для устойчивого роста экономики, повышения благосостояния населения, обеспечения экономического суверенитета Россия должна в приоритетном порядке развивать обрабатывающую промышленность, высокотехнологичные производства и освобождаться от ценовой зависимости на нефть» [3. С. 28]. И вопрос не только в том, что Россия не успевает накопить средства на модернизацию и обновление: «...значительно более высокий уровень заработной платы и доходов на капитал в экспортно-сырьевых отраслях по сравнению с отраслями обрабатывающими, в том числе высокотехнологичными ...приводит к «высасыванию» наиболее качественных трудовых и материальных («дорогих») ресурсов «богатыми» секторами из «бедных» («голландская болезнь»)» [3. С. 28]. В свою очередь, «...повышение цен на нефть увеличивает рост инвестиций в добычу и рост добычи нефти. С другой стороны, рост цен на нефть приводит к рецессии в импортирующих странах, к снижению спроса на нефть и последующему снижению цен на нефть, поскольку спрос оказывается ниже предложения на мировом рынке» [9. С. 29]. Замкнутый круг, из которого пыталась выбраться советская, а теперь пытается выбраться российская экономика.

В декабре 2019 г. Совет Федерации одобрил бюджет на ближайшие три года, который предполагает более чем двукратное ускорение экономики сразу после следующего года. Однако ни отечественные, ни иностранные аналитики и специалисты не видят причин для обещаемого бурного роста ВВП. Так, глава СП А. Кудрин отметил: «К прогнозу есть тоже вопросы. Темпы экономического роста в 2020 г. 1,7% планируются, но уже в 2021 г. (подразумевается рост ВВП РФ) — на 3,1%. На мой взгляд, такой скачок будет трудно обеспечить» [17].

При этом важнейшим источником и направлением роста становится реализация национальных проектов, которая «...в ближайшие годы будет главным драйвером экономического развития России. Только в 2019–2021 гг. нацпроекты принесут российскому ВВП дополнительно около 1,6% роста» [18].

Роль реализации национальных проектов в ускорении темпов роста экономики отмечают и эксперты Всемирного банка: «В 2020–2021 гг. в России ожидается ускорение экономического роста на фоне смягчения денежно-кредитных условий и увеличения расходования средств в рамках национальных проектов» [5].

Однако основная доля стоимости нацпроектов, которая оценивается «...почти в 26 триллионов рублей, половина из которых (13 трлн) поступит из федерального бюджета, а остальное возьмут из бюджетов регионов (4,9 трлн), внебюджетных источников (7,5 трлн) и государственных внебюджетных фондов (147,8 млрд)» [18].

Таким образом, основные риски и угрозы для экономики РФ при кризисных сценариях развития мировой экономики заключаются в сокращении объемов добычи и снижении мировых цен на сырьевые и энергетические ресурсы: «Положение на мировом рынке нефти является наиболее значимым внешним фактором, определяющим состояние российской экономики, государственного бюджета и платежного баланса страны. Соотношение спроса и предложения нефти на мировом рынке, уровень мировых цен на нефть непосредственно влияют на государственные доходы, торговый баланс, развитие нефтегазового сектора и сопряженных отраслей экономики» [1. С. 5].

Предугадать и своевременно отреагировать на изменение ценовой конъюнктуры достаточно сложно: «За последние 14 лет прогнозы пять раз оказывались заниженными на 25% и более, два раза радикально завышались. Ошибка в прогнозе цен на нефть на 10% ведет к изменению бюджетных доходов на 1% ВВП» [9. С . 29].

В этих условиях весьма важной становится проблема стабилизации цен на сырьевые ресурсы, обеспечивающие доходы федерального бюджета. Важнейшим из указанных ресурсов является нефть. Потери от снижения цен на нефть в масштабах страны огромны. 2002 г.: «Потери федерального бюджета от снижения цен на нефть составили в 1-м квартале с.г. около 10 млрд рублей» [15]. 2014 г.: «Так, снижение цен на нефть на каждые 10 долларов за баррель в год ведет к ослаблению рубля на 1,5–2 рубля к доллару. То есть падение цен на нефть на 35 долларов ведет к ослаблению рубля к доллару на 5–7 рублей... Каждые 10 долларов за баррель падения стоимости нефти «съедают» 10 млрд долларов доходов российского бюджета, посчитали аналитики Альфа-банка. На самом деле бюджет теряет больше — 20 млрд долларов в год нефтяных доходов и еще 100 млрд руб-

лей ненефтяных доходов (из-за негативного влияния на рост ВВП)» [25]. 2015 г.: «Минфин оценивает потери бюджета от снижения цен на нефть на 60 долларов в 180 млрд долларов ежегодно ... При более серьезном падении цены, до 40 долларов в среднем за год, доходы бюджета могут снизиться уже на 3,1 трлн рублей, что составляет 21% запланированных доходов федерального бюджета» [13]. 2016 г.: «...статистический анализ предполагает, что снижение цены на нефть на 10 долларов за баррель отнимает 1 процентный пункт от роста ВВП... Таким образом, средств Резервного фонда хватит только для того, чтобы покрыть сумму, немногим более превышающую нынешний размер дефицита бюджета» [24]. Очевидно, что создаваемые в периоды высоких цен на нефть финансовые фонды не покрывают потери от снижения цен на нефть и быстро «проедаются».

В этих условиях следует признать существующие механизмы установления цен на нефть негативным фактором для экономического состояния и экономического суверенитета России. При этом даже рыночное ценообразование на нефть использовалось только на мировых сырьевых рынках. На внутреннем рынке энергетические ресурсы, включая нефть «...не являются обычными рыночными товарами, поскольку их рынок сильно монополизирован (по крайней мере в смысле локального монополизма). Их внутренние цены оказывают сильное влияние и на производителей, и на потребителей, как на отраслевую структуру хозяйства, так и на темпы экономического роста. Поэтому государство должно определять свою политику воздействия на эти цены и на методы их регулирования» [3. С. 31]. Кроме того, в современных условиях «...был пройден путь от сделок с физическими объемами нефти к торговле «бумажной нефтью». Этому способствовал масштабный приток инвестиций с финансовых рынков» [12. С. 63]. Рынок «бумажной нефти», или фьючерсных контрактов, начал динамично развиваться с конца 70-х гг. XX в., а «...к середине 1980-х гг. он многократно превысил по стоимости объемы рынка физических поставок, и сегодня на бирже основные объемы — это фьючерсные контракты» [19].

Таким образом, в современных условиях «...мировой рынок нефти имеет дуальную структуру: рынок физической нефти тесно интегрирован в рынок «бумажной нефти»... В современной системе ценообразования на нефть финансовый рынок играет ключевую роль. Ценовые формулы в большинстве долгосрочных и спотовых контрактов на поставку физической нефти содержат в качестве основной компоненты либо непосредственно котировки глобальных фьючерсных контрактов на Brent и WTI, либо спотовые индексы Brent, WTI и Dubai, рассчитываемые специализированными котировальными агентствами Platts и Argus. При этом методология расчета спотовых индексов также в значительной степени опирается на фьючерсные котировки. Таким обра-

зом, динамика цен на фьючерсном рынке, формирующихся под воздействием множества факторов, в том числе информационных сигналов с рынка физической нефти, сразу же отражается в ценах на нефть по всему миру» [21. С. 262].

При этом «бумажная нефть» — это не физическая нефть, она не добывалась и реально не продается. По сути дела, это финансовый инструмент: «Объем рынка производных финансовых инструментов, привязанных к нефтяным котировкам, или нефтяных деривативов, значительно превосходит рынок физической нефти. Так, годовой оборот нефтяных фьючерсных и опционных контрактов на двух крупнейших биржах NYMEX и ICE в 2017 г. составил 694 млрд баррелей, что превысило объем добычи физической нефти в том же году почти в 20 раз» [11. С. 190].

В этих условиях нефть перестает быть товаром, цена на который определяется соотношением спроса и предложения. Действительно, сложно объяснить произошедшее в марте-апреле 2020 г. следствием «естественного» изменения конъюнктуры рынка: «Часто в качестве причины обвала цен на мировом рынке называют действия Саудовской Аравии. Действительно, она в одностороннем порядке (без согласований в рамках ОПЕК) увеличила добычу нефти, встав на путь нефтяного демпинга в попытке завоевать положение хозяина мирового рынка черного золота. Это может объяснить снижение мировых цен на несколько долларов за баррель, но ведь общая величина падения (если отсчитывать от максимума, достигнутого в 2008 г.) составила около 100 долларов в расчете на баррель» [19]. Однако «...в понедельник, 20 апреля, майские фьючерсы на нефть марки WTI упали ниже нуля впервые в истории современной биржевой торговли. Произошло это на фоне заполнения нефтехранилищ в США и опасений за глобальный спрос из-за пандемии коронавируса» [19].

К числу главных игроков нефтяного рынка сегодня относят ряд крупнейших банков: «В США уже несколько лет ведется расследование деятельности банков Wall Street и крупнейших европейских банков накануне и во время кризиса 2007–2009 гг. В частности, были выявлены связи банковских операций на рынках нефтяных фьючерсов и их операций с физической нефтью. В 2012 г. начались расследования деятельности банков Goldman Sachs, Morgan Stanley и J. P. Morgan по манипулированию ценами на сырье (в том числе нефть), а в 2014 г. указанным банкам были предъявлены обоснованные обвинения» [19]. Однако в использовании нефти в качестве финансового инструмента заинтересованы не только банки: «Различные финансовые институты, в том числе хедж-фонды, пенсионные и страховые фонды и др., держат определенную долю активов своих инвестиционных портфелей в привязанных к сырьевым товарам, прежде всего к нефти, своповых и фьючерсных контрактах. ...включение сырье-

вых деривативов в инвестиционный портфель в соответствии с теорией Марковица позволило существенно улучшить его характеристики с точки зрения соотношения доходности и риска» [21. С. 266].

Выигрыш от существующей системы установления цены на нефть получают в первую очередь банки США и Западной Европы и другие финансовые институты. Они ведут активную игру на финансовых и сырьевых рынках, получая доходы как от повышения, так и от снижения цен. Принятый в Соединенных Штатах Америки в 2010 г. закон Додда—Франка, призванный ужесточить и усилить меры и рычаги регулирования финансового рынка, «...носит рамочный характер, для практического его применения требуется принять еще большое количество конкретных законов и подзаконных актов» [19].

В связи с этим важной задачей становится отказ от использующихся в настоящее время механизмов и инструментов ценообразования на нефть в возможных регионах (например, Юго-Восточная Азия) и переход к торговле на основе межгосударственных соглашений с установленным уровнем цен на определенные временные интервалы. Это особенно важно в связи с тем, что, по мнению О. Б. Брагинского, «...в настоящее время и в обозримой перспективе одним из главных факторов роста цен на нефть является и будет являться рост ВВП и, следовательно, спрос на нефть в развивающихся странах, прежде всего в демографических гигантах (Китае и Индии)» [2. С. 29]. С ним согласны В. И. Высоцкий и А. Н. Дмитриевский, которые считают, что в перспективе ожидается следующее: «Рост добычи нефти будет происходить более медленными темпами, чем ранее. К концу 2030 г. он составит менее 1% в год и главным образом будет определяться потребностями развивающихся стран, в первую очередь Китая и Индии» [4. С. 29].

Приведем далее мнение В. Фейгина: «Дальнейшие перспективы нормализации связаны с модификацией механизмов торговли нефтью. Надо вернуться к исходному принципу определения цены как равновесия не производных инструментов, а спроса и предложения. Это возможно за счет создания новых торговых площадок, на которых производители будут выносить подлежащие продаже объемы (например, в пределах 10–15% своих продаж за согласованный предстоящий период времени), торговля станет осуществляться в режиме ценового аукциона на реальные объемы поставок» [22. С. 137]. Однако, как было показано выше, присутствие на рынке физической нефти множества неконвенциальних поставщиков, не ограниченных картельными обязательствами, ставит под сомнение возможность подобного упорядочивания рынка. Кроме того, ограничительная дисциплина внутри ОПЕК является малоэффективной, причины чего заключаются «...в углубляющемся несовпадении интересов его членов» [21. С. 168]. Так, «...для Ирака, например, расхождение в первом полу-

годии 2016 г. составило около 300 тыс. баррелей в день. Это самое крупное расхождение среди участников картеля» [21. С. 277]. В данном случае имеется в виду несовпадение между показателями объемов добычи, заявляемых правительствами стран — участников ОПЕК, и оценок независимых источников.

Для этого нефть после ее добычи должна оставаться в собственности государства, каковой она и была до извлечения из недр. Государство же будет осуществлять торговлю нефтью на мировых сырьевых рынках. Так, в опубликованных в последнее десятилетие работах было немало предложений по изменению права собственности на добытую нефть и другие полезные ископаемые. С. В. Чернявский в своей работе «Концепция реформирования изъятия дифференциальной горной ренты в нефтедобывающей промышленности России» предлагал использовать для этого механизм расчетных цен. При этом расчетная цена, построенная на обоснованной для применяемой технологии добычи нефти, будет рассчитываться и использоваться для каждой конкретной скважины или месторождения. Нефтедобывающие компании имеют лицензии на ее добычу, поэтому им должны быть возмещены их обоснованные затраты и обеспечена нормальная прибыль [23]. В этом случае «...возникающая ценовая рента (как разность между мировой и внутрироссийской стоимостью, умноженная на объем добычи ПИ) будет поступать полностью в федеральный бюджет» [6. С. 9]. В связи с этим «самое важное — это принятие законодательного акта о праве собственности на добытые полезные ископаемые» [6. С. 7].

Примеры — Национальная нефтяная компания Венесуэлы Petroleos de Venezuela (PdVSA), обеспечивающая около половины доходов правительства и 80% экспортной выручки страны, и Государственная нефтяная компания Азербайджанской Республики. Этим определяется необходимость введения государственной монополии на внешнеторговые операции с нефтью. ВИНКи для своих перерабатывающих и нефтехимических производств должны будут покупать нефть в местах переработки у соответствующих государственных структур. Ссылки на то, что в ряде развитых стран (например, в США) нефть может находиться как в государственной, так и в частной собственности, определяются значением суммарной доли государства (включая бюджеты штатов) в доходах от добычи и торговли нефтью, которая в США в разные годы равнялась лишь 47–58%. Сегодня многие экономисты отмечают, что «полезные ископаемые в недрах, согласно одноименному федеральному закону, принадлежат российскому государству, а извлеченными из недр полезными ископаемыми, начиная с четко не определенного в законодательстве момента, практически без контроля со стороны собственника распоряжаются недропользователи» [10. С. 197].

Сегодня не только добывающие страны, но и страны-потребители не заинтересованы в резких колебаниях цен на нефть. Так, по мнению экспертов МВФ, «даже в США, чистом импортере нефти, где спрос остается довольно высоким, дешевая нефть, видимо, не придала существенного импульса экономическому росту» [14]. Именно поэтому США всячески способствовали нахождению приемлемого компромисса между Саудовской Аравией и Россией после прекращения срока деятельности договора ОПЕК+.

Рассчитывать на то, что изменить ситуацию на рынке нефти можно за счет видоизменения используемых сегодня инструментов, малореально: «Попытки создать долгосрочные инструменты на нефтегазовых рынках уже предпринимались: например, в таком качестве рассматривались длинные фьючерсы. Но ни их надежность (по сути, они продлевали тенденции, которые складывались на краткосрочных инструментах), ни, что самое важное, объемы не позволили превратить их в инструменты инвестирования» [22. С. 137]. Переход же к поставкам нефти по стабильным ценам на основе межгосударственных соглашений в возможных регионах мира позволит обеспечить гарантированное финансирование социальной сферы РФ и первоочередное финансирование модернизации и переориентации сырьевой направленности промышленности и народного хозяйства России.

Список литературы

1. *Бобылев Ю. Н., Четвериков Д. Н.* Факторы развития рынка нефти. М.: ИЭПП, 2006. 179с.
2. *Брагинский О. Б.* Цены на нефть: история, прогноз, влияние на экономику // Российский Химический Журнал. 2008. Т. LII. № 6. С. 25–36.
3. *Волконский В. А., Кузовкин А. И.* О регулировании цен на энергоресурсы // Проблемы прогнозирования. 2014. № 2 (143). С. 18–32.
4. *Высоцкий В. И., Дмитриевский А. Н.* Мировые ресурсы нефти и газа и их освоение // Российский химический журнал. 2008. Том LII. № 6. С. 18–24.
5. Доклад об экономике России. Повышение роли внутренних реформ на фоне ухудшения прогноза мировой экономики [Электронный ресурс]. URL: https://www. ludiipoteki.ru/shop/researches/...
6. *Кимельман С. А.* К проблеме государственной собственности на недра // Имущественные отношения в РФ. 2011. № 1(112). С. 6–24.
7. *Колпаков А. Ю.* Возможные траектории динамики мировой цены на нефть // Проблемы прогнозирования. 2019. № 4. С. 27–39.
8. *Коссов В. В.* Цена спроса на нефть — среднесрочный прогноз // Проблемы прогнозирования. 2016. № 6 (159). С. 65–75.
9. *Кузовкин А. И.* Мировые цены на нефть и развитие экономики. М.: АО «Институт микроэкономики». 2017. 182 с.

10. *Ложникова А. В.* Рента и рентная политика: трансформация в условиях модернизации экономики России: дис. ... д-ра экон. наук. Томск: ТГУ, 2011. С. 197.
11. *Масленников А. О.* Финансовые инвесторы на рынке «бумажной нефти»: сравнение с рынками деривативов на природный газ и другие сырьевые товары // Инновации и инвестиции. 2018. № 5. С. 190–193.
12. *Мацко Н. А., Харитонова М. Ю.* Тенденции нефтяного рынка // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 7. С. 61–70.
13. Минфин оценивает потери бюджета от снижения цен на нефть. [Электронный ресурс]. URL: https://www.tass.ru/ekonomika/1781365.
14. *Обстфельд М., Милези-Феретти Ж.-М., Арезки Р.* Цены на нефть и мировая экономика: неоднозначная связь [Электронный ресурс]. URL: https://http://blog-imfdirect.imf.org/
15. Потери федерального бюджета от снижения цен на нефть составили 10 млрд [Электронный ресурс]. URL: https://www. rbc.ru/economics/02/04/2002/...
16. Публикации. Аналитический центр при Правительстве [Электронный ресурс]. URL: https://www.ac.gov.ru/publications
17. России обещан бурный рост экономики после 2020 года [Электронный ресурс]. URL: https://www. ng.ru › economics › 4_7735_rise
18. Российская экономика слишком медленно растет, но скоро это изменится. [Электронный ресурс]. URL: https://lenta.ru › articles › 2019/10/14 › future.
19. Рынком нефти управляет не ОПЕК, а банковский картель [Электронный ресурс]. URL: https://www.iov75.livejournal.com›3939071.html
20. Трамп: Россия и Саудовская Аравия скоро договорятся по ценам на нефть. [Электронный ресурс]. URL: https://www.yandex.ru/news/story/Tramp_...
21. Трансформация мирового рынка нефти / под ред. С. В. Жукова. М.: НИИ мировой экономики и международных отношений им. Е. М. Примакова РАН. 300 с.
22. *Фейгин В. И.* Конец эры «бумажной нефти» // Россия в глобальной политике. 2009. Т. 7. № 1. С. 132–144.
23. *Чернявский С. В.* Концепция реформирования изъятия дифференциальной горной ренты в нефтедобывающей промышленности России: дис. д-ра эконом. наук. М.: ГУУ, 2014 [Электронный ресурс]. URL: http://guu.ru/files/referate/2014/chernyavski_s_dis.pdf/
24. Экономика: Аналитики оценили потери экономики РФ от снижения цен на... [Электронный ресурс]. URL: https://economics.unian.net/energetics/1242960-analitiki-otsenili-poteri-ekonomiki-rf-ot-snijeniya-tsen-na-neft.html
25. Экономика: Посчитаны потери России от снижения цены на нефть [Электронный ресурс]. URL: https://www.123ru.net/mix/9694932

2.12. ОСВОЕНИЕ ШЕЛЬФА В УСЛОВИЯХ ШОКОВ МИРОВЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ РЫНКОВ

Курдин А. А.[1]

Шоки на мировых нефтегазовых рынках 2020 г. заставили нефтегазовые корпорации и государства в нефтедобывающих странах переоценить портфели собственных энергетических активов и переосмыслить стратегии их развития. Одним из вопросов стала целесообразность освоения и разработки месторождений шельфа ввиду высокой сложности и соответственно затратности этих проектов.

Месторождения шельфа нередко особо позиционируются как весьма «особенные» источники углеводородов — более дорогостоящие, более сложные, требующие специальных технологий, в том числе уникальных. Эта специфика сохраняет актуальность и в международном контексте. Так, Международное энергетическое агентство (МЭА) в рамках «семейства» своих прогнозов в 2018 г. опубликовало и специальный прогноз развития «морской» энергетики (*Offshore Energy Outlook*), в составе которой особое место занимает разработка шельфовых месторождений нефти и газа[2]. Приведенные в этом издании оценки значимости морских месторождений с точки зрения запасов подтверждают обоснованность специального рассмотрения добычи на шельфе, в том числе при сложившейся неблагоприятной конъюнктуре (рис. 1).

Опыт прошлого кризиса на нефтяном рынке (2014–2016 гг.) позволяет сделать некоторые выводы относительно шельфовой добычи. Действительно, как и можно было ожидать, относительно дорогостоящая шельфовая добыча понесла тогда более серьезный ущерб от кризиса. В частности, к 2016 г. объем ежегодно одобряемых инвестпроектов на шельфе снизился на 60% к среднему уровню за период с 2000 г., в то время как по сухопутным проектам такое сокращение составило лишь 35%. С другой стороны, сложная ситуация в этом сегменте способствовала и снижению издержек: вынужденная экономия операторов месторождений заставила задействовать резервы повышения эффективности — к примеру, стои-

---

[1] Опубликовано в: *Курдин А. А.* Освоение шельфа в условиях шоков мировых нефтегазовых рынков // Neftegaz.ru. 2020. №11 (107). С. 28–31.

[2] IEA. Offshore Energy Outlook. P.: OECD/IEA, 2018.

Рис. 1. Ресурсы и запасы нефти на шельфе, млрд барр.
Источник: МЭА [2].

мость глубоководного бурения за 2014–2017 гг. также снизилась более чем на 60%, а в целом издержки реализации шельфовых проектов сократились в большей степени сравнительно с издержками разработки углеводородов на суше. В результате цена безубыточности для шельфовых проектов резко снизилась — на основе ряда проектов это снижение можно оценить как двукратное: с примерно 80 до 35–40 долл./барр. за период кризиса 2014–2016 гг.[1] Такое повышение операционной эффективности создало запас прочности для компаний и на кризис 2020 г.

Во втором квартале 2020 г., в момент наиболее глубокого падения цены на нефть опускались в район 20 долл./барр., но такое снижение длилось не более месяца, в основном в апреле. Впоследствии, после вступления в силу соглашения ОПЕК+ с мая 2020 г., цены достаточно быстро, к июню, повысились до 40 долл./барр., что превышало указанный выше уровень цены безубыточности. Таким образом, уже уровень цен лета 2020 г. позволял говорить об окупаемости проектов на шельфе. Правда, в отличие от кризиса середины 2010-х гг., на этот раз в России не произошло настолько серьезной девальвации рубля, что не позволило российским компаниям сэкономить на номинированных в рублях издержках.

Кризис на рынке нефти в 2020 г. оказался намного более острым, чем кризис 2014–2016 гг., с точки зрения масштаба избытка энергоресурсов. Избыток нефти в 2020 г. был подобен суммарному избытку нефти в 2014–2016 гг., но только он был образован лишь за один год, а не за три. В 2008–2009 гг. масштаб избытка нефти и вовсе был несопоставимо меньше (рис. 2).

[1] IEA. Op. cit.

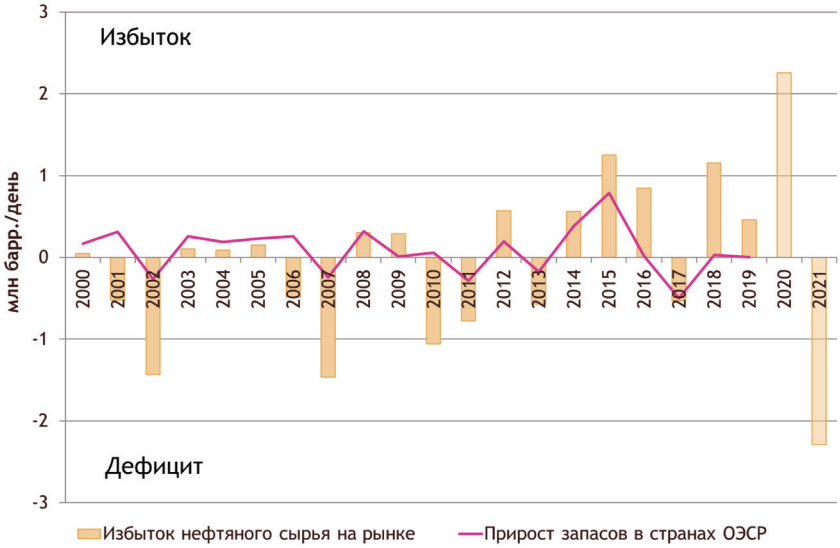


Рис. 2. Баланс нефти на глобальном рынке, млн барр./день
Источник: МЭА [1];
оценки Аналитического центра при Правительстве РФ.

Кризис 2020 г. имеет «гибридный» характер в отличие от двух предыдущих кризисов на нефтяном рынке. С одной стороны, имел место быстрый рост предложения нефти из Северной Америки вплоть до 2020 г. — в этом общность данного кризиса с шоком 2014–2016 гг. Это повышение добычи потенциально могло бы сделать бессмысленными умеренные сокращения квот ОПЕК (или ОПЕК+). С другой стороны, случился и резкий спад спроса — по сценарию кризиса 2008–2009 гг., но только существенно острее. В этих условиях умеренные компромиссы государств в нефтедобывающих странах, в частности в рамках действовавшего на момент начала 2020 г. соглашения ОПЕК+, не могли ничего решить.

Но фактически скорость и степень координации государств при реакции на кризис также оказались существенно выше, чем в предыдущих случаях, и благодаря новому соглашению ОПЕК+ о сокращении добычи уже в 2021 г. этот колоссальный избыток должен быть полностью компенсирован дефицитом, т.е. дополнительные запасы, сформированные в 2020 г., должны быть «расчищены» за год-полтора, по крайней мере в соответствии с оценками, сделанными осенью 2020 г., при условии отсутствия новых шоков спроса, подобных шоку второго квартала 2020 г.

Несмотря на риски «второй волны», в базовых сценариях МЭА и других ведущих аналитиков (ОПЕК, Управление энергетической информации США) уже во втором полугодии 2020 г. спрос отыгрывает более половины кризисных потерь. К концу 2021 г. практически восстановится до предкризисного уровня потребление нефти в развивающихся странах, в мире в целом — чуть позже.

Предложение нефти в 2020 г. предположительно удастся удержать достаточно близко к минимальным уровням, достигнутым благодаря новому соглашению ОПЕК+. Несмотря на некоторое ослабление квот по этому соглашению в 2021 г., умеренное восстановление добычи (в том числе и благодаря постепенному повышению производства в Северной Америке) позволит скорее всего поддерживать дефицит, необходимый для «расчистки» запасов.

В результате на протяжении по крайней мере шести кварталов в 2020 и 2021 гг. на рынке будет дефицит нефти, приводящий к постепенному снижению запасов до нормального уровня и обеспечивающий краткосрочную поддержку ценам.

В этих условиях большинство ценовых прогнозов (УЭИ США, МВФ, Всемирный банк) в середине 2020 г. ориентировались на уровень цен в диапазоне от 40 до 50 долл./барр. на 2021 г. В дальнейшем, по мере восстановления мировой экономики, пусть и при прекращении действия соглашения ОПЕК+ в части экстремального сокращения добычи, можно ожидать и дальнейшего роста цен — в частности, Всемирный банк ориентировался на их возрастание до 70 долл./барр. к 2030 г.[1]

Такая ценовая динамика дает неплохие перспективы шельфовым проектам, пусть даже их резервы повышения эффективности были в основном реализованы в ходе предыдущего кризиса и новые возможности снижения издержек неочевидны. Но и достигнутая цена безубыточности в районе 35–40 долл./барр. позволяет рассчитывать на значительную рентабельность, конечно же, при разумной налоговой политике, обеспечивающей компаниям стимулы и возможности для инвестиций, в том числе с учетом истощения их средств под влиянием острого кризиса 2020 г.

В целом инвестиции в шельфовые проекты были весьма важны для глобальной нефтяной отрасли на протяжении всех 2010-х гг., особенно для западных нефтяных мейджоров (международных нефтяных компаний) — в первой половине 2010-х гг., до предыдущего нефтяного шока, доля шельфовых проектов в инвестиционном портфеле таких компаний составляла, по оценке МЭА, около половины, а потом она несколько снизилась, но все равно превышала 40% в 2019 г., несмотря на сложности

[1] World Bank. Commodities Market Outlook. Apr. 2020.

конъюнктуры[1], так что инвестиционная привлекательность шельфа относительно устойчива.

Но кризис 2020 г., безусловно, нанес серьезный удар по инвестиционному потенциалу ТЭКа в целом и нефтегазовой отрасли в частности. В 2020 г. инвестиции нефтегазовых компаний могут сократиться почти на треть относительно уровня 2019 г., или почти на 250 млрд долл. Этот уровень сам по себе недостаточен для поддержания устойчивой добычи в следующем десятилетии, что способно привести к дефициту нефти в среднесрочной перспективе. МЭА предполагает, что провал инвестиций в нефтяную отрасль в 2020 г. приведет к сокращению добычи в 2025 г. на 2,5 млн барр./день при ужесточении ограничений. Но возможен и уход с рынка 9 млн барр./день, если недостаток инвестиций продлится несколько лет[2].

В результате колебания капиталовложений, выливающиеся в том числе в недостаточное использование потенциала шельфа, способны породить новый цикл нестабильности на энергетических рынках с новым дефицитом нефти, последующим избыточным притоком капитала в отрасль и далее с появлением очередного момента перепроизводства.

Интересы государств — и импортеров, и экспортеров — состоят в предотвращении избыточных колебаний конъюнктуры и в обеспечении планомерности капиталовложений, в частности в шельфовые месторождения. Это обусловливает следующую оценку государственной политики России в части освоения шельфа.

Государственная поддержка добычи на шельфе должна быть сохранена для действующих проектов, чтобы обеспечить стабильность условий для инвесторов и предотвратить заметный спад добычи на шельфе, которая сейчас заняла существенное место в структуре как мировых, так и российских поставок (в России — около 30 млн т в 2020 г.).

Но дополнительное субсидирование выпуска (включая расширенные льготы по налогам и пошлинам) представляется сомнительным шагом — скорее всего оно столкнется с другими ограничивающими факторами, прежде всего технологическим в условиях сохранения санкций, ослабление которых пока не представляется вероятным.

В то же время сложившиеся рыночные условия не настолько плохи, чтобы сворачивались шельфовые проекты без дополнительной финансовой господдержки. В связи с этим целесообразно сместить акцент на поддержку разработки и внедрения арктических технологий, а также на развитие транспортной и энергетической инфраструктуры в Арктической зоне России.

---

[1] IEA. World Energy Investment 2020. IEA, 2020.

[2] IEA. World Energy Investment 2020. IEA, 2020.

Список литературы

1. IEA Monthly Oil Data Service. URL: https://www.iea.org/monthly-oil-data-service
2. IEA. Offshore Energy Outlook. P.: OECD/IEA, 2018.
3. IEA. World Energy Investment 2020. IEA, 2020.
4. World Bank Group. Commodities Market Outlook. Washington, DC: World Bank, 2020.

ГЛАВА 3

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ И ФИНАНСОВЫЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

3.1. ИЗМЕРЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ КРУПНЫХ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ

Маханькова Н. А., Вереникина А. Ю., Вереникин А. О.[1]

Приверженность компаний концепции устойчивого развития как конкурентное преимущество при взаимодействии с заинтересованными сторонами

Более 30 лет концепция устойчивого развития декларирует «удовлетворение потребностей нынешнего поколения без ущерба для возможности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» [10]. Со временем были сформулированы конкретные цели, задачи и индикаторы. Сначала они были отражены в 2000 г. в восьми Целях развития тысячелетия: устранение нищеты, обеспечение образования, гарантия равенства полов, сокращение детской и материнской смертности, борьба с заболеваниями, обеспечение экологической устойчивости и формирование глобального партнерства. В резолюции ООН от 25 сентября 2015 г. «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» эти формулировки были конкретизированы в 17 Целях устойчивого развития и 169 задачах, был оговорен срок для их достижения (до 2030 г.).

Если 30 лет назад к устойчивому развитию апеллировали только общественные деятели в области охраны окружающей среды, то сейчас отношение к концепции изменилось. Устойчивым развитием заинтересованы страны и бизнес-сообщество. Конкурентоспособность предприятий стала зависеть от того, насколько успешны компании

[1] Из дипломной работы Н. А. Маханьковой «Измерение устойчивости развития крупных российских компаний», подготовленной под научным руководством А. О. Вереникина.

в поддержании устойчивого развития. Оптимизация бизнеса в соответствии с экологическими и социальными целями способствует укреплению репутации компании и увеличению добавленной стоимости товаров и услуг, т.е. необходима для удержания конкурентных позиций на рынке [16. С. 36].

Концепция устойчивого развития включает понятие социальной справедливости, когда речь идет об удовлетворении основных потребностей каждого и предоставлении возможности удовлетворять стремление к лучшей жизни. Согласно совместному исследованию Effie Russia и КПМГ [7], современный российский бизнес под устойчивым развитием понимает главным образом социальную ответственность и решение экологических вопросов, связанных с деятельностью компаний.

В частности, устойчивое экологическое развитие компании ассоциируется с сокращением выбросов в атмосферу и отходов компании, сокращением загрязнения, эффективным энергопользованием, сокращением использования опасных, токсичных и вредных материалов, сокращением экологических аварий [51]. Социально устойчивое развитие означает, что компании обеспечивают равные возможности, способствуют разнообразию, поддерживают социальные контакты внутри и вне компании, гарантируют качество жизни своих сотрудников [51].

Вместе с тем, говоря об устойчивом развитии компании, нельзя забывать об интересах — прежде всего, финансовых — самой компании. [62] делают акцент на том, что фирмы устойчивы, когда создают стоимость своей компании, увеличивая позитивные и снижая негативные воздействия на экономические, социальные и экологические аспекты.

Развивая определение, предложенное в работе [84], под устойчивостью развития компании будем понимать способность компании через свои управленческие практики и присутствие на рынке оказывать положительное влияние на экономическое развитие, местные сообщества и экосистемы при сохранении устойчивого финансового состояния. Определим устойчивое финансовое состояние компании как способность предприятия своевременно производить платежи, финансировать свою деятельность на расширенной основе, поддерживать свою платежеспособность в неблагоприятных обстоятельствах и переносить непредвиденные потрясения [23].

Устойчивое развитие призывает к балансу между экономическими, социальными и экологическими целями. Интеграция принципов устойчивого развития в бизнес-стратегии российских компаний является важной задачей для российской экономики. Репутационные возможности, требования инвесторов и партнеров подталкивают российские компании учитывать социальные и экологические аспекты в стратегии развития. Принципы устойчивого развития с точки зрения бизнес-сообщества подразумевают: соблюдение прав человека, защиту окружающей среды и био-

разнообразия, максимальную прибыльность, целесообразное управление экономическими, социальными и экологическими рисками, взаимодействие с заинтересованными сторонами[1], учет их интересов в деятельности компании, обеспечение стратегического партнерства. В частности, все больше внимания уделяется разработке механизмов адекватного взаимодействия бизнеса и социума, достижения сбалансированного социо-эколого-экономического развития при осуществлении производственной деятельности [11].

Существует целый спектр мотивов, побуждающих компании интегрировать Цели устойчивого развития в свои бизнес-стратегии. При этом компании сталкиваются как с внутренними, так и внешними стимулами (табл. 1).

Внутренние стимулы, в частности, связаны с тем, что устойчивое развитие может рассматриваться компаниями с точки зрения новых возможностей для увеличения прибыли. Кондратенко [16] сравнивает принятие бизнес-модели, ориентированной на устойчивое развитие, с покупкой спортивного автомобиля. С одной стороны, позволить себе это могут компании, уже добившиеся финансового успеха. С другой стороны, как спорткар позволяет преодолевать дистанцию в разы быстрее, чем городской автомобиль, так и, например, повышение эффективности управления отходами, водными и энергоресурсами позволяет увеличивать прибыль компании в средне- и долгосрочной перспективе. Стоит отметить, что устойчивое развитие предполагает не только управление физическим и природным капиталом, но человеческим капиталом. Таким образом, реализация проектов в области устойчивого развития позволяет значительно опережать конкурентов в главном — в полученной прибыли. Это происходит благодаря экономии средств за счет более рационального использования ресурсов.

Не всякая компания готова здесь и сейчас внедрять принципы устойчивого развития, однако неготовность не обязательно означает нежелание. Среди руководителей российских предприятий достаточно типичной является точка зрения[2], согласно которой устойчивым развитием можно интересоваться, когда исправно выполняются такие функции бизнеса, как «стабильность и загруженность производства, диверсификация порт-

---

[1] Под понятием «заинтересованные стороны» (stakeholders) понимаются организации или лица, на которых деятельность, продукция и/или услуги организации могут оказывать существенное влияние, и те, чьи действия могут повлиять на способность организации успешно реализовывать свои стратегии и достигать поставленных целей [28].

[2] Грешноватый стаканчик кофе. Как появился экошейминг и кто его победит // ForbesLife. 19.02.2020. URL: https://www.forbes.ru/forbeslife/393357-greshnovatyy-stakanchik-kofe-kak-poyavilsya-ekosheyming-i-kto-ego-pobedit (03.03.2020).

феля, сокращение уровня долга», т.е. когда компания делает шаг на новый уровень развития.

Тем не менее не всегда компании способны адекватно оценить выгоды и издержки от перехода к новой бизнес-модели. В России наблюдается тенденция завышать издержки и принижать выгоды, что показывает [7. С. 8], согласно которому проблема устойчивого развития спрятана в головах руководителей среднего звена, стереотип о высоких инвестициях оказывается сильнее примеров того, как компании смогли выжать максимум результата из минимума вложений.

Таким образом, оптимизация бизнеса в соответствии с экологическими и социальными целями обеспечивает экономию денежных средств, но далеко не все компании способны в настоящее время это понять и принять.

Иным внутренним стимулом для реализации принципов устойчивого развития является политика материнской компании. В частности, такие компании, как Unilever, Nestle, Adidas, Apple, перенимают практики международных материнских компаний и реализуют их в России.

Одним из внешних стимулов является поведение инвесторов. Сегодня распространяется понятие «ответственного инвестирования». Консультанты консалтинговой компании PWC под ответственным инвестированием понимают «подход к инвестированию, который стремится включить факторы окружающей среды, социальные факторы и факторы управления (ESG-факторы) в процесс принятия инвестиционных решений для лучшего управления рисками и устойчивого и долгосрочного возврата от инвестиций» [15. С. 4]. Опросы Ernst & Young 260 институциональных инвесторов показывают, что доля тех из них, которые проводят оценку нефинансовых показателей, растет и в 2018 г. составляет уже 97% против 52% в 2015 г. [13][1].

Существует несколько причин, по которым выгодно ответственное инвестирование. Профессор кафедры инженерных систем Массачусетского технологического института Й. Шеффи [37. С. 13] отмечает, что переход на ответственное инвестирование может быть продиктован как этическими, так и финансовыми мотивами. Финансовые причины заключаются

[1] Тем не менее не все согласны с тем, что ответственное инвестирование преобладает над традиционным. Например, неправительственная организация (НПО) «Гринпис» в начале 2020 г. возложила ответственность за климатический кризис на крупнейшие банки, страховые компании и пенсионные фонды в связи с тем, что организации финансового сектора продолжают вкладываться в развитие добывающих отраслей [Greenpeace International. It's the finance sector, stupid. 21.01.2020 [Электронный ресурс]: URL: https://www.worldeconomicfailure.com/static/Greenpeace%20-%20Media%20Report%20-%20It%27s%20the%20finance%20sector%2C%20stupid%20Jan2020.pdf?_ga=2.170500584.916031370.1580983997-1178933757.1580983997 (06.02.2020)]. Вместе с тем деятельность НПО нужно воспринимать критически (об этом см. далее).

в желании снизить возможные риски вложения в компании, у которых могут возникнуть проблемы из-за пренебрежения социально-экологическими формальными и неформальными нормами.

Giese et al. [50] выделяет три канала воздействия ESG-факторов на стоимость компании в модели дисконтированных денежных потоков (DCF) — канал денежных потоков, канал специфических рисков, канал оценки стоимости компании. Канал денежных потоков состоит в том, что компании с высоким рейтингом ESG более конкурентоспособны и могут генерировать большую прибыль, что приводит к более высокой прибыльности и выплате дивидендов. Канал специфических рисков заключается в том, что компании с высоким рейтингом ESG лучше управляют специфическими для компаний бизнес- и операционными рисками, имеют более низкую вероятность возникновения инцидентов, что влияет на волатильность акций. Согласно каналу оценки стоимости, компании с высоким рейтингом ESG, как правило, имеют более низкую подверженность систематическим факторам риска. Поэтому их ожидаемая стоимость капитала ниже, что приводит к более высоким оценкам в рамках модели DCF. Хотя вопрос измерения устойчивости развития компаний является открытым, Giese et al. [50] подтверждает работу этих трех каналов.

Согласно Барометру устойчивой трансформации бизнеса [7], требования инвесторов, ESG-аналитиков и партнеров являются вторым по популярности ответом на вопрос о ключевых стимулах для внедрения принципов устойчивого развития. Таким образом, ответственное инвестирование побуждает российские компании переходить к бизнес-модели, ориентированной на устойчивое развитие.

Следующим пунктом для рассмотрения являются требования со стороны зарубежных коллег. Это могут быть и материнские компании российских дочерних предприятий, о которых было сказано выше, и контрагенты по цепочке поставок. В Барометре устойчивой трансформации бизнеса [7. С. 12] отмечается, что компании, которые работают за рубежом, реагируют на сигналы рынка, а именно ведут работу по контролю цепочек поставок, социальных и экологических поставок. Для зарубежных компаний социальная и экологическая ответственность является проблемой управления цепочками поставок. Более подробно об управлении цепочками поставок будет сказано при рассмотрении взаимодействия с неправительственными организациями, так как важен контекст возникновения трудностей с управлением цепочками поставок.

Следующим не менее важным стимулом являются требования государственного законодательства в области устойчивого развития.

Говоря о роли государства, стоит отметить, что в России первым подобным документом является Указ Президента РФ от 01.04.1996 № 440 «О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому разви-

тию». В указе отражены причины перехода к устойчивому развитию, основные тенденции развития России на тот момент, задачи, направления и условия перехода к устойчивому развитию, обращено внимание на региональный аспект. В целом указ определяет приоритеты развития для сохранения благоприятного состояния окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения жизненных потребностей населения.

После появления 17 Целей устойчивого развития и 169 задач каждая страна стала выбирать наиболее важные для нее задачи и развивать их, интегрируя в свои национальные стратегии. Сейчас для России таким механизмом является Указ Президента РФ от 07.05.2018 № 402 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». Например, в число показателей результативности входит уменьшение бедности в 2 раза, повышение продолжительности жизни, цифровизация экономики и т.д.

Но требования государства не ограничиваются лишь указами Президента РФ. В России создана широкая сеть законов и подзаконных актов, которые так или иначе связаны с реализацией принципов устойчивого развития[1]. Помимо охраны окружающей среды законодательная база касается охраны труда и других социально-экономических аспектов деятельности предприятий.

Стоит отметить, что не всегда долгосрочные Цели устойчивого развития возможно реализовать с помощью текущих правительственных мер. В 2019 г. обсуждалось введение углеродного налога, взимаемого за превышение компаниями целевых показателей выбросов парниковых газов. В конце октября 2019 г. стало известно, что Минэкономразвития отказалось от введения налога[2]. В качестве аргументов в пользу такого решения выступали замечания о том, что введение налога создает финансовые угрозы для корпораций, а не стимулы для снижения выбросов, хотя Россия выполняет обязательства Парижского соглашения. Как отметил Р. С. Ениколопов [14], заняться экологическими вопросами бизнесу предлагается в качестве собственной инициативы. Р. С. Ениколопов верит, что со временем зарубежные тенденции к социальному инвестированию распространятся и в России и частная инициатива сможет решать социальные проблемы эффективнее государства.

Отметим тенденции, складывающиеся за рубежом. Несколько центробанков и регуляторов объединились в Сообщество центральных бан-

---

[1] С нормативно-правовым обеспечением экологического регулирования в РФ можно ознакомиться, в частности, в работах Ховавко И. Ю. [35].

[2] РБК. Минэкономразвития отказалось вводить «налог Чубайса». URL: https://www.rbc.ru/business/28/10/2019/5db2f42d9a7947c0fc9653d1 (01.11.2019).

ков и надзорных органов по повышению экологичности финансовой системы (The Central Banks and Supervisors Network for Greening the Financial System, NGFS) для решения задач по управлению климатическими рисками [29]. Согласно последнему опросу Банка Англии, почти три четверти банков начали рассматривать климатические риски в числе других финансовых рисков, а не как социальную ответственность. Надзорные органы начинают проводить стресс-тестирование риска стихийных бедствий для крупнейших страховых групп. В планах проведение стресс-тестирования всей финансовой системы на устойчивость к климатическим рискам.

Таким образом, в России существует нормативно-правовая база, касающаяся вопросов природопользования и социально-экономических аспектов деятельности компаний. Однако требований законодательства недостаточно, чтобы включить факторы окружающей среды, социальные факторы и факторы управления в стратегию развития каждой компании. С одной стороны, это связано с несовершенством законотворческого процесса, с другой стороны, с необходимостью индивидуального подхода к развитию каждой компании (что невозможно при создании единых законов и правил).

Далее рассмотрим воздействие потребителей на поведение компаний. В борьбе за покупателей компании выстраивают сложные взаимоотношения с нынешними и потенциальными потребителями. Создание корпоративной репутации и корпоративной социальной ответственности является одним из инструментов получения конкурентных преимуществ. Репутация компании дает потребителям информацию о том, как продукция, рабочие места, стратегии и перспективы компании сравниваются с конкурентами [55]. Для создания репутации компания может начать реализовывать инициативы по экологическому сегментированию, т.е. инициативы, направленные на привлечение сегмента экологически сознательных потребителей, например, через рекламирование возможностей по утилизации отходов, которые образуются после использования продуктов и услуг компании [37. С. 24].

Потребители, недовольные социально-экологической деятельностью компании, могут снизить спрос, что поставит ее в затруднительное положение. Опросы подтверждали, что потребителям нужны продукты устойчиво развивающихся компаний [47; 39]. Однако Й. Шеффи в своей книге «Достижение баланса» показывает, что результаты опроса не отражают реальную готовность потребителей платить за более экологичную продукцию. Несоответствие между «сказать» и «заплатить» возникает по нескольким причинам, отмечает Шеффи [37. С. 9]. Потребители, при прочих равных, готовы перейти на продукцию устойчиво развивающихся компаний, но в реальности продукция разных компаний отличается

не только способом производства, но ценой и другими характеристиками. Кроме того, при переходе к новым производителям потребитель сталкивается с рисками изменения качества товара или услуги, неопределенность может отталкивать потребителей. Также потребители могут лукавить, заявляя о своей готовности переходить на экологически безопасную продукцию и услуги, так как они хотят выглядеть прогрессивными и неравнодушными в глазах интервьюеров или хотят отвечать так, как этого хотят интервьюеры, по мнению потребителей [37. С. 255].

Таким образом, потребители, которые в большинстве случаев не готовы отказываться от своего привычного образа жизни, не всегда способны оказать давление на компании, игнорирующие социально-экологические принципы.

Существует и другая проблема с оказанием воздействия со стороны потребителей. Потребители могут (если могут) воздействовать на тех, кто поставил им продукцию. Потребители не будут изучать цепочку поставок и выяснять, какая компания-поставщик оказала значимый вклад в отрицательную репутацию конечного продукта. Поэтому промежуточные компании могут вообще не быть подвержены оценке со стороны потребителей.

На поведение компании влияют также прочие заинтересованные стороны, к которым можно отнести неправительственные организации (НПО), представителей гражданского общества, местное население и работников самих компаний. Отношения с ними могут оказывать как положительное, так и негативное воздействие на репутацию компании. Сохранить бренд и «не потерять лицо» может быть важным стимулом придерживаться принципов устойчивого развития. Согласно O'Marah [68], 81% опрошенных руководителей цепочек поставок назвали заботу о репутации бренда главным стимулом для инвестирования в корпоративную социально-экологическую ответственность.

Ранее было отмечено, что под влиянием потребителей находятся конечные поставщики, а промежуточные компании в цепочке поставок могут оставаться в тени. НПО не обходят этот вопрос стороной, возлагая ответственность за экологически неустойчивых поставщиков на конечного производителя. Конечному производителю, как правило, крупной известной компании, есть что терять (ее репутацию), поэтому претензии эффективно могут быть предъявлены именно ей[1]. Логично, что сами

[1] Наиболее громкими примерами можно назвать атаку «Гринписа» на Nestle за использование пальмового масла в батончиках KitKat и атаку «Друзей Земли» на Apple за использование олова в своей продукции. В первом случае компанию обвиняли в том, что она закупает пальмовое масло у поставщиков, которые вырубают огромные массивы леса для пальмовых плантаций, т.е. непосредственно к компании Nestle претензий не было,

компании воспринимают эти претензии как несправедливые и необоснованные, но деятельность НПО можно понять, если учесть, что большая доля углеродного следа производителей скрывается в их цепочке поставок. Поэтому головной компании, которая занимается дизайном и маркетингом, не удается избежать ответственности за производство продукта, который продает компания. Таким образом, НПО возлагают ответственность на компании — обладателей брендов как за их собственные действия, так и за действия всех их поставщиков, поэтому экологическая ответственность становится проблемой цепочки поставок [37. С. 56][1].

Когда компания начинает учитывать интересы прочих заинтересованных сторон, таких как неправительственные организации, местное сообщество[2], работники компании, неизбежен конфликт интересов. Неправительственные организации и местное сообщество могут предъявлять требования обеспечения экологического баланса, что, скорее всего, будет требовать дополнительных затрат. С другой стороны, местное сообщество в лице рабочей силы предъявляет требования на рабочие места. Но не всегда компании успешны и в создании и поддержании рабочих мест, и в обеспечении экологического баланса. Оптимизируя затраты, компания предпочтет выбрать что-то одно.

Таблица 1

Мотивация компаний к реализации принципов устойчивого развития

Экономические агенты, предъявляющие требования к устойчивому развитию	Мотивация воздействия на компанию в вопросе принятия бизнес-модели, ориентированной на устойчивое развитие
Сама компания	Стремление оптимизировать производственные издержки
Головная компания (в том числе зарубежная)	Материнская компания может руководствоваться принципами экологической и социальной ответственности, передавая свои практики управления дочерней компании

но предъявлялись претензии к ее поставщикам. Во второй истории компанию Apple обвинили в использовании олова, которое добывается на острове Бангка, оловодобывающая промышленность в этом районе наносит ущерб рекам, коралловым рифам, лесам и населению.

[1] В отличие от мировой практики, для российских компаний в настоящее время деятельность НПО не является действенным стимулом к социально-экологическому производству и потреблению. Можно отметить, например, что в 2019 г. российское представительство «Гринписа» не вело резонансных дел против каких-либо компаний [21], ограничиваясь публикациями материалов об экологических катастрофах на своем сайте [34].

[2] Местное сообщество — лица или группы лиц, проживающие и/или работающие на территориях, находящихся под экономическим, социальным и экологическим влиянием деятельности компании [28. С. 263].

Окончание табл. 1

Экономические агенты, предъявляющие требования к устойчивому развитию	Мотивация воздействия на компанию в вопросе принятия бизнес-модели, ориентированной на устойчивое развитие
Инвесторы (в том числе институциональные)	Ответственное инвестирование может обойти стороной компанию, игнорирующую принципы устойчивого развития
Контрагенты в рамках цепочек поставок	Конечный производитель берет на себя совокупную ответственность за продукт и может требовать от поставщиков соблюдения принципов устойчивого развития
Государство	Соблюдение существующего законодательства
Потребители	Возможность получить конкурентные преимущества благодаря приверженности устойчивому развитию
Прочие заинтересованные стороны	Риск репутационных потерь из-за протестных действий

Выделяя ключевые стимулы для российских предприятий, можно согласиться с выводами Барометра устойчивой трансформации бизнеса [7]. Для российских компаний ключевыми стимулами для внедрения принципов устойчивого развития являются коммуникационные, репутационные возможности и требования инвесторов, ESG-аналитиков, партнеров. Важно отметить, что со временем требования к компаниям меняются. Ранее было достаточно опубликовать на сайте раздел с нужной информацией, и это был хороший сигнал для общества. Но в нынешних условиях этого уже мало. Инвесторы, потребители и другие заинтересованные лица требует реальных действий, которые подтверждали бы слова компаний.

При этом в ситуации длительности и неоднозначности процесса реализации концепции устойчивого развития должна оказаться полезной некоторая форма сравнительной оценки (потенциальной) эффективности или неэффективности предлагаемых решений [30]. Компаниям нужен механизм сравнительной оценки приложенных усилий, чтобы оценивать успешность принятой бизнес-стратегии, инвесторам и контрагентам — чтобы сопоставлять компании между собой. Сопоставление компаний между собой (для инвесторов, государства) и анализ привлекательности новой бизнес-модели для самих компаний затруднены, так как инструментарий оценки приложенных компаниями усилий не развит. В связи с этим актуальной становится разработка методологии построения интегрального показателя устойчивого развития компаний.

Методология формирования интегрального показателя устойчивого развития

Измерение устойчивого развития компаний в России — молодая и формирующаяся сфера. Российский союз промышленников и предпринимателей (РСПП) ежегодно представляют группу индексов устойчивого развития по крупным российским компаниям[1], при этом индексы не создаются для ранжирования компаний, они предназначены для оценки ситуации в целом и динамики ее развития. Экспертный центр «ПОРА» совместно с кафедрой природопользования экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова в 2018 г. представил региональный «Полярный индекс»[2]. Деловая газета «Ведомости», ассоциация грантодающих организаций «Форум доноров» и международная аудиторско-консалтинговая сеть фирм PwC проводят исследование «Лидеры корпоративной благотворительности». В декабре 2019 г. впервые был представлен «Ренкинг устойчивого развития — 100», подготовленный изданием «Эксперт». Также существует несколько ранжирований на основе экологического блока показателей.

Экологический рейтинг WWF России, ренкинг «Лидеры корпоративной благотворительности», эколого-энергетический рейтинг Интерфакс сосредоточены на оценке некоторой области устойчивого развития. Рейтинг Интерфакса и Полярный индекс учитывают компании определенного типа (например, либо только энергетические, либо только те, что функционируют в Арктике)[3]. Некоторые ренкинги представлены единожды. Индексы РСПП призваны уловить вектор развития ситуации в целом по стране. Таким образом, механизм сопоставления различных компаний по широкому спектру показателей в России только формируется.

Вопрос методологии является ключевым при измерении устойчивости развития компаний. В данном разделе будет проведена систематизация подходов по возможному сопоставлению альтернатив на основе критериев, характеризующих эти альтернативы. В качестве альтернатив в данной работе выступают компании, в качестве критериев — финансовые, социально-экономические и экологические показатели устойчивости развития компаний. Поскольку проблематика сопоставления альтернатив представляет интерес не только в контексте устойчивого развития,

---

[1] Индексы в сфере устойчивого развития, корпоративной ответственности и отчетности — 2017 [Электронный ресурс]. URL: http://media.rspp.ru/document/1/4/7/47655a38f9c7740514c3eab59958cee1.pdf

[2] Полярный индекс, регионы [Электронный ресурс]. URL: https://www.econ.msu.ru/sys/raw.php?o=49354&p=attachment

[3] Ренкинг позволяет упорядочить альтернативы, а рейтинг дать некоторую содержательную оценку альтернативе.

постольку в обзоре будут рассмотрены методы, реализованные в различных эмпирических областях.

В литературе выделяют несколько подходов к измерению устойчивости [74]: рассмотрение показателей деятельности компании по отдельности [8], построение системы индикаторов, построение интегрального показателя [70]. Из представленных выше подходов наиболее востребованными являются интегральные показатели [61; 52]. Интегральный показатель — показатель, агрегирующий группу показателей альтернатив или субиндексов на основе этих показателей. Преимуществами интегрального показателя является то, что он позволяет агрегировать многомерную информацию об альтернативах, позволяет увидеть картину в целом по альтернативе, с интегральным показателем легче завладеть вниманием общественности [73]. Единый интегральный показатель предпочтительнее поиска трендов сразу по нескольким показателям.

Существуют подходы к составлению интегральных индикаторов на основе взвешивания исходных показателей [63; 1; 82], ранжирования показателей [46], и расчета эффективности [23; 77] (рис. 1).

Рис. 1. Подходы к сопоставлению альтернатив

Рассмотрим вначале подходы, основанные на взвешивании показателей. При этом процесс составления интегрального показателя можно разделить на два этапа — расчет весов показателей и агрегирование средневзвешенных показателей в единый интегральный показатель. Для каждого из этапов существуют различные подходы.

В Singh et al. [74] представлена обобщающая информация о подходах к измерению устойчивости развития на основе взвешивания показателей. Причем обобщен опыт не только для измерения устойчивости компаний, но и устойчивости городов, регионов, стран, экономических видов деятельности. Выделены подходы для каждого этапа составления интегрального показателя. В данной работе мы кратко коснемся подходов, описанных у Singh et al. [74], также расширим список подходами, применяемыми не только для измерения устойчивости развития.

Рассмотрим подходы для выбора весов показателей. Melecký [63] выделяет три подхода к определению весов: равные веса для критериев, субъективное определение весов и определение весов на основе статистических подходов.

Подход равнозначных весов для критериев является самым простым для реализации. Однако найти обоснование этому подходу — нетривиальная задача. В качестве примера использования данного подхода рассмотрим методологию РСПП.

РСПП начал составлять «Индексы корпоративной устойчивости, ответственности и открытости РСПП» в 2014 г. на ежегодной основе. Индекс «Вектор устойчивого развития» позволяет оценить результативность деятельности компаний в сфере устойчивого развития и корпоративной ответственности, в частности, авторы подхода учитывают направления изменения следующих показателей: производительность труда, производственная безопасность, развитие и обучение персонала, энергопотребление и энергоэффективность, выбросы в атмосферу, водопотребление и сбросы в водные источники, обращение с отходами, социальные инвестиции. Компания получает «+1» за рост показателя, положительно связанного с устойчивым развитием, или за снижение показателя, отрицательно связанного с устойчивым развитием, и получает «–1» в противном случае. Если у компании нет данных по показателю, то это трактуется как негативный сигнал и компания получает «–1». Сумма значений направленности по всем показателям и по всем компаниям делится на число показателей и число компаний, таким способом получают значение индекса «Вектор устойчивого развития». Как отмечают авторы подхода, цель индекса — уловить вектор развития ситуации, реальное движение жизни за показателями корпоративной отчетности [24. С. 11]. Таким образом, РСПП в своих отчетах не стремится ранжировать компании, поэтому для задач РСПП может быть применен подход, не требующий строгого обоснования.

Субъективное определение весов заключается в том, что веса определяются на основе мнения экспертов, по результатам проведения опросов общественного мнения или с использованием аналитического иерархического процесса (analytic hierarchy process, AHP) [74]. Преимуществом субъективных весов является прозрачность и понятность их определения. Недостатком субъективных весов является то, что они отражают предпочтения определенной группы индивидов, но пользователи интегрального показателя могут меняться, и для них соотношение показателей может быть нерелевантным.

К статистическим или объективным методам определения весов относятся подходы, в основе которых лежат математические расчеты. Melecký [63] относит к ним методы на основе анализа границ эффектив-

ности, определения кратчайшего расстояния до цели, конджоинт-анализа (conjoint analysis), факторного или регрессионного анализа. Singh et al. [74] выделяет метод главных компонент и регрессионный анализ, отмечая, что чаще применяются равные или экспертные веса.

Одним из способов построения интегрального показателя является гибридная многокритериальная модель принятия решений. Многокритериальные модели принятия решения представляют модели выбора среди нескольких альтернатив на основе набора критериев или показателей. Гибридность модели заключается в сочетании сразу нескольких методов из теории приятия решений (табл. 2) [69].

Таблица 2

Структура гибридной многокритериальной модели принятия решений

Метод	Применение
GRA — Grey relational degree	Изучает степень коррелированности между показателями, итогом является составление реляционной матрицы
DEMATEL — Decision making trial and evaluation laboratory[1]	Подтверждает наличие причинной связи между критериями за счет матричных преобразований (получение общей реляционной матрицы)
ANP — Analytic network process	Определяет веса показателей, полученных на предыдущем этапе, также за счет матричных преобразований
TOPSIS — The technique for order preference by similarity to ideal solution[2]	Определяет систему ранжирования на основе расчета расстояния до лучшей и худшей практик

Основная идея GRA-DEMATEL метода с использованием ANP заключается в расчете реляционной матрицы и последовательного ее преобразования без использования дополнительных данных. Реляционная матрица отражает степень коррелированности между показателями. Таким образом, веса для интегрального показателя определяются исходя из преобразованной реляционной матрицы, т.е. на основе определения взаимосвязей между показателями.

Отдельно стоит отметить последний шаг подхода — этап агрегирования средневзвешенных показателей в единый интегральный показатель. Метод TOPSIS является альтернативным для суммирования средневзвешенных показателей или расчета среднего геометрического. Кратко опишем его идею на основе статьи OU [69]. Входным параметром для метода является матрица средневзвешенных показателей по каждой компании,

[1] Лаборатория тестирования и оценивания принятия решений.

[2] Методика предпочтения порядка по сходству с идеальным решением.

т.е. матрица с элементами $v_{ij} = w_j * r_{ij}$, где r_{ij} — унифицированное значение показателя j ($1 < j \leqslant n$) для альтернативы i ($1 < i \leqslant m$), w_j — вес для показателя. Далее определяются векторы положительной и отрицательной крайних практик:

$$A^+ = \left\{v_1^+; v_2^+; \ldots; v_n^+\right\} = \left\{\left(\max_i v_{ij} \mid j \in B\right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in C\right) \middle| i = 1,2 \ldots m\right\},$$

$$A^- = \left\{v_1^-; v_2^-; \ldots; v_n^-\right\} = \left\{\left(\min_i v_{ij} \mid j \in B\right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in C\right) \middle| i = 1,2 \ldots m\right\};$$

где B и C — множества показателей, увеличение которых воспринимается соответственно положительно и отрицательно.

Далее рассчитывается евклидово расстояние до лучшей и худшей практики:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^+\right)^2}, S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^-\right)^2}, i = 1,2 \ldots m.$$

В завершение рассчитывается относительное расстояние до лучшей практики:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}.$$

Ранжирование альтернатив происходит по показателю $0 \leq C_i^* \leq 1$ в соответствии с правилом: чем выше показатель, тем выше результативность альтернативы i.

Иной альтернативой для ранжирования показателей является процедура VIKOR. Процедура предполагает объединение значения интегрального показателя, полученного как средневзвешенная сумма критериев, и значения максимума среди произведений критериев на их веса. Объединение двух значений происходит как средневзвешенная сумма этих двух значений с весом 0,5. Применение этой процедуры представлено в работе [45] по оцениванию финансовой производительности компаний.

Гибридная многокритериальная модель принятия решений применялась тайваньскими исследователями для оценки устойчивого развития высокотехнологичных компаний [69] и для определения «зеленого» кредитного рейтинга компаний [82].

Противники подходов на основе взвешивания показателей помимо проблемы определения весов показателей выделяют проблему компенсаторного характера интегрального показателя [5]. Компенсаторный характер заключается в том, что альтернатива может компенсировать свое низ-

кое значение по одному из критериев за счет высоких положений по другим критериям, т.е. альтернативе выгодно наращивать значение одного критерия, не развивая другие критерии. Эта проблема особенно остро стоит при оценке научных работников, которой занимался Алескеров [5].

Для устранения проблемы компенсаторного характера интегрального показателя Алескеров [4; 5] предложил идею порогового агрегирования. Рассмотрим, в чем она заключается. Автор рассматривает множество альтернатив A, оцениваемых по n критериям (в качестве альтернатив могут выступать научные работники [5]). Задача состоит в ранжировании альтернатив из множества A, или, другими словами, в построении преобразования $\Phi: A \mapsto \mathbb{R}$. В качестве элемента множества A используется вектор из рангов альтернативы по каждому критерию. Преобразование Ф должно удовлетворять аксиомам Парето-доминирования, попарной компенсируемости критериев, пороговой некомпенсируемости и аксиоме редукции [4].

Для решения поставленной задачи применяется пороговое правило. Для его реализации вводится показатель $v_j(x)$ — число критериев, по которым у альтернативы x наблюдается ранг j[1], причем ранг 1 дается за худшее значение критерия, максимальный ранг дается за лучшее значение критерия. Пороговым правилом[2] называется правило построения отношения $W_{tresh} \subseteq A \times A$:

$$W_{tresh} = \left\{(x,y) \| \exists 1 \le i \le n : \forall 1 \le j \le i-1 \; v_j(x) = v_j(y) u v_i(x) < v_i(y)\right\}.$$

Данное отношение можно сразу применять к ранжированию альтернатив [42], но нужно понимать, что ранжирование позволяет расстанавливать альтернативы по порядку, но не вменяет каждой альтернативе действительное число, которое ее характеризует. Решением задачи построения преобразования φ является функция из класса эквивалентности слабого порядка, порождаемого пороговым правилом [41]. Нахождение функции в явном виде является нетривиальной задачей и представлено в работах Алескерова [5; 40] и Chistyakov [46]. Однако принцип построения этих функций накладывает ограничение на проведение анализа. Для этого критерии должны ранжироваться не по числу альтернатив, а по трехбалльной шкале (в связи с чем метод получил название метод порогового агрегирования трехградационных ранжировок). Трехбалльная шкала аналогична измерению по шкале «плохо-средне-хорошо». Стоит отметить, что данная градация носит субъективный характер.

---

[1] Например, запись $v_3\ (x) = 2$ означает, что альтернатива x имела ранг 3 по 2 критериям.

[2] Алескеров [4] рассматривает частный случай, когда показатели ранжируются по трехбалльной шкале «плохо-средне-хорошо», тогда правило выглядит следующим образом: $W_tresh = \{(x, y) | v_1\ (x) < v_1\ (y)$ или $v_1\ (x) = v_1\ (y)$ и $v_2\ (x) < v_2\ (y)\}$.

Рассматривая методы сопоставления альтернатив, важно отметить подход под названием анализ оболочки данных (data envelopment analyses, DEA). Данный метод позволяет оценить техническую эффективность определенных объектов (decision making unit — DMU) и произвести их ранжирование в зависимости от их эффективности. Сначала для каждой альтернативы (DMU) выбирается ряд входных (input) и выходных (output) параметров. Как правило, под входными параметрами подразумеваются используемые ресурсы, а под выходными параметрами — произведенные товары и услуги. Измерение технической эффективности заключается в сопоставлении фактического показателя выхода продукции с максимально возможным при данном количестве ресурсов [22]. Говорят, что альтернативы, которые обеспечивают максимум выхода продукции на единицу ресурсов, образуют «границу эффективности производства», техническая эффективность определяется расстоянием между исследуемыми альтернативами и границей эффективности. Анализ оболочки данных предоставляет математический инструментарий для оценки границы эффективности.

Анализ оболочки данных применяется для оценки эффективности стран, регионов или компаний с учетом показателей устойчивого развития. Социальные и экологические параметры дополняют не только входные параметры, но и выступают в качестве нежелательных выходных параметров (как правило, это выбросы в атмосферу). Ранжирование компаний происходит в соответствии с их показателями эффективности.

Thore и Tarverdyan [79] оценивали конкурентоспособность стран с учетом показателей из отчетов об устойчивом развитии (показателями выхода помимо классической производительности труда являются показатели неравенства, молодежной безработицы, доступ к питьевой воде, сохранение лесных массивов и водных ресурсов, ограничение выбросов в атмосферу). Авторы выделяли страны, которые находятся на границе эффективности, и страны, которые лежат ниже этой границы. Для последних были в соответствие приведены страны, похожие по своим характеристикам, но лежащие на границе эффективности, даны рекомендации по повышению устойчивой конкурентоспособности.

Sueyoshi и Goto [76] изучали эффективность девятнадцати нефтяных компаний из разных стран, обращая внимание на структуру собственности компаний. Авторы выяснили, что государственные компании превосходят международные частные компании по операционной и экологической эффективности, но в динамике эффективность частных компаний со временем растет. Sueyoshi и Wang [77] изучают экологическую эффективность 50 нефтяных компаний США и приходят к выводу, что вертикально интегрированные компании являются более эффективными по сравнению с компаниями, которые таковыми не являются (авторы называют их независимыми). Авторы объясняют этот вывод тем, что контроль всей це-

почки поставок, с одной стороны, открывает преимущества от масштаба производства, с другой стороны, позволяют получать прямую обратную связь от потребителей.

Таким образом, различные подходы, используемые для сопоставления альтернатив (рис. 1), имеют как свои преимущества, так и недостатки. Разнообразие существующих подходов связано с тем, что каждый из них по-своему отвечает требованиям исследователей. Для измерения устойчивого развития компаний необходимо исключить подходы, использующие экспертные или субъективные оценки показателей компаний, подход должен быть автоматизирован, математически и экономически обоснован. Подходы, использующие равнозначные или субъективные веса, проигрывают, так как не обладают достаточной убедительностью для стороннего пользователя. Метод порогового агрегирования при составлении интегрального показателя требует ранжирования показателей на три градации, что для показателей устойчивого развития сделать без экспертной оценки не удается. Подход на основе расчета эффективности показателей требует строгого разделения показателей на входные и выходные параметры (ресурсы и результат), это разделение является дискуссионным вопросом.

Альтернативным, достаточно распространенным подходом в рамках многомерного статистического анализа, апробированным во многих исследованиях устойчивого развития [74], который позволяет избегать субъективных оценок в сопоставлении разнообразных параметров и факторов, является метод главных компонент (МГК) [2].

Допустим, что каждая, j-я компания ($j = 1, ..., m$) характеризуется вектором параметров $\{x_i\}_{i=1}^{n}$. Таким образом, исходные данные представляют собой матрицу

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{pmatrix},$$

в которой векторы-столбцы соответствуют информации об отдельных компаниях.

Обозначим через

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \cdots & \sigma_{nn} \end{pmatrix}$$

соответствующую ковариационную матрицу.

МГК заключается в преобразовании матрицы исходных данных X в новый набор искусственных не коррелированных между собой переменных:

$$Z = \begin{pmatrix} Z_1 \\ \vdots \\ Z_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z_{11} & \cdots & z_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \cdots & z_{nm} \end{pmatrix} = LX,$$

где $Z_1,\ldots,Z_m$ — это векторы главных компонент,

$$L = \begin{pmatrix} l_{11} & \cdots & l_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{n1} & \cdots & l_{nn} \end{pmatrix} —$$

матрица линейного ортогонального преобразования.

Факторные нагрузки (векторы-строки, составляющие матрицу L) представляют собой собственные векторы ковариационной матрицы Σ:

$$(\Sigma - \lambda I) l_1^T = 0.$$

Соответствующее характеристическое уравнение

$$|\Sigma - \lambda I| = 0$$

имеет n действительнозначных корней $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \ldots \geq \lambda_n \geq 0$ — собственных значений ковариационной матрицы Σ, расположенных по убыванию. Обозначим через l номер наименьшего ненулевого собственного значения: $\lambda_k \geq \lambda_l > 0, k = 1,\ldots,l; l \leq n$.

Факторные нагрузки для первой главной компоненты соответствуют наибольшему собственному значению λ_1. Последующие главные компоненты $Z_k = (z_{k1},\ldots,z_{km})$ с номерами $k = 2,\ldots,l$, используют в качестве факторных нагрузок остальные собственные векторы, соответствующие меньшим собственным значениям λ_k.

При этом $\lambda_k, k = 1,\ldots,l$, равняется вариации k-й главной компоненты. Совокупная вариация главных компонент совпадает с общей вариацией исходных данных, поэтому

$$\rho_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{k=1}^{n} \lambda_k}$$

представляет собой долю совокупной вариации исходных данных, объясненную k-й главной компонентой.

В рамках задачи присвоения рейтинга компании на основе экономических, социальных и экологических показателей возможно использовать первую главную компоненту $z_{1j} = \sum_{i=1}^{n} l_{1i} x_{ij}, j = 1,\ldots,m$ в качестве интеграль-

ного показателя деятельности *j*-й компании, содержащего по возможности большую исходную информацию. Веса для исходных переменных при этом подбираются на основе критерия максимальной информативности первой главной компоненты по сравнению с остальными главными компонентами. Это способствует как можно более точному восстановлению значения исходных переменных по заданному значению главной компоненты, т.е. первая главная компонента обладает свойством наилучшего автопрогноза. Однако такой индикатор не будет в полной мере информативным. В частности, первая главная компонента является неадекватным индикатором, если объясняемая ею доля вариации исходных переменных достаточно мала.

Тем не менее метод главных компонент хорошо зарекомендовал себя в оценке деятельности компаний. Armeanu [43] использовал МГК для определения финансовой устойчивости компаний на румынском рынке страхования. Кендюхов [19] проводил оценку конкурентоспособности машиностроительных предприятий РФ с использованием МГК. Кроме того, МГК использовали для оценки устойчивого развития, но не на уровне компаний, а на региональном уровне. Doukas [48] оценил устойчивость развития греческих регионов в сфере энергообеспечения. Hansmann [52] на основе МГК проводил сравнение различных видов деятельности Швейцарии по устойчивому развитию. Hansmann при этом использует не количественные показатели компаний, а результаты опросов работников.

В рамках модифицированного метода главных компонент [1] предлагается рассматривать вместо z_{1j} в качестве интегрального показателя экономической активности величину

$$y_{1j} = \sum_{i=1}^{n} l_{1i}^2 x_{ij}.$$

Данный подход исходит из того, что факторные нагрузки являются нормализованными: $l_1 l_1^T = \sum_{i=1}^{n} l_{1i}^2 = 1$, что позволяет трактовать квадраты факторных нагрузок l_{1i}^2, которые играют здесь роль взвешивающих коэффициентов, в качестве долей, отражающих вклад каждого исходного показателя x_{ij} в результирующий индикатор. Такой индикатор сохраняет единицы измерения исходных переменных x_{ij} и при этом не может принимать отрицательные значения, что упрощает экономическую интерпретацию результата. Однако аналогично традиционному МГК модифицированный подход также оказывается не в состоянии целиком объяснить вариацию исходных данных.

В связи с этим согласно критерию сохранения информативности исходных данных предлагается использовать обобщенный модифицированный метод главных компонент [18] и рассчитывать интегральный показатель устойчивости развития компаний как взвешенную сумму значений y_{kj}, соответствующих всем главным компонентам $(k = 1,\ldots,l)$:

$$I_j = \sum_{k=1}^{l} \rho_k y_{kj} = \sum_{k=1}^{l} \rho_k \sum_{i=1}^{n} l_{ki}^2 x_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{l} \left(\lambda_k \sum_{i=1}^{n} l_{ki}^2 x_{ij} \right)}{\sum_{k=1}^{l} \lambda_k}, j = 1,\ldots,m.$$

При этом модифицированные главные компоненты y_{kj} взвешиваются по долям вариации исходных данных, объясненным соответствующими главными компонентами (ρ_k). Тем самым методика построения интегрального социально-экономического показателя обобщается на случай произвольной доли вариации исходных данных, объясненной главными компонентами, отсутствуют потери вариации исходных данных.

Обобщенный модифицированный метод главных компонент превосходит классический МГК тем, что при расчете интегрального индикатора удается полностью сохранить вариацию исходных данных (т.е. максимум информации, содержащейся в них), главные компоненты не принимают отрицательных значений, наблюдается улучшение свойств автопрогноза.

Интегральные показатели и рейтинг устойчивого развития компаний

В рамках исследования были рассмотрены крупнейшие российские компании по объему продаж, присутствующие в рейтингах RAEX 600 и РБК 500 за 2016 г.[1], с максимально открытой отчетностью в области устойчивого развития. Источником информации являлись годовые финансовые и социально-экологические отчеты компаний (также называемые отчетами по устойчивому развитию и нефинансовыми отчетами), доступные на официальных веб-сайтах компаний[2], а также статистическая база СПАРК[3]. Учитывались социально-экологические отчеты, состав-

[1] Расчеты проведены по показателям одного года, в дальнейшем временной охват может быть расширен.

[2] Стоит также отметить, что РСПП создал базу «Национальный регистр и библиотека корпоративных нефинансовых отчетов», где размещает нефинансовые отчеты компаний. На данный момент база собрана до 2017 года. URL: http://рспп.рф/simplepage/natsionalnyy-registr-i-biblioteka-korporativnykh-nefinansovykh-otchetov/

[3] Получение более полной информации от компаний могло бы расширить проводимый анализ, для этого была бы полезна поддержка российских рейтинговых агентств, которые собирают дополнительную информацию о компаниях.

ленные по стандартам подготовки публичной нефинансовой отчетности Глобальной инициативы по отчетности (Global Reporting Initiative, GRI). Отчеты по устойчивому развитию в 2016 г. опубликовала 171 компания, из которых только 33 публиковали их в сопоставимой форме в соответствии со стандартами GRI.

Для построения интегральных индикаторов устойчивого развития был выбран широкий круг финансовых, экономических, социальных и экологических показателей, общих для компаний разных секторов[1]. Очевидно, что показатели, по которым оценивается компания, должны характеризовать компанию с разных сторон. В связи с этим, в частности, Kasparian и Rolland [59] критикуют страновой рейтинг Better Life Index за то, что в разделе «окружающая среда» содержится показатель объема твердых частиц в воздухе, но нет показателей загрязнения, качества воды и биоразнообразия. Такой подход может ввести в заблуждение пользователей рейтинга. Поэтому в данной работе в приоритете составление как можно более полной картины о компании.

Стоит отметить, что зависимость между числом компаний в выборке и числом анализируемых показателей является отрицательной, т.е. составление более полного портрета компании по ее показателям происходит в ущерб объему выборки. Представители РСПП — авторы индекса «вектор устойчивого развития» — перечисляют несколько причин, по которым компании могут не раскрывать свои показатели. К ним относятся нежелание менеджмента раскрывать информацию в низко результативных областях, отнесение тех или иных показателей к несущественным для бизнеса аспектам[2], отсутствие компетенций для оценки показателей внутри компании [20].

В работе достигнут компромисс между количеством компаний в выборке и количеством показателей, описывающих их деятельность в контексте устойчивого развития. В итоговую выборку попало 23 российских компании (табл. 3), результативность которых характеризуется 10 финансовыми, 13 социально-экономическими и 14 экологическими показателями (табл. 6). Таким образом, в формуле интегрального индикатора устойчивого развития $n = 37$, $m = 23$.

---

[1] Предварительный вариант исследования был опубликован в работе [81].

[2] Как будет отмечено ниже, стандарты по раскрытию отчетности призывают раскрывать информацию по существенным аспектам деятельности компании, при этом существенные аспекты компании определяют сами.

Таблица 3

Список компаний для исследования

Вид деятельности	Число компаний	Компании
Атомная промышленность	6	Ангарский электролизный химический комбинат (далее АЭХК), ОКБ «Гидропресс», ГНЦ НИИАР, ТВЭЛ, ПО «Электрохимический завод» (далее ПО ЭХЗ), Ковровский механический завод (далее КВМЗ)
Нефтяная и газовая промышленность	5	Газпром, Газпром Нефть, Лукойл, Новатэк, Башнефть
Нефтехимическая промышленность	1	Нижнекамскнефтехим
Энергетика и электроэнергетика	4	Газпром Энергохолдинг, ФСК ЕЭС, Интер РАО, РусГидро
Металлургия	3	Металлоинвест, НЛМК, Северсталь
Добыча драгоценных металлов	2	Алроса, Полюс
Добыча угля	1	СУЭК
Диверсифицированный холдинг	1	АФК Система

Финансовое состояние компании оценивалось с помощью финансовых коэффициентов, выступающих в качестве инструмента диагностики различных аспектов «состояния здоровья» предприятия [12. С. 249]. Выделяют несколько групп показателей финансового состояния: коэффициенты ликвидности, коэффициенты финансового «рычага», коэффициенты деловой активности фирмы и коэффициенты рентабельности [12. С. 252]. Для описания финансовой устойчивости компании был использован пул этих показателей.

Коэффициенты ликвидности отражают способность фирмы рассчитываться по своим краткосрочным обязательствам. В работе рассмотрены коэффициенты текущей, быстрой и абсолютной ликвидности, которые отличаются по способности покрывать краткосрочные обязательства различным набором ликвидных активов. К коэффициентам финансового «рычага» относится коэффициент соотношения заемных и собственных средств, который позволяет оценить долю заемных средств в общей сумме финансовых источников предприятия. Важным также является коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами. Коэффициенты деловой активности показывают, насколько эффективно фирма

использует свои активы, в частности, дебиторскую задолженность и товарно-материальные запасы. Для этого были рассчитаны периоды оборота дебиторской задолженности и запасов. Показатели рентабельности (активов, продаж и собственного капитала) отражают способность компании генерировать прибыль на единицу активов или средств.

Подбор финансовых показателей согласуется с подбором показателей в других исследованиях [82]. Отметим, что расчет показателей произведен на основе отчетности по МСФО, если такая составляется компанией. Данный выбор связан с тем, что в соответствии с МСФО компании составляют консолидированную отчетность (т.е. отчетность с учетом деятельности компаний, входящих в группу).

Выборка экономических, социальных и экологических индикаторов произведена на основе набора показателей, рекомендуемых для раскрытия руководством по отчетности в области устойчивого развития (GRI). Руководство по отчетности в области устойчивого развития G4 [28] является первым в мире набором стандартов по отчетности в области устойчивого развития. Стандарты представляют набор взаимосвязанных модулей. Модульность позволяет компаниям работать только с одним из модулей, если компания не способна работать одновременно со всеми стандартами. Существует три общих модуля и три специфических модуля. Общие модули носят качественный характер, специфические — как качественный, так и количественный характер.

Общий модуль GRI 101 Foundation отражает общие принципы раскрытия информации, объясняет, каким образом подготовить отчет в соответствии со стандартами. Модуль GRI 102 General Disclosure показывает требования к общей информации о компании и ее деятельности. Модуль GRI 103 Management Approach отражает требования раскрытия информации о том, как компания управляет существенными аспектами своей деятельности (т.е. теми, которые оказывают значительное влияние на заинтересованные стороны). Специфические модули отражают, как раскрывать экономическое (GRI 201-206), социальное (GRI 301-308) и экологическое (GRI 401-419) воздействие компании.

Поскольку в работе выделяется отдельно финансовый блок компании, постольку экономические показатели объединены с социальными показателями в социально-экономический блок и будут оценивать степень социальной ответственности компании. В частности, для расчета интегрального показателя будут учтены показатели (в расчете на 1 млн руб. выручки): расходы на заработную плату и пособия, выплаты поставщикам капитала[1] и государству, а также инвестиции.

[1] Под выплатами поставщикам средств капитала понимаются проценты по кредитам и дивиденды [28].

Подчеркивая важность перехода к удельным величинам при расчете данных показателей, сошлемся, в частности, на работу Zhivkova [84], в которой анализируются различия между компаниями крупного и среднего и малого бизнеса в контексте устойчивого развития. Акцентируя внимание на экологических показателях, автор отмечает, что компания, относящаяся к среднему и малому бизнесу, сама по себе оставляет небольшой экологический след, особенно по сравнению с компанией из крупного бизнеса, но если рассматривать все компании из малого и среднего бизнеса, то их суммарный экологический след превышает суммарный след крупных компаний. Таким образом, наказывать крупные компании в большей степени за то, что они совершают больше выбросов в атмосферу или потребляют больше воды, нельзя. Это касается не только экологических, но и экономических показателей. В связи с этим в нашем исследовании все показатели, зависящие от размера компании, рассматривались в расчете на 1 млн руб. выручки.

Экономическая результативность в стандартах GRI представлена большим числом показателей, но компании лишь частично раскрывают эту информацию.

Обратим внимание на показатель GRI 204-1: доля закупок у местных поставщиков в существенных регионах деятельности организации. Российские компании практически не публикуют данный показатель, но обращают внимание на показатель доли закупок у представителей малого и среднего предпринимательства (МСП). Изменение акцента в раскрытии информации связано с внутренней экономической политикой России. В России принято Постановление Правительства РФ от 11.12.2014 № 1352 «Об особенностях участия субъектов малого и среднего предпринимательства в закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц», согласно которому доля заключенных договоров с МСП в стоимостном выражении должна превышать 18%. Но данное постановление не требует раскрытия фактической доли закупок у МСП в нефинансовой отчетности, более того, постановление распространяется только на некоторые российские компании, поэтому включить показатель доли закупок у МСП в выборку показателей не представляется возможным.

Среди показателей результативности в области взаимодействия с обществом (GRI 401–419) в рамках исследования были выбраны текучесть кадров (401)[1], показатели травматизма (403) и образования (404) и показатели разнообразия и равных возможностей (405). В связи с тем, что компании представляют информацию о травматизме в различной форме, большая часть показателей была приведена к единообразному виду: число

[1] Здесь и далее в скобках указаны номера стандартов GRI.

пострадавших в результате несчастных случаев, пострадавших со смертельным исходом, а также число сотрудников с вновь обнаруженными профессиональными заболеваниями на 1000 человек персонала предприятия. К показателям образования относится среднее число часов обучения рабочих, а также руководителей и специалистов (в расчете на одного сотрудника). Особое внимание стандарты GRI уделяют показателям разнообразия и равных возможностей, позволяющим оценить качество человеческого капитала организации, к числу которых принадлежат: средний возраст сотрудников и отношение числа мужчин и женщин, а также руководителей и рядовых работников.

Интересно отметить, что по ряду социальных показателей российские компании дают одинаковую информацию. Так, все компании отмечают, что у них отсутствует дискриминация при установлении заработных плат (406), они не применяют детский (408) или принудительный труд (409), полностью соблюдают требования законодательства в области сроков уведомления работников о значительных изменениях (402). Отметки о соблюдении данных требований связаны с тем, что иная ситуация нарушает законы Российской Федерации и компаниям выгоднее соблюдать эти законы, чем нарушать и нести ответственность[1]. Поэтому устойчивое развитие компании — это заслуга не только компании, но и российского законодательства.

Среди показателей экологической результативности в рамках исследования выбраны показатели выбросов в атмосферу (305), использования энергии (302) и воды (303), объема отходов (306) и соблюдения экологических норм (307). При расчете интегрального показателя учитывались следующие индикаторы: объем выбросов в атмосферу (тонны), объем парниковых газов (тонны CO_2-эквивалента), объем потребляемой электроэнергии (МВт·ч)[2], объем потребляемой тепловой энергии (Гкал), объем сэкономленной энергии в результате реализации проектов по энергосбережению и повышению энергетической эффективности (в руб.), количество забираемой воды (тыс. куб. м), количество сброса сточных вод (тыс. куб. м), общая масса отходов (т), общий объем средств, затраченных на охрану окружающей среды, объем штрафов за нарушение экологического законодательства. Все перечисленные показатели рассчитываются на 1 млн руб. выручки. Остальные экологические показатели, учитывавшиеся при подсчете интегрального показателя устойчивого развития, также являются относительными — это отношение объема чрезвычайно, высоко

[1] Однако существует риск недостоверного раскрытия информации, особенно в вопросах дискриминации.

[2] Для расчета показателей в одной размерности применялась таблица коэффициентов пересчета единиц энергии из [38. С. 8–10].

и умеренно опасных (1, 2, 3-го класса) отходов к объему мало и практически неопасных (4, 5-го класса) отходов; отношение объема отходов для вторичной переработки и использования к общему объему отходов; доля сверхнормативных платежей в объеме средств на охрану окружающей среды; доля филиалов, предприятий и площадок, сертифицированных по стандарту ISO 14-001.

Исследуемые показатели имеют разную размерность, и сопоставлять их в абсолютных значениях некорректно. Необходимо унифицировать данные, т.е. преобразовать их так, чтобы значения показателей измерялись в единой шкале. Вариация всех показателей была приведена к диапазону от 1 до 10, где 1 соответствует самой низкой результативности, а 10 — самой высокой. Были проведены преобразования трех типов — в зависимости от характера влияния конкретного показателя на устойчивость компании: «чем больше, тем лучше», «чем меньше, тем лучше», «существует оптимальное значение».

Для показателей, увеличение которых положительно сказывается на устойчивом развитии компании («чем больше, тем лучше»), была использована нормировка:

$$x_{ij}^{n} = 1 + 9\left(\frac{x_{ij} - x_{ij}^{min}}{x_{ij}^{max} - x_{ij}^{min}}\right).$$

Данные показатели обозначены зеленым цветом в табл. 4.

Для показателей, уменьшение которых положительно сказывается на устойчивом развитии компании («чем меньше, тем лучше»), применялось нормирующее преобразование:

$$x_{ij}^{n} = 1 + 9\left(\frac{x_{ij} - x_{ij}^{max}}{x_{ij}^{min} - x_{ij}^{max}}\right).$$

Данные показатели обозначены красным цветом в табл. 4.

Для двух показателей социально-экономического блока — «средний возраст сотрудников компании» и «отношение числа мужчин к числу женщин» (обозначенных желтым цветом в табл. 4) — применялось преобразование, подразумевающее наличие оптимума:

$$x_{ij}^{n} = 10 * \left(1 - \frac{\left|x_{ij} - x_{ij}^{opt}\right|}{\max\{(x_{ij}^{max} - x_{ij}^{opt});(x_{ij}^{opt} - x_{ij}^{min}\}}\right).$$

Оценивая средний возраст сотрудников компании, нельзя утверждать, что должно быть как можно больше молодых работников («чем меньше, тем лучше») или — наоборот — сотрудников старшего воз-

раста («чем больше, тем лучше»). Структура персонала должна соответствовать возрастной структуре региона, в котором работает компания, т.е. спрос на рабочую силу должен соответствовать ее предложению. Если в компании распределение сотрудников по возрасту соответствует распределению населения региона, то компания предоставляет равные возможности работникам всех возрастов. Таким образом, достижение средним возрастом работников компании некоторого оптимального уровня является показателем ее устойчивого развития. В качестве оптимального уровня $\left(x_{ij}^{opt}\right)$ выступает расчетный средний возраст работающего населения России в 2016 г., равный 38,6 года[1].

Аналогичное рассуждение применяется к показателю «отношение числа мужчин к числу женщин», это соотношение должно быть сбалансированным. В выборке компаний преобладают компании с существенной долей физического труда, но эти же компании могли бы внедрять технологии, основанные на широком использовании механизации, автоматизации и роботизации. Поэтому снижение доли мужского персонала ассоциируется с внедрением технологий, снижающих тяжесть труда, в том числе облегчающих условия труда женщин. Предпочтительной представляется ситуация гендерного равновесия при отсутствии численного преобладания как мужской, так и женской части трудового коллектива. С этой точки зрения оптимальное соотношение численности мужчин и женщин $\left(x_{ij}^{opt}\right)$ было принято равным единице.

[1] При расчете численности работающего населения использовались данные Росстата о распределении населения РФ по возрастным группам (URL: https://www.gks.ru/folder/12781), а также информация о численности обучающихся по всем программам подготовки кадров [9]. Численность населения в возрасте от 15 до 19 лет была уменьшена на 2/5 от численности всех студентов кроме студентов аспирантуры. Численность населения в возрастной категории 20–24 лет была уменьшена на 3/5 от численности всех студентов кроме студентов аспирантуры. Численность населения в возрасте 25–29 лет – уменьшена на численность студентов аспирантуры. Была принята предпосылка о том, что распределение безработных по возрастам совпадает с распределением работающего населения и не влияет на расчет среднего возраста работников. Средний возраст работающего населения был получен суммированием произведений среднего возраста каждой возрастной группы на долю работающего населения группы среди всего работающего населения.

Таблица 4

Блоки и веса показателей, входящих в интегральный индикатор

Блок	Показатель	Вес, %
Финансовый	Период оборота запасов	2,45
	Период оборота дебиторской задолженности	2,85
	Соотношение заемных и собственных средств	2,50
	Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	3,87
	Рентабельность продаж	3,70
	Рентабельность активов	4,09
	Рентабельность собственного капитала	1,95
	Коэффициент текущей ликвидности	2,40
	Коэффициент быстрой ликвидности	2,14
	Коэффициент абсолютной ликвидности	1,72
Социально-экономический	Нормированные расходы на заработную плату и пособия	3,57
	Нормированные выплаты поставщикам средств капитала	1,63
	Нормированные выплаты государству	2,03
	Нормированные инвестиции в местные сообщества	2,46
	Текучесть кадров	3,07
	Удельный вес пострадавших в результате несчастных случаев	2,25
	Удельный вес пострадавших со смертельным исходом	1,69
	Удельный вес сотрудников с вновь обнаруженными профессиональными заболеваниями	2,48
	Среднее число часов обучения рабочих	1,67
	Среднее число часов обучения руководителей и специалистов	4,09
	Отношение числа мужчин и женщин	2,79
	Отношение количества руководителей к числу рабочих и служащих	2,56
	Средний возраст сотрудников	3,77
Экологический	Нормированный объем выбросов в атмосферу	2,89
	Нормированный объем парниковых газов	2,41
	Нормированный объем потребляемой электроэнергии	1,62
	Нормированный объем потребляемой тепловой энергии	1,73
	Нормированный объем сэкономленной энергии	2,86
	Нормированный объем забираемой воды	2,40
	Нормированный объем сброса сточных вод	3,06
	Нормированная общая масса отходов	3,19
	Отношение отходов 1, 2 и 3-го классов опасности к объему отходов 4 и 5-го класса опасности	1,89
	Отношение объема отходов для вторичной переработки и использования к общему объему отходов	4,41
	Нормированная величина затрат на охрану окружающей среды	3,01
	Доля сверхнормативных платежей в объеме средств на охрану окружающей среды	3,64
	Нормированный объем штрафов за нарушение экологического законодательства	2,25
	Доля филиалов, предприятий и площадок, сертифицированных по стандарту ISO 14-001	2,93

На основе расчета интегральных показателей корпоративной устойчивости с помощью обобщенного модифицированного метода главных компонент был составлен рейтинг устойчивого развития компаний (табл. 5).

Таблица 5

Интегральные показатели устойчивого развития компаний[1]

Компания	Интегральный показатель	Рейтинг	Финансовый блок		Социально-экономический блок		Экологический блок	
			Показатель по блоку	Позиция в рейтинге по блоку	Показатель по блоку	Позиция в рейтинге по блоку	Показатель по блоку	Позиция в рейтинге по блоку
Нижнекамскнефтехим	7,49	1	1,7	6	2,5	2	3,3	1
АЭХК	7,27	2	2,1	1	2,0	14	3,2	3
Новатэк	6,81	3	1,8	4	2,1	6	2,9	11
Полюс	6,81	4	1,8	2	1,7	21	3,3	2
ПО «ЭХЗ»	6,81	5	1,6	8	2,0	10	3,2	6
Алроса	6,75	6	1,8	3	2,1	7	2,8	14
Лукойл	6,75	7	1,2	15	2,4	3	3,2	5
ТВЭЛ	6,66	8	1,2	13	2,3	4	3,1	9
ОКБ «Гидропресс»	6,65	9	1,7	5	2,1	9	2,9	13
КВМЗ	6,64	10	1,4	10	2,0	13	3,2	4
НЛМК	6,55	11	1,4	12	2,0	12	3,2	7
ГНЦ НИИАР	6,54	12	1,1	21	2,6	1	2,9	12
Металлоинвест	6,28	13	1,4	11	2,2	5	2,7	19
Башнефть	6,11	14	1,2	16	2,1	8	2,8	15
Газпром	5,94	15	1,2	14	2,0	11	2,7	18
Северсталь	5,84	16	1,6	7	1,8	17	2,4	22
Газпром Нефть	5,82	17	1,2	17	1,8	18	2,8	16
АФК Система	5,82	18	0,9	23	1,9	16	3,0	10
ФСК ЕЭС	5,70	19	1,2	19	1,7	19	2,8	17
Интер РАО	5,64	20	1,5	9	2,0	15	2,2	23

[1] Цветовая шкала «Зеленый-желтый-красный» отражает сортировку позиций в рейтинге от лучшей к худшей.

Окончание табл. 5

Компания	Интегральный показатель	Рейтинг	Финансовый блок		Социально-экономический блок		Экологический блок	
			Показатель по блоку	Позиция в рейтинге по блоку	Показатель по блоку	Позиция в рейтинге по блоку	Показатель по блоку	Позиция в рейтинге по блоку
СУЭК	5,60	21	0,9	22	1,5	23	3,1	8
РусГидро	5,43	22	1,2	18	1,7	20	2,5	20
Газпром Энергохолдинг	5,11	23	1,1	20	1,6	22	2,4	21

Для исследования надежности построенного рейтинга был проведен анализ чувствительности, позволяющий сделать оценку того, как изменение первоначальных предположений воздействует на значение интегрального показателя. В работе сгенерированы две модификации построенного рейтинга, которые сравниваются с исходным с помощью коэффициентов ранговой корреляции Кендалла и Спирмена[1] (табл. 6).

Первая модификация заключалась в добавлении к существующей выборке показателей еще одного — индекса финансового риска, который рассчитывается системой СПАРК по компаниям. Данный индекс отражает вероятность неплатежеспособности компании. Данное изменение позволит нам оценить, как меняются положения компаний при добавлении уточняющей информации.

Вторая модификация касалась изменения весов показателей, рассчитанных по обобщенному и модифицированному методу главных компонент. В литературе нет однозначного правила изменения весов показателей, можно одновременно увеличивать и уменьшать все веса показателей

[1] Коэффициент ранговой корреляции Кендалла основан на подсчете совпадений и инверсий в парах наблюдений и рассчитывается по формуле $\tau_к = (P - Q)/(P + Q)$, где P — суммарное число одновременного превышения рангов i-х наблюдений над рангами j-х наблюдений (совпадение), Q — суммарное число случаев, когда ранг i-го наблюдения первого упорядочивания превышает ранг j-го наблюдения, а ранг i-го наблюдения второго упорядочивания ниже ранга j-го наблюдения (инверсия) [18]. Учитывающий разность рангов коэффициент ранговой корреляции Спирмена рассчитывается по формуле $\tau_s = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n}(u_i - v_i)^2}{n(n^2-1)}$, где $u_i - v_i$ — разность рангов i-го наблюдения, n — число наблюдений [60. P. 373]. Под наблюдениями в нашей задаче подразумеваются компании, которые обладают рангами-местами в соответствующих рейтингах.

на 5, 10, 15 или 20% [66; 82], можно увеличивать на 10% только три наибольших по значению веса или уменьшить на 10% три наименьших по значению веса [69]. В результате этих преобразований сумма весов не всегда равна 100%. В данной работе принято решение увеличить на 10% значения 14 весов с самым большим значением и уменьшить на 10% значения 23 весов с наименьшим значением. Разделение весов на группу из 14 и 23 значений обусловлено тем, что именно при таком соотношении сумма весов максимально близка к 100% (составляет 99,9%).

Включение дополнительного показателя в выборку показателей незначительно изменяет ранги компаний (коэффициенты больше 97,6%). Необходимо отметить, что дополнительный показатель носит уточняющий характер, так как составлен из показателей, уже входящих в выборку, но полученных методами нейросетевого моделирования[1]. Таким образом, составленный авторами рейтинг реагирует на включение нового уточняющего показателя, но не меняет существенно свою структуру.

Изменение значений весов на 10% также оказало несущественный эффект на ранжирование компаний (коэффициенты больше 98,4%), т.е. при пересчете рейтинга с новыми весами компании поменяют свои позиции, но они будут близки к первоначальным расчетам.

Таблица 6

Анализ чувствительности построенного рейтинга устойчивого развития компаний

Рейтинг 1	**Исходный расчет**	**Исходный расчет**
Рейтинг 2	**Добавление индекса финансового риска**	**Увеличение и уменьшение весов на 10%**
Ранговый коэффициент корреляции Кендалла	0,976	0,984
P-значение	$6{,}9*10^{-11}$	$4{,}8*10^{-11}$
Ранговый коэффициент корреляции Спирмена	0,997	0,998
P-значение[2]	$7*10^{-25}$	10^{-26}

Важно также проверить, как соотносятся между собой результаты различных подходов к измерению деятельности компании с точки зрения устойчивого развития, реализованных для российских данных. Для со-

[1] Экспресс-оценка финансовых рисков компаний | Спарк-Интерфакс [Электронный ресурс]. URL: http://www.spark-interfax.ru/ru/features/indexes (7.02.2020).

[2] P-значение рассчитывается для проверки гипотезы о том, что ранговый коэффициент равен 0. Во всех случаях данная гипотеза отклоняется.

поставления были выбраны два рейтинга: рейтинг, построенный на основе индекса «Вектор устойчивого развития» РСПП [6. С. 67], и ренкинг устойчивого развития издания «Эксперт» [26] (табл. 7).

Попарное сопоставление по выборке компаний, одновременно попавших в сравниваемые рейтинги, дает близкие к нулю значения коэффициентов ранговой корреляции Спирмена и Кендалла (табл. 8), и согласно Р-значению принимается гипотеза о том, что данные коэффициенты в самом деле нулевые. Таким образом, в данных рейтингах устойчивое развитие компаний рассматривается с разных точек зрения. Если индекс РСПП оценивает изменение результативности от года к году, то авторский подход обращает внимание на положение компании среди всей анализируемой выборки.

При этом, в свою очередь, существуют значительные отличия между расчетами РСПП и «Эксперта». Следует также отметить, что различается период анализа состояния компаний: авторский рейтинг составлен по данным 2016 г., индекс РСПП по 2015–2016 гг., а рейтинг издания «Эксперт» был опубликован в декабре 2019 г., и сопоставление данных рейтингов возможно лишь при предположении о незначительном изменении позиций компании со временем.

Таблица 7

Ранги компаний в пределах выборки, используемой при построении рейтинга устойчивого развития, в сравнении с рейтингом РСПП и ренкингом «Эксперта»

Компании	РСПП	Издание «Эксперт»	Собственный расчет
Алроса	-	6	4
АФК Система	8	12	10
Газпром	10	1	8
Интер РАО	5	10	11
Лукойл	9	3	5
Металлоинвест	3	7	7
Нижнекамскнефтехим	1	13	1
НЛМК	4	8	6
Новатэк	12	5	2
Башнефть	11	-	6
Полюс	-	11	3
РусГидро	7	9	13
Северсталь	6	4	9
СУЭК	2	2	12

Таблица 8

Коэффициенты ранговой корреляции для различных рейтингов устойчивого развития российских компаний

Рейтинг 1	**Собственный расчет**	**Собственный расчет**	**РСПП**
Рейтинг 2	**РСПП**	**Издание «Эксперт»**	**Издание «Эксперт»**
Ранговый коэффициент корреляции Кендалла	–0,12	–0,13	–0,19
P-значение	0,58	0,54	0,21
Ранговый коэффициент корреляции Спирмена	–0,08	–0,16	–0,26
P-значение	0,80	0,59	0,23

Полученный вывод — различные результаты для разных методик — уже был описан в литературе. В работах Arribas et al. [44], Jankalová [57] отмечалась проблема отсутствия широко распространенной методологии оценки устойчивого развития компаний, которая позволила бы инвесторам идентифицировать компании. Существуют подробные стандарты по раскрытию информации, но не существует единой методологии оценки устойчивого развития, и каждый автор уточняет методологию в соответствии с целями и задачами своего исследования. Преимуществами обобщенного модифицированного метода главных компонент, который был использован нами при построении рейтинга компаний, является унификация позиционирования компаний между лучшими и худшими практиками и агрегирование показателей компании без использования субъективных оценок.

Анализ рейтинга устойчивого развития компаний

Результаты, полученные при построении рейтинга на основе обобщенного модифицированного метода главных компонент, могут быть использованы для сравнительной оценки успешности деятельности компаний в области устойчивого развития. Сформированный интегральный показатель устойчивого развития компаний позволяет выявить лучшие и отстающие компании (табл. 5). Лидерами рейтинга являются компании «Нижнекамскнефтехим», Ангарский электролизный химический комбинат и «Новатэк». В конце рейтинга находятся компании СУЭК, «РусГидро» и «Газпром Энергохолдинг».

Для того чтобы понять, с чем связаны позиции в рейтинге, необходимо обратить внимание на структуру сформированного интегрального показателя, в частности на веса, которые были подобраны обобщенным

и модифицированным методом главных компонент (табл. 4). Значения весов, плавно изменяясь, колеблются от 1,6 до 4,4%.

Показателями с наибольшим весом являются: доля вторично переработанных отходов среди всех отходов (4,4%), среднее число часов обучения на одного сотрудника (среди руководителей и специалистов), рентабельность активов (по 4,1%), коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами (3,9%), средний возраст сотрудников (3,8%), рентабельность продаж (3,7%), доля сверхнормативных платежей в объеме средств на охрану окружающей среды (3,7%), расходы на заработную плату и пособия на ед. выручки (3,6%). Из первых восьми по значимости показателей можно сделать вывод, что не существует блока, показатели которого обладали бы в среднем большими весами, чем показатели другого блока. Этот вывод подтверждается при анализе всего массива весов.

Показателями с наименьшим весом являются объем потребляемой тепловой энергии на ед. выручки, абсолютная ликвидность, число пострадавших со смертельным исходом на тысячу сотрудников, среднее число часов обучения на одного сотрудника (среди рабочих) (по 1,7%), выплаты поставщикам средств капитала на ед. выручки, объем потребляемой электроэнергии на ед. выручки (по 1,6%).

Значение интегрального показателя позволяет выявить общее положение компании, а также может быть полезна информация о структуре интегрального показателя, т.е. за счет чего компания выигрывает или проигрывает. Для каждой компании можно проанализировать вклад каждого показателя в интегральное значение устойчивого развития, сравнить положение по каждому показателю со средним по выборке. На основе сравнения можно выделить показатели, которые являются драйверами устойчивого развития, дать рекомендации по улучшению показателей деятельности в тех областях, где присутствует соответствующий потенциал.

В качестве примера рассмотрим структуру интегрального показателя компании «Лукойл», занимающей 7-е место в рейтинге, в сравнении со средними значениями по выборке (рис. 2). Величина вклада таких показателей, как среднее число часов обучения руководителей (сокращенно обучение руководителей), средний возраст сотрудников и доля сверхнормативных платежей в объеме средств на охрану окружающей среды, значительно превышает средние значения по выборке, т.е. показатели являются драйверами устойчивого развития. Но по показателям рентабельности продаж (ROS) и активов (ROA), расходов на заработную плату «Лукойл» отстает от средних по выборке значений, поэтому эти показатели компании стоит улучшить.

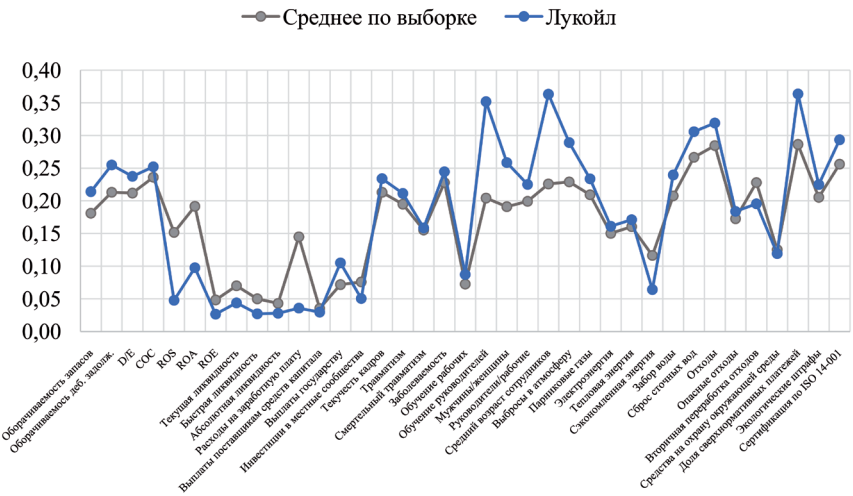


Рис. 2. Структура интегрального показателя устойчивого развития компании «Лукойл»

Подобный анализ интегрального показателя устойчивого развития может рассматриваться в качестве рекомендаций по совершенствованию деятельности конкретной компании.

Поскольку исходные данные сгруппированы в несколько ($\theta=3$) подмножеств, отражающих определенные группы финансовых, социоэкономических и экологических характеристик деятельности компании:

$$X = \begin{pmatrix} \tilde{X}_1 \\ \vdots \\ \tilde{X}_\theta \end{pmatrix},$$

где

$$\tilde{X}_\alpha = \begin{pmatrix} X_{n_{\alpha-1}+1} \\ \vdots \\ X_{n_\alpha} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{n_{\alpha-1}+1,1} & \cdots & x_{n_{\alpha-1}+1,m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n_\alpha,1} & \cdots & x_{n_\alpha,m} \end{pmatrix}, \; 1 \le \alpha \le \theta, 1 \le \theta \le n,$$

постольку интегральный показатель I_j можно разложить в сумму субиндикаторов

$$I_{j\alpha} = \sum_{i=n_{\alpha-1}+1}^{n_\alpha} \sum_{k=1}^{n} \lambda_k l_{ki}^2 x_{ij} \Big/ \sum_{k=1}^{n} \lambda_k,$$

характеризующих финансовое, социально-экономическое и экологическое состояние бизнеса:

$$I_j = \sum_{\alpha=1}^{\theta} I_{j\alpha}.$$

Данные субиндексы рассчитываются как взвешенная сумма модифицированных главных компонент по каждому из трех блоков переменных. Эти субиндексы позволяют ранжировать компании в рамках каждого из трех блоков устойчивого развития (табл. 4). Декомпозиция интегрального показателя (рис. 3) характеризует влияние определенных факторов на результативность деятельности компании и потенциал повышения ее устойчивости.

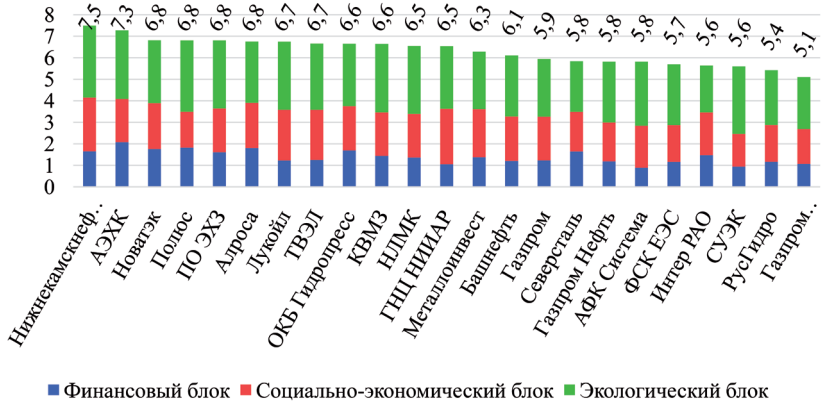


Рис. 3. Декомпозиция интегрального показателя

Используя декомпозицию интегрального показателя, можно проверить, является ли какой-либо из блоков определяющим для построения рейтинга устойчивого развития компаний. Для этого предлагается рассчитать коэффициенты корреляции Кендалла и Спирмена между рангами по интегральному показателю и по отдельным его блокам (табл. 9). Результаты сопоставления коэффициентов представлены в табл. 6, из которой видно, что ранги по интегральному показателю и по отдельным блокам похожи друг на друга, но не коррелируют полностью (1 означает, что ранги полностью коррелируют, 0 — что ранги совсем не коррелируют). В частности, финансовое состояние компании не способно полностью определить позицию в рейтинге устойчивого развития, но является важным фактором. Более сильные в финансовом отношении компании не обязательно являются лидерами устойчивого развития, т.е. достижения в финансовой сфере не гарантируют успешность реализации политики устойчивого развития.

Аналогичные выводы можно сделать в отношении социально-экономической и экологической составляющей устойчивого развития.

Таблица 9

Связь между рангами блоков и интегрального показателя устойчивого развития компаний

Рейтинг 1	Общий рейтинг	Общий рейтинг	Общий рейтинг
Рейтинг 2	**Финансовый блок**	**Социально-экономический блок**	**Экологический блок**
Ранговый коэффициент корреляции Кендалла	0,57	0,47	0,56
Р-значение	$1,6*10^{-4}$	$1,7*10^{-3}$	$1,5*10^{-4}$
Ранговый коэффициент корреляции Спирмена	0,75	0,61	0,73
Р-значение[1]	$3,3*10^{-5}$	$2*10^{-3}$	$7,4*10^{-5}$

Рассмотрим вопрос о связи между структурой собственности и управления компании[2] и ее результативностью в реализации принципов устойчивого развития (табл. 10).

Таблица 10

Показатели структуры акционерного капитала и совета директоров компаний — участниц рейтинга устойчивого развития

Рейтинг устойчивого развития	Компания	Интегральный показатель устойчивого развития	Доля, контролируемая РФ, %	Доля независимых членов совета директоров, %	Доля независимых директоров — нерезидентов, %
1	Нижнекамскнефтехим	7,49	0	9%	18%
2	АО «АЭХК»	7,27	100	0%	0%
3	Новатэк	6,81	0	33%	11%
4	Полюс	6,81	0	33%	33%
5	ПО «ЭХЗ»	6,81	100	0%	0%

[1] Р-значение рассчитывается для проверки гипотезы о том, что ранговый коэффициент равен 0. Во всех случаях данная гипотеза отклоняется.

[2] Источниками информации служат годовые отчеты компаний.

Окончание табл. 10

Рейтинг устойчивого развития	Компания	Интегральный показатель устойчивого развития	Доля, контролируемая РФ, %	Доля независимых членов совета директоров, %	Доля независимых директоров — нерезидентов, %
6	Алроса	6,75	66	33%	0%
7	Лукойл	6,75	0	45%	27%
8	ТВЭЛ	6,66	100	0%	0%
9	ОКБ «Гидропресс»	6,65	100	0%	0%
10	КВМЗ	6,64	100	0%	0%
11	НЛМК	6,55	0	56%	44%
12	ГНЦ НИИАР	6,54	100	0%	0%
13	Металлоинвест	6,28	0	44%	0%
14	Башнефть	6,11	54	30%	30%
15	Газпром	5,94	50	27%	9%
16	Северсталь	5,84	0	50%	30%
17	Газпром нефть	5,82	48	15%	0%
18	АФК Система	5,82	0	55%	36%
19	ФСК ЕЭС	5,70	71	27%	9%
20	Интер РАО	5,64	34	36%	9%
21	СУЭК	5,60	0	56%	33%
22	РусГидро	5,43	61	31%	0%
23	Газпром энергохолдинг	5,11	50	0%	0%

Изучение связи структуры собственности и успехов в устойчивом развитии не встречается в литературных источниках, так как нет распространенного инструмента для измерения устойчивого развития. Said et al. [72] выяснили, что компании с государственным участием предоставляют более качественную информацию по показателям корпоративной социальной ответственности, однако их исследование было проведено по малайзийским компаниям, что накладывает ограничение на применимость их результатов. Обратим внимание на работу Sueyoshi и Goto [76], где показано, что государственные компании превосходят международные частные компании в операционной и экологической эффективности. Более широким является спектр работ, которые оценивают связь структуры собственности и успехов в операционной деятельности компаний или финансовой

устойчивости компаний [49; 53; 58]. Однако на основе этих работ однозначно сказать, какая форма собственности лучше, не удается.

Рассмотрим связь между долей государства в акционерном капитале компании и результативностью компании в области устойчивого развития. На рис. 4 точки[1], соответствующие 100%-ной государственной собственности, расположены более компактно (рейтинг 6,54–7,27) по сравнению с точками, соответствующими 100%-ной частной собственности (рейтинг 5,6–7,49). В группе компаний со 100%-ной частной собственностью присутствуют как лидеры рейтинга — «Нижнекамскнефтехим», «Новатэк», «Лукойл», так и аутсайдеры — «Северсталь», СУЭК.

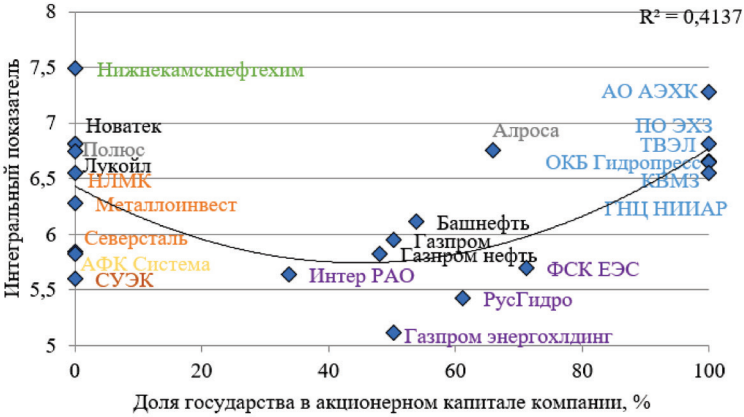


Рис. 4. Зависимость интегрального показателя устойчивого развития от доли государства в акционерном капитале

На рис. 4 линия тренда имеет параболическую форму с минимумом в области смешанной собственности (около 50% доля государства). Однако если отдельно выделить компании с госучастием (доля государства строго больше 0), то наиболее точно передавать зависимость будет линейный тренд (рис. 5). В парной регрессии с константой R^2 составляет 0,62, показатель доли государства является значимым на 1%-ном уровне значимости[2]. Среди компаний со смешанной структурой собственности

[1] Цвет подписи означает принадлежность к определенному виду деятельности: голубой — атомная промышленность, черный — нефтяная и газовая промышленность, зеленый — нефтехимическая промышленность, фиолетовый — энергетика и электроэнергетика, оранжевый — металлургия, серый — добыча драгоценных металлов, коричневый — добыча угля, желтый — диверсифицированный холдинг.

[2] Значимость переменной проверялась дополнительно в эконометрическом пакете при оценке регрессии доли государства на интегральный показатель по выборке компаний с государственным участием.

доля государства в структуре акционерного капитала положительно коррелирует с успешностью в устойчивом развитии.

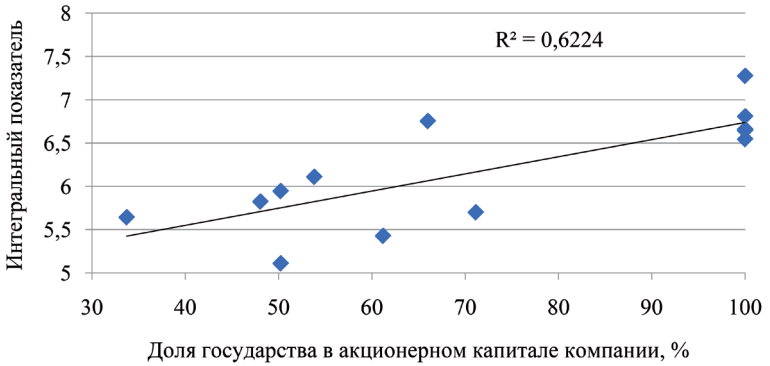


Рис. 5. Зависимость интегрального показателя от доли государства в акционерном капитале в компаниях с государственным участием

Для агрегирования точечной информации была построена гистограмма на рис. 6, показывающая, что среднее значение интегрального показателя среди частных компаний составляет 6,44, среди компаний со смешанной структурой собственности — 5,81, среди государственных компаний — 6,76. Таким образом, группа компаний со смешенной собственностью имеет наименьшее среднее значение рейтингов, группа компаний со 100%-ной государственной собственностью показывает наибольшее среднее значение рейтингов, но превосходит группу компаний со 100%-ной частной собственностью незначительно. Это подтверждает выводы, полученные из анализа точечных графиков.

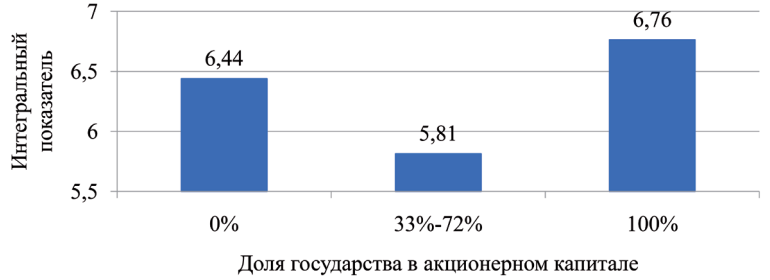


Рис. 6. Зависимость интегрального показателя от доли государства в акционерном капитале по группам

Проведенный анализ показывает, что государство является движущей силой для устойчивого развития компаний. Увеличение доли государства

в акционерном капитале компании положительно влияет на значение интегрального показателя устойчивого развития.

Важно отметить, что компании с госучастием являются стратегическими предприятиями[1], т.е. продукция этих компаний имеет «стратегическое значение для обеспечения обороноспособности и безопасности государства, защиты нравственности, здоровья, прав и законных интересов граждан Российской Федерации» [32. Ст. 190]. Стратегические предприятия отличаются высокими стандартами управления, обеспечивают подбор сильных кадров, что отражается на достижении устойчивого развития. В компаниях со 100%-ной частной собственностью в целом дела обстоят также неплохо, но некоторые собственники делают меньший акцент на показателях устойчивого развития. Наименьшие показатели устойчивого развития демонстрируют компании со смешанной собственностью. Вероятно, конфликт интересов между частным владением и государственным не позволяет выходить на высокие позиции устойчивого развития. Поэтому компании с госучастием могут быть заинтересованы в повышении доли государства в капитале, чтобы сократить конфликт интересов между владельцами компаний и сосредоточиться на разработке стратегии, ориентированной на устойчивое развитие.

Первый уровень принятия решений по стратегическим вопросам, в том числе по внедрению принципов устойчивого развития, — общее собрания акционеров. Акционеры не ведут оперативное управление компанией, поэтому нуждаются в органе, который обеспечивает надзор за наемным менеджментом и помогает ему вырабатывать стратегию [33]. Таким органом является совет директоров, который ответственен за реализацию стратегии развития компании.

Совет директоров формирует стратегию развития компании, а также утверждает документы, связанные с принятием решений в области устойчивого развития. Ранее были перечислены стимулы для включения концепции устойчивого развития в стратегию компании, но решение о том, делать ли это и каким образом, принимают члены совета директоров, оценивая все риски, с которыми имеет дело компания. Стремление к получению прибыли в краткосрочной перспективе может вступать в противоречие с долгосрочным стремлением к устойчивому развитию. Оптимальным является принятие взвешенного решения.

Состав совета директоров, а именно наличие независимых директоров, в том числе независимых директоров-нерезидентов, может влиять на характер принятия решений по внедрению принципов устойчивого развития.

Понятие независимого члена совета директоров сформулировано в письме Банка России от 10.04.2014 № 06-52/2463 «О Кодексе корпора-

[1] Списки стратегических предприятий представлены в Указе Президента РФ от 04.08.2009 № 1009 и распоряжении Правительства РФ от 20.08.2009 № 1226-р.

тивного управления», согласно пункту 2.4.1, «независимым директором рекомендуется признавать лицо, которое обладает достаточными профессионализмом, опытом и самостоятельностью для формирования собственной позиции, способно выносить объективные и добросовестные суждения, независимые от влияния исполнительных органов общества, отдельных групп акционеров или иных заинтересованных сторон». Независимость означает несвязанность «с обществом, его существенным акционером, существенным контрагентом, конкурентом общества или с государством» [33]. Независимость предполагает в том числе отсутствие конфликта интересов с компанией [33]. При этом независимость не означает безразличие к судьбе компании, успешность ведения бизнеса откладывает отпечаток на репутацию членов совета директоров, поэтому независимые директора, заботясь о своей репутации, стремятся принимать объективные и добросовестные решения.

Наличие независимых директоров положительно влияет на привлекательность компании для инвесторов [33]. Обнаружено, что компании с более высокой долей независимых членов совета директоров предоставляют более подробную отчетность в области устойчивого развития [65; 54]. Часть исследований подтверждают положительную связь между долей независимых директоров и результативностью в области устойчивого развития [71; 56]. Однако недавняя работа Naciti [67] показала, что чем выше число независимых директоров, тем ниже результативность в области устойчивого развития. Автор признает контринтуитивность этого вывода, но объясняет его тем, что независимые директора, заботясь о своей репутации, стараются избежать раскрытия недостоверной («приукрашенной») информации и вероятных конфликтов в будущем.

Интерес к доле независимых директоров — нерезидентов в совете директоров вызван тем, что концепция устойчивого развития является международным опытом, который Россия перенимает. Хотелось бы понять, помогают ли иностранные специалисты внедрять международный опыт или российские компании сами способны формировать успешные стратегии.

В научной литературе разнообразие состава совета директоров рассматривается как один из факторов результативности устойчивого развития. Под разнообразием подразумевают гендерную структуру и национальность. Присутствие иностранных директоров связано с более высокой результативностью в области устойчивого развития, это показали в своих исследованиях Zhang et al. [83] и Naciti [67]. При этом в литературе не проводится дифференциация директоров-нерезидентов на зависимых и независимых. Однако в российских условиях можно полагать, что именно сочетание иностранного опыта с независимостью способно дать наилучший результат.

Отметим, что в компаниях со 100%-ной государственной собственностью отсутствуют независимые директора и директора-нерезиденты. Все эти компании (АЭХК, ОКБ «Гидропресс», ГНЦ НИИАР, ТВЭЛ, ПО «ЭХЗ», КВМЗ) одновременно являются компаниями атомной промышленности. Ниже они будут исключены из общей выборки, поскольку в случае этих компаний на вариацию в значениях показателя устойчивого развития не влияют факторы, связанные с наличием в составе совета директоров независимых директоров или директоров-нерезидентов. Остающаяся выборка будет включать в себя 17 компаний.

Исследование связи между составом совета директоров, направляющего и контролирующего усилия менеджмента по решению стратегических задач, и значением интегрального показателя устойчивого развития начнем с построения агрегированных гистограмм, позволяющих сравнивать средние значения интегрального показателя в зависимости от доли независимых директоров и доли независимых директоров-нерезидентов. Гистограмма дает усредненное значение по группам компаний, поэтому для определения границ включения компаний в ту или иную группу обратимся к письму Банка России от 10.04.2014 № 06-52/2463, где было дано определение независимого члена совета директоров. В письме также приводится рекомендация о том, что доля независимых директоров должна составлять не менее одной трети (п. 2.4.3). Поэтому первая группа компаний будет включать компании с долей независимых директоров менее одной трети (7 компаний). Вторая и третья группы сбалансированы по количеству (по 5) компаний. Гистограмма на рис. 7 показывает, что среднее значение интегрального показателя среди компаний с долей независимых директоров менее одной трети (5,94) ниже, чем среднее значение интегрального показателя среди компаний с большей долей (6,46 для диапазона 33–45% и 6,11 для диапазона 45–60%). Поэтому нельзя исключать нелинейный характер влияния доли независимых директоров на результативность устойчивого развития.

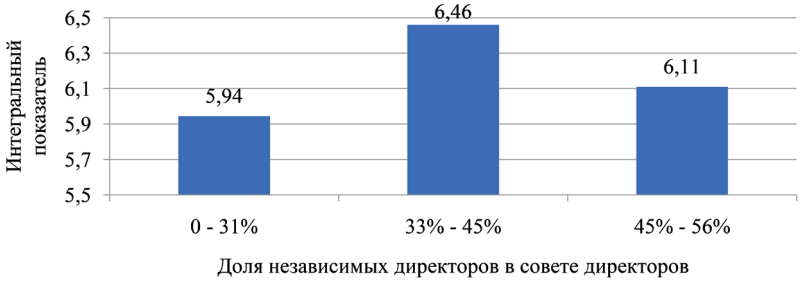


Рис. 7. Зависимость интегрального показателя от доли независимых директоров по группам

Составим аналогичную гистограмму для доли независимых директоров — нерезидентов. Диапазоны для построения гистограмм на рис. 6 и 7 различаются, так как средняя доля независимых директоров — нерезидентов (17%) ниже средней доли независимых директоров (34%). В первую группу (0% независимых директоров — нерезидентов) вошло 5 пять компаний, во вторую (9–30%) и третью группу (30–45%) — по 6 шесть компаний. Гистограмма на рис. 8 показывает, что зависимость интегрального показателя от доли независимых нерезидентов носит нелинейный характер, т.е. увеличение исследуемой доли оказывает положительный эффект только до некоторого оптимального уровня доли независимых директоров — нерезидентов.

Рис. 8. Зависимость интегрального показателя от доли независимых директоров — нерезидентов в совете директоров

От наглядного представления информации перейдем к оценке соответствующих регрессий, которые позволят более точно показать связь между структурой собственности и управления и устойчивостью развития компании. В построенных эконометрических моделях (табл. 11) в качестве зависимой переменной используется интегральный показатель устойчивого развития, а в качестве независимых переменных — доля государства в акционерном капитале, доля независимых директоров и доля независимых директоров — нерезидентов. Хотя выводы о взаимосвязи с долей государства в капитале уже сделаны, показатель добавлен в регрессию для более аккуратной оценки. Показатели доли независимых директоров и доли независимых директоров — нерезидентов коррелируют между собой, эти показатели будут рассмотрены в различных спецификациях.

Таблица 11

Оценка воздействия факторов корпоративного управления на интегральный показатель устойчивого развития

	Зависимая переменная: интегральный показатель устойчивого развития			
	Модель (1)	Модель (2)	Модель (3)	Модель (4)
	МНК	МНК	МНК	МНК
Доля государства в акционерном капитале	4,66 *** (1,09)	8,11 *** (1,15)	1,29 (3,14)	7,18 *** (1,52)
Доля независимых директоров в СД	12,78 *** (1,1)		31,24 ** (11,58)	
Квадрат доли независимых директоров			-38,02 (22,47)	
Доля независимых нерезидентов в СД		18,18 *** (2,03)		38,22 *** (9,89)
Квадрат доли независимых нерезидентов				-58,77 ** (27,48)
Число наблюдений	17	17	17	17
R-squared	0,89	0,83	0,92	0,86

Примечание: *** – 1%-ный уровень значимости; ** – 5%-ный уровень значимости; * – 10%-ный уровень значимости. Применяются робастные стандартные ошибки.
СД – совет директоров. Выборка не включает компании с 100%-ным государственным капиталом.

Модели (1) и (2) подтвердили положительное влияние доли независимых директоров и доли независимых директоров — нерезидентов в совете директоров на показатель устойчивого развития.

Поскольку гистограммы на рис. 6 и 7 отражают нелинейную зависимость, постольку дополнительно были построены спецификации, включающие квадраты показателей состава совета директоров. Модель (3) не подтвердила значимость нелинейной зависимости для доли независимых директоров. Модель (4) указывает на нелинейную зависимость для доли независимых директоров — нерезидентов, увеличение этой доли до порогового уровня в 32,5%[1] положительно влияет на интегральный показатель устойчивого развития, дальнейшее увеличение снижает показатель устойчивого развития.

Таким образом, среди компаний с долей частного акционерного капитала в среднем более успешны те, которые приглашают в совет директоров независимых членов: увеличение доли независимых членов совета директоров положительно влияет на показатель устойчивого развития. При этом увеличение доли независимых директоров — нерезидентов до 32,5% положительно влияет на показатель устойчивого развития. Компаниям с частным акционерным капиталом выгодно приглашать независимых директоров, объективные суждения которых позволяют ориенти-

[1] Значение рассчитано как абсцисса вершины параболы.

роваться на достижение принципов устойчивого развития. Однако доля иностранных независимых директоров не должна превышать одной трети от общей численности совета директоров[1].

Список литературы

1. *Айвазян С. А., Степанов В. С., Козлова М. И.* Измерение синтетических категорий качества жизни населения региона и выявление ключевых направлений совершенствования социально-экономической политики (на примере Самарской области и ее муниципальных образований) // Прикладная эконометрика. 2006. № 2.
2. *Айвазян А. С., Мхитарян В. С.* Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: Юнити, 1998.
3. *Алескеров Ф. Т., Писляков В. В., Субочев А. Н.* Построение рейтингов журналов по экономике с помощью методов теории коллективного выбора //Препринт WP7. 2013. № 3.
4. *Алескеров Ф. Т., Якуба В. И.* Метод порогового агрегирования трехградационных ранжировок // Доклады академии наук. 2007. Т. 413. № 2.
5. *Алескеров Ф. Т.* и др. Оценка вклада научных работников методом порогового агрегирования // Управление большими системами: сборник трудов. 2013. № 44.
6. Аналитический обзор корпоративных нефинансовых отчетов: 2015–2016 годы выпуска. Феоктистова Е. Н., Аленичева Л. В., Долгих Е. И., Копылова Г. А., Озерянская М. Н., Хонякова Н. В. . М.: РСПП, 2017 [Электронный ресурс]. URL: http://рспп.рф/document/1/7/4/743222fc4c6650093518c635d0e8ecdd.pdf
7. Барометр устойчивой трансформации бизнеса. 2019 [Электронный ресурс]. URL: https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/10/ru-ru-barometer-of-sustainable-business-transformation-effie-russia-and-kpmg-joint-study.pdf
8. *Басова М. М.* Роль стратегического баланса экономических, экологических и социальных аспектов устойчивого развития ПАО «ФСК ЕЭС» // Стратегии бизнеса. 2018. № 1 (45).
9. *Бородина Д. Р.* и др. Образование в цифрах: 2017: краткий статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ, 2017.
10. *Брундтланд Г. Х.* Наше общее будущее: доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию. М.: Прогресс, 1989.
11. *Бурцева Е. И., Потравный И. М., Гассий В. В.* и др. Экономика традиционного природопользования: взаимодействие коренных народов Севера и бизнеса в российской Арктике / под общ. ред. Е. И. Бурцевой, И. М. Потравного. М.: Экономика, 2019. 319 с.
12. *Ван Хорн Д. К., Вахович Д. М.* Основы финансового менеджмента. М.: Вильямс, 2008.

[1] Важно сделать оговорку о том, что данные выводы получены по небольшому объему выборки, поэтому более аккуратный вывод о наличии оптимальных значений долей независимых директоров или директоров-нерезидентов — вопрос дальнейшего более крупного исследования.

13. Говорит ли ваша отчетность с инвесторами на одном языке, 2018 [Электронный ресурс]. URL: http://media.rspp.ru/document/1/0/c/0cfbc654d9c82c8f0f64f5eb2373375a.pdf
14. *Ениколопов Р. С.* Бизнес вместо государства // Ведомости. 2019. № 203.
15. ESG факторы в инвестировании. 2019 [Электронный ресурс]. URL: https://www.pwc.ru/ru/sustainability/assets/pwc-responsible-investment.pdf
16. *Кондратенко Т., Титов А.* Премия за экологическую ответственность // Алгоритм успеха. 2016. № 2(19).
17. Индексы РСПП в сфере устойчивого развития, корпоративной ответственности и отчетности — 2017 [Электронный ресурс]. URL: http://media.rspp.ru/document/1/4/7/47655a38f9c7740514c3eab59958cee1.pdf
18. *Кендалл М., Четыркин Е. М., Энтов Р. М.* Ранговые корреляции. М.: Статистика, 1975.
19. *Кендюхов А. В., Толкачев Д. О.* Использование метода главных компонент для оценки конкурентоспособности машиностроительных предприятий, 2013.
20. Комплекс индексов корпоративной социальной ответственности и отчетности, 2015 [Электронный ресурс]. URL: http://рспп.рф/document/1/8/7/ 877d17fdb3ddfa872d510e30b47d22f1.pdf
21. *Косниковская А.* Еще один год: чем запомнился 2019 сотрудникам Greenpeace в России? 28.12.2019 [Электронный ресурс]. URL: https://greenpeace.ru/blogs/2019/12/28/2019-itogi-goda/
22. *Лисситса А., Бабичева Т.* Анализ оболочки данных (DEA). Современная методика определения эффективности производства // Halle: Institute of agricultural development of central and Eastern Europe, 2003.
23. *Недосекин С. В., Иванов М. А.* Финансовое состояние предприятия: сущность и организация в современных условиях // Вестник РГАЗУ. 2011. Т. 1.
24. Отражение ответственной деловой практики в индексах устойчивого развития: результаты проектов Российского союза промышленников и предпринимателей и Московской биржи, 2019. [Электронный ресурс]. URL: http://рспп.рф/document/1/c/d/cd6b14df00e7a18fa2cfbf78d1486bb9.pdf
25. Постановление Правительства РФ от 11.12.2014 № 1352 «Об особенностях участия субъектов малого и среднего предпринимательства в закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/70819336/
26. Ренкинг устойчивого развития — 100 [Электронный ресурс]. URL: https://expert.ru/ratings/renking-ustojchivogo-razvitiya---100/ (дата обращения: 22.12.2019).
27. РСПП. Методика составления индексов корпоративной устойчивости, ответственности и открытости (индексы РСПП по устойчивому развитию) — 2017 [Электронный ресурс]. URL: http://media.rspp.ru/document/1/6/2/62e113ba0784960448301f2e31d2c773.pdf (дата обращения: 18.03.2019)
28. Руководство по отчетности в области устойчивого развития G4, 2013 [Электронный ресурс]. URL: http://media.rspp.ru/document/1/e/6/e6aef2d23c03d8181b6230003f977361.pdf
29. *Рябова И., Кувшинова О.* Природный капитал и «зеленая» политика — ECONS. ONLINE 17.12.2019. URL: https://econs.online/articles/details/prirodnyy-kapital-i-zelenaya-politika/ (дата обращения: 02.01.2020).

30. Соблюдение прав человека в бизнесе: точка зрения руководителей. 2016 [Электронный ресурс]. URL: https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2017/08/ru-ru-human-rights-survey.pdf
31. Указ Президента России от 01.04.1996 г. № 440 «О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» (1996) [Электронный ресурс]. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/9120
32. Федеральный закон «О несостоятельности (банкротстве)» от 26.10.2002 № 127-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_39331/
33. *Филатов А.* Совет директоров: инструкция по применению. М.: Альпина Паблишер, 2016.
34. *Фомин К., Сакирко Е.* Пожар в Коми снова сойдет нефтяникам с рук? 14.01.2020 [Электронный ресурс]. URL: https://greenpeace.ru/blogs/2020/01/14/pozhar-v-komi-snova-sojdjot-neftjanikam-s-ruk/
35. *Ховавко И. Ю.* Экологическое регулирование в Российской Федерации: учебное пособие. М.: Экономический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, 2017.
36. *Шадрин А.* Выбросы превращаются, 19 мая 2016 [Электронный ресурс]. URL: http://climaterussia.ru/politika-i-finansy/vybrosy-prevraschayutsya
37. *Шеффи Й.* Достижение баланса. Прагматический взгляд на экологическую ответственность бизнеса. М.: Дело, 2020.
38. Электрическая и тепловая энергия. Справочное пособие для непрофессионалов / под ред. А. Кокорина. 2013 [Электронный ресурс]. URL: https://wwf.ru/upload/iblock/3c7/teplovaya_energiya_spravochnoe_posobie_dlya_npo.pdf
39. Cone Communications/Echo Global CSR Study PDF — Cone Communications, 2013 [Электронный ресурс]. URL: https://www.conecomm.com/2013-cone-communicationsecho-global-csr-study-pdf
40. *Aleskerov F. T., Chistyakov V., Kalyagin V.* Multiple criteria threshold decision making algorithms // SSRN 1680157. 2010a.
41. *Aleskerov F. T., Chistyakov V. V., Kalyagin V. A.* Social threshold aggregations // Social Choice and Welfare. 2010b. V. 35. № 4.
42. *Aleskerov F. T.* et al. Ranking Journals in Sociology, Education, and Public Administration by Social Choice Theory Methods // Recent Advances in Game Theory and Applications. Birkhäuser, Cham, 2016.
43. *Armeanu D.* et al. Application of the model of principal components analysis on Romanian insurance market // Theoretical and Applied Economics. 2008. V. 6. № 6.
44. *Arribas I.* et al. The inclusion of socially irresponsible companies in sustainable stock indices // Sustainability. 2019. V. 11. № 7.
45. *Cetin M. K., Cetin E. I.* Multi-criteria analysis of banks' performances // International Journal of Economics and Finance Studies. 2010. V. 2. № 2.
46. *Chistyakov V. V.* On the superposition of the Borda and threshold preference orders for three-graded rankings // Procedia Computer Science. 2014. V. 31.
47. Consumer Interest in Green Products Expands Across Categories, 2011 [Электронный ресурс]. URL: https://www.prnewswire.com/news-releases/consumer-interest-in-green-products-expands-across-categories-123473189.html

48. *Doukas H.* et al. Assessing energy sustainability of rural communities using Principal Component Analysis // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2012. V. 16. № 4.
49. *Eller S. L., Hartley P. R., Medlock K. B.* Empirical evidence on the operational efficiency of National Oil Companies // Empirical Economics. 2011. V. 40. № 3.
50. *Giese G.* et al. Foundations of ESG Investing: How ESG Affects Equity Valuation, Risk, and Performance // The Journal of Portfolio Management. 2019. V. 45. № 5.
51. *Gimenez C., Sierra V., Rodon J.* Sustainable operations: Their impact on the triple bottom line // International Journal of Production Economics. 2012. V. 140. № 1.
52. *Hansmann R., Mieg H. A., Frischknecht P.* Principal sustainability components: empirical analysis of synergies between the three pillars of sustainability // International Journal of Sustainable Development & World Ecology. 2012. V. 19. № 5.
53. *Hartley, P. R., Medlock III, K. B.* Changes in the operational efficiency of national oil companies // Energy. 2013. V. 34.
54. *Herda D. N., Taylor M. E., Winterbotham G.* The effect of country-level investor protection on the voluntary assurance of sustainability reports // Journal of International Financial Management & Accounting. 2014. V. 25. № 2.
55. *Hoejmose S. U., Roehrich J. K., Grosvold J.* Is doing more doing better? The relationship between responsible supply chain management and corporate reputation // Industrial Marketing Management. 2014. V. 43. № 1.
56. *Hussain N., Rigoni U., Orij R. P.* Corporate governance and sustainability performance: Analysis of triple bottom line performance // Journal of Business Ethics. 2018. V. 149. № 2.
57. *Jankalová M., Jankal R.* The assessment of corporate social responsibility: approaches analysis, 2017.
58. *Karminsky A., Rybalka A.* An analysis of links between the ownership structure and financial stability: case of Russian companies // Procedia Computer Science. 2019. V. 162.
59. *Kasparian J., Rolland A.* OECD's 'Better Life Index': can any country be well ranked? // Journal of Applied Statistics. 2012. V. 39. № 10.
60. *Kokoska S., Zwillinger D.* CRC standard probability and statistics tables and formulae. — Crc Press, 2000. [Электронный ресурс]. URL: http://tomlr.free.fr/Math%E9matiques/Math%20Complete/Probability%20and%20statistics/CRC%20%20standard%20probability%20and%20Statistics%20tables%20and%20formulae%20-%20DANIEL%20ZWILLINGER.pdf
61. *Krajnc D., Glavič P.* A model for integrated assessment of sustainable development // Resources, Conservation and Recycling. 2005. V. 43. № 2.
62. *Krechovská M., Procházková P. T.* Sustainability and its integration into corporate governance focusing on corporate performance management and reporting // Procedia Engineering. 2014. V. 69.
63. *Melecký E. P. L.* Weighting methods for constructing composite indices in regional development. 2017.
64. *Meyer P., Ponthière G.* Eliciting preferences on multiattribute societies with a Choquet integral // Computational economics. 2011. V. 37. № 2.
65. *Michelon G., Parbonetti A.* The effect of corporate governance on sustainability disclosure // Journal of management & governance. 2012. V. 16. № 3.

66. *Moghassem A. R.* Comparison among two analytical methods of multi-criteria decision making for appropriate spinning condition selection // World Applied Sciences Journal. 2013. V. 21. № 5.
67. *Naciti V.* Corporate governance and board of directors: The effect of a board composition on firm sustainability performance // Journal of Cleaner Production. 2019. V. 237.
68. *O'Marah K.* Supply chain leaders must own sustainability, 27.02.2015 [Электронный ресурс]. URL: https://www.scmworld.com/supply-chain-leaders-must-own-sustainability/
69. *Ou Y. C.* Using a hybrid decision-making model to evaluate the sustainable development performance of high-tech listed companies //Journal of Business Economics and Management. 2016. V. 17. № 3.
70. *Pohl E.* Towards Corporate Sustainable Development: The ITT Flygt Sustainability Index. Institutionen för Samhällsteknik, 2006.
71. *Prado-Lorenzo J. M., Garcia-Sanchez I. M.* The role of the board of directors in disseminating relevant information on greenhouse gases // Journal of business ethics. 2010. V. 97. № 3.
72. *Said R., Zainuddin Y. H., Haron H.* The relationship between corporate social responsibility disclosure and corporate governance characteristics in Malaysian public listed companies // Social Responsibility Journal. 2009.
73. *Saltelli A., Munda G., Nardo M.* From complexity to multidimensionality: The role of composite indicators for advocacy of EU reform // Tijdschrift voor Economie en Management. 2006. V. 51. № 3.
74. *Singh R. K.* et al. An overview of sustainability assessment methodologies // Ecological indicators. 2012. V. 15. № 1.
75. *Subochev A., Zakhlebin I.* Alternative versions of the global competitive industrial performance ranking constructed by methods from social choice theory // arXiv preprint arXiv:1607.02421. 2016.
76. *Sueyoshi T., Goto M.* Data envelopment analysis for environmental assessment: Comparison between public and private ownership in petroleum industry // European journal of operational research. 2012. V. 216. № 3.
77. *Sueyoshi T., Wang D.* Sustainability development for supply chain management in US petroleum industry by DEA environmental assessment // Energy Economics. 2014. V. 46.
78. Sustainable Growth Management Agency. Рейтинг Устойчивого Развития городов РФ за 2017 год. 2017 г., выпуск №6. [Электронный ресурс]. URL: http://www.agencysgm.com/projects/Брошюра2017.pdf
79. *Thore S., Tarverdyan R.* The sustainable competitiveness of nations // Technological Forecasting and Social Change. 2016. V. 106.
80. *Verenikin A., Verenikina A.* An application of principal component analysis to international comparison of economic activities // The 12th International Days of Statistics and Economics. Conference Proceedings. Ed. by: Tomáš Löster, Tomáš Pavelka. — Libuše Macáková, Melandrium Prague, 2018.
81. *Verenikin A. O., Makhankova N. A., Finley J. T., Verenikina A. Y.* Evaluation of sustainable development of Russian largest companies // Proceedings of 2020 9th International Conference on Industrial Technology and Management, ICITM

2020. — Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc Oxford, UK, 2020. P. 37–42. DOI 10.1109/ICITM48982.2020

82. *Yang C. C., Ou S. L., Hsu L. C.* A Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Model for Evaluating Companies' Green Credit Rating // Sustainability. 2019. V. 11. № 6.
83. *Zhang J. Q., Zhu H., Ding H.* Board composition and corporate social responsibility: An empirical investigation in the post Sarbanes-Oxley era // Journal of business ethics. 2013. V. 114. № 3.
84. *Zhivkova S.* The Companies' Behavior in the Context of Sustainable Development // Economic Alternatives. 2019. № 2.

3.2. СКЛОННОСТЬ К ОППОРТУНИЗМУ НЕФТЯНЫХ КОМПАНИЙ В ВОПРОСАХ БЕЗОПАСНОСТИ

Ларина Е. И., Юрявичуте А.[1]

Введение

Россия является одной из крупнейших стран по добыче и переработке нефти: по оценкам, добыча сырой нефти в 2018 г. составила 10,53 млн баррелей в сутки. Россию опережают только США с объемом добычи 10,96 млн баррелей в сутки[2]. Добыча нефти связана с угрозами безопасности экологического, производственного, травматического характера. Аварии в нефтяной промышленности — частое явление. Кроме того, с ростом объемов добычи и реализации нефти их число увеличивается. Известным примером нефтяной экологической катастрофы является разлив нефти, произошедший в Усинском районе Республики Коми у компании ПАО «Коминефть» в 1994 г. По оценкам компании, в результате появления свищей в нефтепроводе в водостоки попало 14 т нефти. Авария на нефтяном производстве повлияла как на окружающую среду, причинив вред животным, так и на здоровье людей, поскольку загрязненная вода попала в дома. Компания понесла большие убытки по восстановлению нефтепровода и ликвидации последствий аварии. Другая значимая для окружающей среды авария произошла в Новороссийском порту в конце XX в. Из-за сильной мощности подачи нефти труба лопнула, не выдержав давления. В Черное море попало более 400 т нефти [1]. 6 декабря на конференции «Промышленная безопасность и охрана труда на предприятиях нефтегазового комплекса» было отмечено, что за 2019 г. произошло 37 аварий в нефтегазовом секторе. Некоторые несчастные случаи, произошедшие в результате аварий, заканчивались смертью рабочих. Всего за 2019 г. экономический ущерб по причине аварий превысил 1,4 млрд руб.[3]

---

[1] Подготовлено под научным руководством О. В. Кудрявцевой. Опубликовано в: *Ларина Е. И., Юрявичуте А.* Склонность к оппортунизму нефтяных компаний в вопросах безопасности // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2020. № 12(1). С. 37–50.

[2] URL: https://asb.opec.org/index.php/data-download

[3] URL: https://dprom.online/oilngas/v-2019-ushherb-ot-avarij-na-neftegazovyh-obektah-prevysil-1-4-mlrd-rublej/

Существует множество факторов, которые могут стать причиной разлива нефти. Чаще всего разлив происходит из-за коррозии труб. В результате разлива нефть попадает в окружающую среду, образуя пленку, не пропускающую солнечные лучи и кислород[1]. Это приводит к гибели обитателей морского дна и берега, а в долгосрочном периоде может привести к сбою в экосистемах. Качество питьевой воды, которую употребляют люди, существенно упадет, если загрязненная вода попадет в трубопроводы и смешается с чистой. Загрязненную воду люди будут использовать в сельскохозяйственных целях — для полива растений и для корма животных, что негативно скажется на их состоянии. С едой загрязнения попадут в организм человека.

Для обеспечения безопасной для окружающей среды работы нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий государство установило федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. В правилах установлены требования к компаниям и работникам этих компаний в отношении организации и осуществления их деятельности.

Нефтяным компаниям, как и всем экономическим субъектам, присуща склонность к оппортунизму, в том числе в вопросе соблюдения правил безопасности на предприятии. Эта тема не является хорошо изученной, однако, по нашему мнению, заслуживает внимания.

С целью проверки исправности соблюдения компаниями правил безопасности государство приняло Федеральный закон от 26.12.2008 № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля»[2]. Закон утверждает необходимость проведения плановых проверок всех организаций не чаще чем один раз в три года. Основанием для внеплановой проверки государственными органами нефтяных производств является, во-первых, информация об угрозе причинения вреда или чрезвычайных ситуаций, во-вторых, факт причинения вреда, в-третьих, окончание срока предписания об исправлении нарушений правил, в-четвертых, приказ руководителя Ростехнадзора.

В данном параграфе моделируется ситуация, когда вероятности проверки нефтяных компаний различны. Одна компания ожидает плановую проверку, и вероятность внеплановой проверки невелика по сравнению с другой компанией, которую могут проверить внепланово на основании приведенных выше причин. Цель анализа — выявить, от чего зависит поведение компаний в отношении правил безопасности в моделируемой игре, и понять, есть ли различие в их стратегиях.

---

[1] URL: https://ria.ru/20090605/173349317.html

[2] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_83079/

Параграф состоит из нескольких частей. В первой части приводится обзор статей, описывающих схожую проблематику. Вторая часть содержит решение игры, в которой игроками являются две нефтяные компании, определяющие, какую выбрать стратегию в отношении соблюдения правил безопасности на предприятии. Третья часть обобщает полученные результаты.

Обзор литературы

Исследования, которые уместно обозреть в контексте темы оппортунизма нефтяных компаний, касаются проблемы оппортунизма на предприятиях, статистики возникновения последствий оппортунизма в вопросах безопасности, их воздействия на окружающую среду, а также необходимости контроля государства.

Т. Цуй и Е. Н. Кузнецов [2] отмечают, что оппортунизм можно регулировать с помощью системы контроля и наказаний или мотивирования работников. Основным субъектом предотвращения оппортунизма является кадровая служба предприятия. Причиной оппортунистического поведения авторы называют неполноту договоров. Мы считаем, что причиной также является недостаток контроля и неправильно выстроенная система наказаний и стимулов.

Авторы статьи May Cheug и Jun Zhuang [6] «Regulation games between government and competing companies: oil spills and other disasters» исследуют зависимость между конкуренцией на рынке и соблюдением нефтяными компаниями правил безопасности. Определяются оптимальные смешанные стратегии компаний и государства. В результате анализа делается вывод, что усиление конкуренции увеличивает склонность компаний к риску и несоблюдению правил безопасности, соответственно требуется более строгий контроль государства. В статье используется предпосылка о равных вероятностях проверки обеих компаний. Мы продолжили анализ авторов, введя предпосылку о различии вероятностей проверки конкурирующих компаний.

Теоретико-игровой подход используют Yang, M et al. [7] в исследовании способов разрешения конфликтов, возникающих между заинтересованными группами в процессе принятия экологических решений. Регулирующие органы являются одним из игроков моделируемой игры. Они заинтересованы в исполнении компанией нормативных требований по безопасности. Другие игроки — это управляющие, ориентированные на сокращение издержек, а также инженеры, которые следят за технической реализуемостью решений. Авторы предлагают подход к принятию наиболее оптимальных решений в области экологического менеджмента с учетом интересов всех групп.

Краснов, Садыкова, Пережогин и др. [3] в своей статье приводят статистику произошедших аварий на нефтеперерабатывающих и нефтехимических производствах. Авторы отмечают, что из-за быстрого роста количества нефтяных предприятий во второй половине XX в. в этой отрасли начало происходить огромное количество аварий. В частности, с 2007 по 2016 г. случилось более 100 аварий, сопровождающихся большим количеством смертельных случаев. Авторы приходят к выводам, что чаще всего аварийные ситуации происходят из-за пренебрежения правилами безопасности. Это в очередной раз подтверждает актуальность проблемы контроля предприятий на предмет соблюдения правил безопасности.

Как уже было отмечено ранее, аварии на нефтеперерабатывающих производствах оказывают огромное влияние на окружающую среду. Привалова, Двадненко, Некрасова и др. [4] описывают процесс взаимодействия нефти с различными компонентами экосистемы при ее разливе. Так же как и Краснов, Садыкова, Пережогин и др. [3], авторы отмечают, что с развитием нефтяной промышленности увеличивается число аварий, и предсказывают ухудшение экологической ситуации.

На основе приведенных исследований можно сделать однозначный вывод о том, что попадание нефти в окружающую среду является серьезной и актуальной проблемой. Развитие нефтяной промышленности несет в себе потенциальную угрозу экологии и соответственно состоянию здоровья людей. Для обеспечения соблюдения компаниями правил безопасности государство должно строго контролировать деятельность компании, проводя плановые и внеплановые проверки.

Анализ

Игра описывает конкурентный рынок, на котором представлены две нефтяные компании. Государство предписывает компаниям следовать правилам безопасности. Государственная организация, отвечающая за проведение проверок, принимает решение о проверке компаний. Вероятность проверки одной из компаний выше, чем другой, по одной из причин, описанных во введении. Предположим, что первая компания была ранее замечена за неисполнением правил и получила предписание исправить нарушения. Компании независимо друг от друга решают, соблюдать им правила безопасности или уклоняться от соблюдения.

Обозначения, используемые в дальнейшем анализе, частично совпадают с обозначениями статьи May Cheung и Jun Zhuang [6]. Такое решение было принято с целью упрощения сопоставления.

Используемые в модели обозначения:

G — государство;

Y — компания, вероятность проверки исполнения правил безопасности которой выше;

Z — компания, вероятность проверки исполнения правил безопасности которой ниже;

g — вероятность того, что государство проверит компанию Z;

h — вероятность проверки компании Y;

y — вероятность соблюдения правил безопасности компанией Y;

z — вероятность соблюдения правил безопасности компанией Z;

p — вероятность аварии;

c_1 — затраты компаний на соблюдение правил безопасности;

c_2 — затраты в связи приостановлением нормальной работы отделов при выявлении государством несоблюдения правил безопасности;

c_3 — затраты компании при разливе нефти (ликвидация последствий аварии, простои);

k — государственные затраты на проведение проверки;

r_0 — выручка одной компании при снижении конкурентноспособности другой из-за аварии;

r_1 — выручка компаний при обоюдном соблюдении правил безопасности;

r_2 — выручка компании, которая не соблюдает правила безопасности (компания-конкурент соблюдает правила безопасности);

r_3 — выручка компании, которая соблюдает правила безопасности (компания-конкурент не соблюдает правила безопасности);

r_4 — выручка компаний при обоюдном несоблюдении правил безопасности.

Предполагается, что компаниям известна вероятность аварии p. Компании идентичны по всем параметрам, кроме наличия повода для внеплановой проверки для одной из них (компания Z). Компании имеют одинаковую склонность к риску и ненулевую мотивацию рисковать. Они стремятся к максимизации прибыли. Соотношения между издержками и между выручкой таковы: $c_2 > c_1 > pc_3 > 0$, $r_0 > r_2 > r_1 > r_4 > r_3$. Они логически вытекают из смысла, заключенного в данных обозначениях.

Для проведения анализа удобно построить дерево вероятностей (рис. 1). Ветви дерева характеризуют стратегии поведения, принимаемые участниками. Участники стремятся выбрать стратегию, максимизирующую их прибыль, равную значению выражения $r_i - c_i$, где i — номер игрока ($i = 1, 2$). При этом компании учитывают вероятность потенциальной проверки и вариацию стратегий компании-конкурента.

В модели первый ход всегда выполняет государство, принимая решение о проверке. У государства есть четыре возможные стратегии:

1) внепланово проверить обе компании;
2) внепланово проверить компанию Z, но не проверить Y;

3) внепланово проверить компанию *Y*, но не проверить компанию *Z*;
4) не проводить внеплановую проверку в обеих компаниях.

Вероятности каждого из данных исходов указаны на ветках дерева. После хода государства компании одновременно и независимо принимают решение соблюдать или не соблюдать правила безопасности. Вероятности исходов также указаны на ветках. От стратегий компаний зависит, какую выручку получат компании — r_1, r_2, r_3 или r_4, какие издержки они могут понести — c_1, c_2, c_3 или c_4. Выигрыши государства, компании *Y* и компании *Z* для каждого из возможных исходов указаны под рисунком и обозначены на рисунке цифрами от 1 до 16, поскольку существует всего 4*2*2 возможных исхода. Пунктиром обозначены информационные множества.

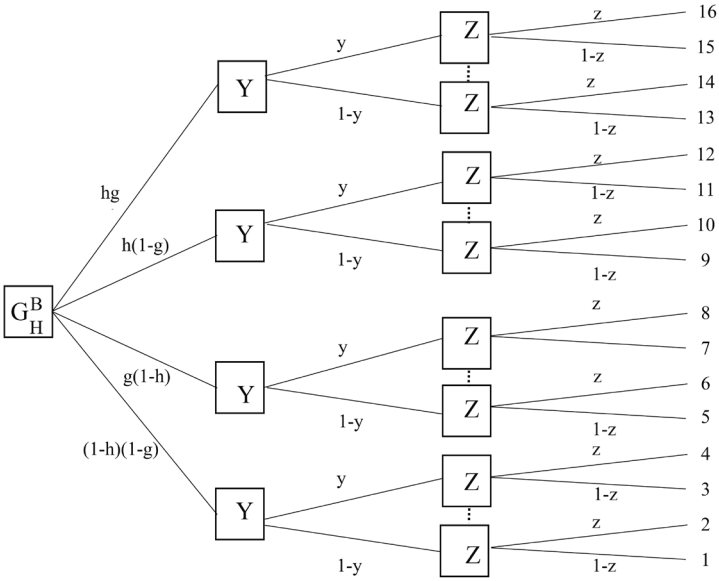


Рис. 1. Дерево вероятностей для двух конкурирующих компаний

Выигрыши государства, компании *Y* и компании *Z*:

1 $(2pc_3, r_4 - pc_3, r_4 - pc_3)$
2 $(pc_3, r_2 - pc_3, r_3 - c_1)$
3 $(pc_3, r_3 - c_1, r_2 - pc_3)$
4 $(0, r_1 - c_1, r_1 - c_1)$
5 $(pc_3 + k, r_0 - pc_3, -c_2)$
6 $(pc_3 + k, r_2 - pc_3, r_3 - c_1)$
7 $(k, r_0 - c_1, -c_2)$
8 $(k, r_1 - c_1, r_1 - c_1)$
9 $(pc_3 + k, -c_2, r_0 - pc_3)$
10 $(k, -c_2, r_0 - c_1)$
11 $(pc_3 + k, r_3 - c_1, r_2 - pc_3)$
12 $(k, r_1 - c_1, r_1 - c_1)$
13 $(2k, -c_2, -c_2)$
14 $(2k, -c_2, r_0 - c_1)$
15 $(2k, r_0 - c_1, -c_2)$
16 $(2k, r_1 - c_1, r_1 - c_1)$

Компании решают игру, определяя свои оптимальные смешанные стратегии. Далее мы находим оптимальные стратегии для всех трех участников анализа: компании *Y*, компании *Z* и государства.

Первый этап — определение интервала, в котором заключена вероятность проведения проверки государством при всех стратегиях, которые могут быть выбраны компаниями. Неравенства далее решаются относительно *h*, поскольку для упрощения анализа вводится предпосылка о постоянном значении *g*. Вероятность проведения проверки компании *Z* можно считать постоянной и равной вероятности проведения плановой проверки. Вероятность проверки *Y* не определена из-за возможности внеплановой проверки.

1.1. Чтобы стратегия не соблюдать правила безопасности была выгодна для обеих компаний и являлась равновесием по Нэшу, выигрыш от несоблюдения должен быть больше, чем от соблюдения. То есть сумма взвешенных по вероятностям исходов 1, 5, 9, 13 должна быть больше, чем исходов 3, 7, 11, 15 для *Y* (неравенство для *Z* получается тождественным):

$$\begin{aligned}(1-h)\times(1-g)\times(r_4-pc_3)+(1-h)\times g\times(r_0-pc_3)+\\ +h\times(1-g)\times(-c_2)+h\times g\times(-c_2)>(1-h)\times(1-g)\times(r_3-c_1)+\\ +(1-h)\times g\times(r_0-c_1)+h\times(1-g)\times(r_3-c_1)+h\times g\times(r_0-c_1).\end{aligned} \quad (1)$$

Решая неравенство (1), получаем:

$$h<\frac{g\times(r_3-r_4)+r_4-pc_3-r_3+c_1}{g\times(r_0-r_4)+r_4-pc_3+c_2}. \quad (1.1)$$

Обозначим правую часть неравенства за h_2:

$$\frac{g\times(r_3-r_4)+r_4-pc_3-r_3+c_1}{g\times(r_0-r_4)+r_4-pc_3+c_2}\equiv h_2. \quad (1.2)$$

1.2. Чтобы стратегия соблюдать правила безопасности была выгодна для обеих компаний и являлась равновесием по Нэшу, выигрыш от соблюдения должен быть больше, чем от несоблюдения. То есть сумма взвешенных по вероятностям исходов 4, 8, 12, 16 должна быть больше, чем исходов 3, 7, 11, 15 для *Y* (неравенство для *Z* получается тождественным):

$$\begin{aligned}(1-h)\times(1-g)\times(r_1-c_1)+(1-h)\times g\times(r_1-c_1)+\\ +h\times(1-g)\times(r_1-c_1)+h\times g\times(r_1-c_1)>\\ >(1-h)\times(1-g)\times(r_2-pc_3)+(1-h)\times g\times(r_2-pc_3)+\\ +h\times(1-g)\times(-c_2)+h\times g\times(-c_2).\end{aligned} \quad (2)$$

Отсюда:

$$h > \frac{c_1 - r_1}{r_2 + c_2 - pc_3}. \tag{2.1}$$

Обозначим правую часть неравенства за h_3:

$$\frac{c_1 - r_1}{r_2 + c_2 - pc_3} \equiv h_3. \tag{2.2}$$

1.3. Чтобы стратегия (соблюдать, не соблюдать) или (не соблюдать, соблюдать) являлась равновесием по Нэшу, должна выполняться система неравенств, обратных (1) и (2):

$$\begin{gathered}(1-h)\times(1-g)\times(r_4 - pc_3) + (1-h)\times g\times(r_0 - pc_3) + h\times(1-g)\times(-c_2) + \\ + h\times g\times(-c_2) \le (1-h)\times(1-g)\times(r_3 - c_1) + (1-h)\times g\times(r_0 - c_1) + \\ + h\times(1-g)\times(r_3 - c_1) + h\times g\times(r_0 - c_1)\end{gathered} \tag{3}$$

и

$$\begin{gathered}(1-h)\times(1-g)\times(r_1 - c_1) + (1-h)\times g\times(r_1 - c_1) + \\ + h\times(1-g)\times(r_1 - c_1) + h\times g\times(r_1 - c_1) \le (1-h)\times(1-g)\times(r_2 - pc_3) + \\ + (1-h)\times g\times(r_2 - pc_3) + h\times(1-g)\times(-c_2) + h\times g\times(-c_2).\end{gathered} \tag{4}$$

Получаем:

$$h \le \frac{c_1 - r_1}{r_2 + c_2 - pc_3} \tag{3.1}$$

и

$$h \ge \frac{g\times(r_3 - r_4) + r_4 - pc_3 - r_3 + c_1}{g\times(r_0 - r_4) + r_4 - pc_3 + c_2}, \tag{4.1}$$

т.е. $h_2 \le h \le h_3$.

Второй этап — определение смешанных стратегий компаний. Мы находим z^* и y^* в зависимости от вероятности проведения проверки, моделируя ситуацию, когда компании-конкуренту безразлично, какую чистую стратегию выбрать.

2.1. Равенство чистых стратегий для компании Z.

Ожидаемый выигрыш Z при несоблюдении правил находим, взвешивая по вероятностям исходы 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 для Z:

$$(1-y)\times\begin{pmatrix}(1-h)\times(1-g)\times(r_4-pc_3)+(1-h)\times g\times(-c_2)+\\+h\times(1-g)\times(r_0-pc_3)+h\times g\times(-c_2)\end{pmatrix}+$$
$$+y\times\begin{pmatrix}(1-h)\times(1-g)\times(r_2-pc_3)+(1-h)\times g\times(-c_2)+(1-g)\times\\\times h\times(r_2-pc_3)+h\times g\times(-c_2)\end{pmatrix}. \quad (5)$$

Ожидаемый выигрыш Z при соблюдении правил находим, взвешивая по вероятностям исходы 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 для Z:

$$(1-y)\times\begin{pmatrix}(1-h)\times(1-g)\times(r_3-c_1)+(1-h)\times g\times(r_3-c_1)+\\h\times(1-g)\times(r_0-c_1)+h\times g\times(r_0-c_1)\end{pmatrix}+$$
$$+z\times\begin{pmatrix}(1-h)\times(1-g)\times(r_1-c_1)+(1-h)\times g\times(r_1-c_1)+\\(1-g)\times h\times(r_1-c_1)+h\times g\times(r_1-c_1)\end{pmatrix}. \quad (6)$$

Приравнивая (5) и (6), получаем:

$$y^*=\frac{g\times(pc_3-c_2-r_4)+h\times(r_3-r_4)+h\times g\times(r_4-r_0)+r_4+c_1-pc_3-r_3}{g\times(r_2-r_4)+h\times(r_3-r_4)+h\times g\times(r_4-r_0)+r_1+r_4-r_3-r_2}. \quad (7)$$

2.2. Равенство чистых стратегий для компании Y.

Ожидаемый выигрыш Y при несоблюдении правил находим, взвешивая по вероятностям исходы 1, 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14 для Y:

$$(1-z)\times\begin{pmatrix}(1-h)\times(1-g)\times(r_4-pc_3)+(1-h)\times g\times(r_0-pc_3)+\\h\times(1-g)\times(-c_2)+h\times g\times(-c_2)\end{pmatrix}+$$
$$+z\times\begin{pmatrix}(1-h)\times(1-g)\times(r_2-pc_3)+(1-h)\times g\times(r_2-pc_3)+\\h\times(1-g)\times(-c_2)+h\times g\times(-c_2)\end{pmatrix}. \quad (8)$$

Ожидаемый выигрыш Y при соблюдении правил находим, взвешивая по вероятностям исходы 3, 4, 7, 8, 11, 12, 15, 16 для Y:

$$(1-z)\times\begin{pmatrix}(1-h)\times(1-g)\times(r_3-c_1)+(1-h)\times g\times(r_0-c_1)+\\h\times(1-g)\times(r_3-c_1)+h\times g\times(r_0-c_1)\end{pmatrix}+$$
$$+z\times((1-h)\times(1-g)\times(r_1-c_1)+(1-h)\times g\times(r_1-c_1)+$$
$$+h\times(1-g)\times(r_1-c_1)+h\times g\times(r_1-c_1). \quad (9)$$

Приравнивая (8) и (9), получаем:

$$z^* = \frac{g\times(r_3 - r_4) + h\times(pc_3 - r_4 - c_2) + h\times g\times(r_4 - r_0) + r_4 - pc_3 - r_3 + c_1}{g\times(r_3 - r_4) + h\times(r_2 - r_4) + h\times g\times(r_4 - r_0) + r_1 - r_3 - r_2 + r_4}. \quad (10)$$

Итоговым решением является система наилучших стратегий для компаний:

$$z^*(h) = \begin{cases} 0, \ h < h_2 \\ \dfrac{g\times(r_3 - r_4) + h\times(pc_3 - r_4 - c_2) + h\times g\times(r_4 - r_0) + r_4 - pc_3 - r_3 + c_1}{g\times(r_3 - r_4) + h\times(r_2 - r_4) + h\times g\times(r_4 - r_0) + r_1 - r_3 - r_2 + r_4}, \ h_2 \le h \le h_3 \\ 1, \ h > h_3 \end{cases}. \quad (11)$$

Аналогично для компании *Y*.

Докажем теперь, что при $h_2 \le h \le h_3$ оптимальная вероятность соблюдения правил безопасности компании *Y* выше, чем компании *Z*.

Введем следующие обозначения:

$$\begin{gathered} a = g\times(pc_3 - c_2 - r_4) + h\times(r_3 - r_4) + h\times g\times(r_4 - r_0) + r_4 + c_1 - pc_3 - r_3 \\ b = g\times(r_3 - r_4) + h\times(pc_3 - r_4 - c_2) + h\times g\times(r_4 - r_0) + r_4 + c_1 - pc_3 - r_3 \\ c = g\times(r_2 - r_4) + h\times(r_3 - r_4) \\ d = h\times g\times(r_4 - r_0) + r_1 + r_4 - r_3 - r_2 \\ e = g\times(r_3 - r_4) + h\times(r_2 - r_4). \end{gathered} \quad (12)$$

Тогда:

$$y^* = \frac{a}{c+d}, \quad (12.1)$$

$$z^* = \frac{b}{e+d}. \quad (12.2)$$

Необходимо сравнить y^* с z^*, т.е. сравнить ($\cup$ — знак сравнения) выражение (12.1) с выражением (12.2):

$$\frac{a}{c+d} - \frac{b}{e+d} \cup 0, \quad (12.3)$$

$$\frac{a\times(e+d) - b\times(c+d)}{(c+d)\times(e+d)} \cup 0. \quad (12.4)$$

Знаменатель дроби (12.4), т.е. $(c+d)(e+d)-$ положительная величина, так как y^* и $z^* > 0$, что значит, что

$$\begin{cases} a>0 \\ c+d>0 \\ b>0 \\ e+d>0 \end{cases} \textit{ или } \begin{cases} a<0 \\ c+d<0 \\ b<0 \\ e+d<0 \end{cases}. \tag{12.5}$$

Докажем, что числитель дроби (12.4) больше нуля, т.е. $a\times(e+d)-b\times(c+d)>0$.

Для этого выполним обратную замену:

$$\begin{pmatrix} g\times(pc_3-c_2-r_4)+h\times(r_3-r_4)+ \\ +h\times g\times(r_4-r_0)+r_4+c_1-pc_3-r_3 \end{pmatrix}\times$$
$$\times\begin{pmatrix} g\times(r_3-r_4)+h\times(r_2-r_4)+ \\ h\times g\times(r_4-r_0)+r_1+r_4-r_3-r_2 \end{pmatrix}-$$
$$(g\times(r_3-r_4)+h\times(pc_3-r_4-c_2)+h\times g\times(r_4-r_0)+r_4+c_1+pc_3-r_3)\times$$
$$(g\times(r_2-r_4)+h\times(r_3-r_4)+h\times g\times(r_4-r_0)+r_1+r_4-r_3-r_2)= \quad \dots$$
$$=(g^2-h^2)\times(r_3-r_4)\times(pc_3-c_2-r_2)+g^2\times h\times(r_4-r_0)\times(pc_3-c_2-r_2)+$$
$$h\times(r_3-r_4)\times(r_1-r_2-c_1-pc_3)+h^2\times g\times(r_2-pc_3+c_2)+g\times(r_3-r_4)\times$$
$$(c_1-pc_3-r_1+r_2)+(r_1+r_4-r_3-r_2)\times$$
$$(pc_3-r_4-c_2)\times(r_2-r_4)\times(r_4+c_1-pc_3-r_3)\times(h-g). \tag{13}$$

Пусть значения выручек r_1, r_2, r_3, r_4 таковы, что выполняется соотношение:

$$r_1+r_4-r_3-r_2<0. \tag{14}$$

То есть сумма выручек компании в случаях обоюдного соблюдения и несоблюдения правил меньше, чем сумма выручек компании в случаях обратного поведения конкурента. Тогда полученное выражение (13) > 0. Отсюда $y^* > z^*$.

Мы доказали, что при $h_2 \le h \le h_3$ и выполнении соотношения (14) оптимальная вероятность соблюдения правил безопасности компании *Y* выше, чем компании *Z*.

Необходимо оговорить существующее ограничение модели — неучтенный фактор научно-технического прогресса. Благодаря развитию технологий может быть оптимизирован как процесс обеспечения безопасности, так и проверка соблюдения правил. Повсеместное внедрение цифровых технологий нефтяными компаниями может снизить необходимую частоту проверок, а также изменить подход к проверкам. Напри-

мер, данные с приборов контроля и обнаружения нарушений могут быть доступны регулирующим органам, что упростит проверку и уменьшит риск необнаружения.

Выводы и рекомендации

Нефтяные компании, действующие на конкурентном рынке, обращают внимание на вероятность проведения проверки соблюдения ими правил безопасности, когда определяют, насколько тщательно им нужно исполнять соответствующие требования. Соблюдение правил сопряжено с издержками, зависящими от тщательности выполнения этих правил. Если компании максимизируют свою прибыль, то в случае нулевой вероятности проверки компании пренебрегут правилами и соответственно резко возрастет риск аварийной ситуации. Чем выше вероятность проведения проверки, тем скорее компании будут поддерживать должный уровень безопасности на своем предприятии. Компания, которая ожидает внеплановую проверку, вероятнее обеспечит исполнение правил, чем компания, которую проверяют по плану один раз за три года. В данной статье мы находим оптимальные стратегии компаний, действующих на конкурентном рынке в ситуации неравновероятного проведения проверок соблюдения правил безопасности, а также границы, в которых находится вероятность проведения проверок для каждой из стратегий компаний.

Результаты развития цифровых технологий могут быть использованы предприятиями в том числе в сфере безопасности производства. Например, благодаря онлайн-мониторингу состояния здоровья рабочего и его местоположения можно контролировать соблюдение правил безопасности и своевременно оказать помощь в экстренном случае. Можно также использовать системы индивидуального оповещения работников со встроенной тревожной кнопкой. «Умное» видеонаблюдение автоматизирует обнаружение нарушений и уведомление о них. Перечисленные и иные технические решения позволяют сделать процесс обеспечения производственной безопасности эффективнее за счет сбора и усовершенствованного анализа данных, автоматизации контроля.

Риски, возникающие по причине халатности ответственных за принятие мер безопасности работников, слишком велики, а потенциальные угрозы слишком серьезны, чтобы оставить проблему оппортунизма компаний в соблюдении правил безопасности без должного внимания. Проведение более частых проверок предприятий позволит снизить риск экологических катастроф по причине аварий на нефтяном производстве, а использование цифровых технологий сделает процесс обеспечения безопасности более эффективным.

Список литературы

1. *Владимиров В. А.* Разливы нефти: причины, масштабы, последствия // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2014. № 1. Том 4. С. 217–229.
2. *Цуй Т., Кузнецов Е. Н.* Влияние оппортунизма на кадровую безопасность компании // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2017. Том 1. С. 198–199.
3. *Краснов А. В., Садыкова З. Х., Пережогин Д. Ю., Мухин И. А.* Статистика чрезвычайных происшествий на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 2007–2016 гг. // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». 2017. № 6.
4. *Привалова Н. М., Двадненко М. В., Некрасова А.А, Привалов Д. М., Попова О. С.* Воздействие нефти и нефтепродуктов на окружающую среду // Научный журнал КубГАУ. 2017. № 125 (01).
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности». М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности». 2013. Серия 8. Вып. 19. С. 288.
6. *Cheung M., Zhuang J.* Regulation games between government and competing companies: oil spills and other disasters // Decision Analysis. June 2012. Vol. 9. No. 2. P. 156–164.
7. *Yang M., Khan F. I., Sadiq R., Amyotte P.* A rough set-based game theoretical approach for environmental decision-making: A case of offshore oil and gas operations. // Process Safety and Environmental Protection. 2013. 91(3). P. 172–182.
8. КонсультантПлюс. Федеральный закон от 26.12.2008 № 294-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_83079/ (дата обращения 16.11.2019).
9. РИА Новости. Экологические последствия разливов нефти [Электронный ресурс]. URL: https://ria.ru/20090605/173349317.html (дата обращения: 23.11.2019).
10. OPEC World crude oil production by country [Электронный ресурс]. URL: https://asb.opec.org/index.php/data-download (дата обращения: 16.11.2019).
11. Портал для недропользователей. В 2019 году ущерб от аварий на нефтегазовых объектах превысил 1,4 млрд рублей [Электронный ресурс]. URL: https://dprom.online/oilngas/v-2019-ushherb-ot-avarij-na-neftegazovyh-obektah-prevysil-1-4-mlrd-rublej/ (дата обращения: 21.02.2020).

3.3. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА ВЫБРОСЫ CO_2

Максимова А. А., Николаева Н. В., Салий С. А., Семина И. С.[1]

Введение

За последние несколько десятилетий увеличение выбросов парниковых газов, вызывающих глобальное потепление, стало серьезной угрозой для человечества. В июле 2019 г. в Западной и Центральной Европе установилась рекордная температура, в тени она превышала 40 °С. Аномальная жара была причиной как госпитализации, так и гибели некоторых людей.

Согласно исследованию [7], через 30 лет в 77% городах мира произойдут сильные климатические изменения, при этом 22% городов будут находиться в климатических условиях, которые сейчас не существуют. Эти тенденции особенно коснутся тропических и субтропических городов. В Европе температура летом в среднем увеличится на 3,5 °С, а зимой — на 4,7 °С. Это эквивалентно тому, что города переместятся на 1000 км южнее к тропикам. Такое изменение климата повлечет рост частоты природных катаклизмов, которые приведут к разрушениям, человеческим жертвам и экономическим потерям для всего мира.

Для предотвращения масштабных потерь для всей мировой экономики, для человечества в целом было принято Парижское соглашение, согласно которому все страны, подписавшие его, должны принимать меры, чтобы не допустить увеличение глобальной средней температуры выше 1,5 °С. Однако при существующем уровне выбросов парниковых газов эта цель окажется недостижимой в долгосрочной перспективе 50–100 лет.

Для борьбы с изменением климата были приняты 17 целей в области устойчивого развития, которые официально вступили в силу 1 января 2016 г. и были изложены в Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 г. В течение предстоящих 15 лет страны должны активизировать усилия, направленные на искоренение нищеты во всех ее формах,

---

[1] Опубликовано в: *Максимова А. А., Николаева Н. В., Салий С. А., Семина И. С.* Оценка влияния экономических и институциональных факторов на выбросы CO_2 // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2020. Т. 12. № 1. С. 51–69. Подготовлено под научным руководством О. В. Кудрявцевой.

борьбу с неравенством и в том числе на решение проблем, связанных с изменением климата [23].

Среди всех парниковых газов, выделяемых человечеством, углекислый газ (CO_2) является одним из сильнейших веществ, загрязняющих атмосферу. Существует большое количество литературы, объясняющей связь между выбросами CO_2, потреблением энергии, ВВП и другими факторами. Однако в большинстве случаев эти исследования сконцентрированы на одной стране или на группе стран с одинаковым уровнем развития или с одинаковыми географическими характеристиками. Кроме того, часто в работах игнорируются такие факторы, как финансовое развитие и качество институтов в стране. В нашей работе мы исследуем, как экономический рост, потребление энергии, качество институтов, торговля и финансовое развитие влияют на количество выбросов CO_2 в атмосферу на панели 118 стран в период 1996–2014 гг.

Мы проверяем три гипотезы в нашей работе. Первая из них — довольно распространенная, однако первый раз тестируется на большой выборке стран. Вторая и третья — новые и актуальные. Мы тестируем следующие гипотезы.

Гипотеза 1: между ростом ВВП и объемом выбросов CO_2 существует перевернутая U-образная зависимость.

Гипотеза 2: увеличение потребления энергии и открытости торговли приводит к росту объема выбросов CO_2.

Гипотеза 3: финансовое развитие и улучшение качества институтов увеличивают объем выбросов CO_2.

Работа устроена следующим образом. Сначала представлен обзор литературы по данной тематике и выделены наиболее важные факторы. Далее описаны эконометрические модели исследования. Затем описываются используемые нами данные, и приведен их анализ. После чего мы рассказываем про эконометрический анализ и полученные результаты. В заключении мы делаем выводы и говорим об их применимости в экономической политике.

Обзор литературы

В экономической науке существует много исследований, анализирующих различные факторы, которые влияют на объемы выбросов CO_2, а также работы, изучающие обратную зависимость (на что влияют выбросы CO_2). Мы выделили шесть основных факторов, влияющих на объемы углекислого газа в разных странах: ВВП, потребление энергии, финансовое развитие, открытость торговли, качество институтов и урбанизация. Далее мы подробнее рассмотрим каждый из них по отдельности.

Взаимосвязь CO_2 и роста ВВП

Во многих исследованиях анализируется взаимосвязь между экономическим ростом и выбросами CO_2. В нескольких существующих исследованиях утверждается, что уровень деградации окружающей среды и экономического роста соответствует перевернутой U-образной взаимосвязи, которая называется экологической кривой Кузнеца (ЭКС). Эта связь изучалась с 1990-х гг. после того, как Grossman, Krueger [8] и Selden, Song [19] представили эмпирические доказательства того, что экономический рост приводит к ухудшению состояния окружающей среды и увеличению количества вредных выбросов на начальных этапах, а после достижения определенного уровня ВВП — к улучшению условий окружающей среды. Дальнейшие исследования по выявлению существования U-образной взаимосвязи между выбросами и экономическим ростом оказались противоречивыми. Например, Lean, Smyth [12] и Saboori [17] подтвердили гипотезу о существовании U-образной взаимосвязи. В статьях [20] и [6] была обнаружена линейная связь между выбросами CO_2 и экономическим ростом, а в [16] не нашли никакой взаимосвязи. Однако эти исследования в основном рассматривали лишь два фактора — ВВП и выбросы CO_2 — и поэтому могут быть смещенными из-за пропуска переменных.

В статье [2] было также выявлено, что между экономическим ростом и загрязнением окружающей среды существует нелинейная зависимость. Авторы проверяли гипотезу о влиянии выбросов CO_2 на экономический рост. Для развитых и развивающихся стран результат различается. В первых взаимосвязь является отрицательной, а в последних — положительной и значимой. Это может объясняться тем, что в развитых странах не хватает природных ресурсов для развития, и они переходят на интенсивный рост. В то время как в развивающихся странах экономический рост происходит за счет увеличения объемов производства.

Существует много исследований, которые объясняют взаимосвязь между выбросами CO_2 и экономическим ростом при помощи временных рядов или панельного анализа. Например, Ghouali, Belmokaddem, Sahraoui, Guellil (2015) выявили, что рост ВВП на 1% приводит к увеличению выбросов CO_2 на 6% в странах БРИКС, при этом между переменными существует долгосрочная взаимосвязь. В статье [9] показано, что при увеличении ВВП на 1 п.п. выбросы CO_2 увеличиваются на 34–72 п.п. Авторы Asongu, Montasser, Toumi [5] выявили двустороннюю долгосрочную и краткосрочную взаимосвязь между ВВП и выбросами CO_2 в 24 африканских странах, но при этом не дали точных количественных оценок. В статье [4] на данных европейских стран было выявлено, что в долгосрочном периоде рост ВВП на 1% увеличивает выбросы CO_2 в среднем на 0,027–0,97% в зависимости от выбора параметра, отвечающего за потребление энер-

гии. Кроме того, краткосрочная взаимосвязь между этими переменными является двусторонней.

В работе [14] на панели стран MENA (Middle East and North Africa) было выявлено, что ВВП на душу населения оказывает положительное и значимое влияние на выбросы CO_2 на душу населения. Увеличение ВВП на душу населения на 1% увеличивает выбросы CO_2 примерно на 0,47%. Ускорение экономического роста ведет к ухудшению условий окружающей среды. При этом квадрат ВВП оказывает негативное и значимое влияние на выбросы CO_2. Данный результат говорит о том, что уровень выбросов CO_2 на душу населения первоначально увеличивается с ростом ВВП на душу населения, пока он не достигнет стабильного уровня, а последующее увеличение ВВП на душу населения, вероятно, приведет к сокращению выбросов углекислого газа на душу населения.

В исследованиях по России также выявлялось соответствие взаимосвязи между ВВП и CO_2 экологической кривой Кузнеца. Так, в статье [1] исследуется влияние развития экономики на окружающую среду на данных регионов. «Показано, что группа регионов с высокой долей добывающего сектора, имеющая высокий уровень валового регионального продукта (ВРП) на душу населения и воздействия на окружающую среду, существенно смещает оценки параметров. В то же время динамика части регионов в 2000-е гг. соответствует экологической кривой Кузнеца».

Взаимосвязь CO_2 и потребления энергии

При анализе факторов, влияющих на объем выбросов CO_2, необходимо учитывать потребление энергии и виды ее основных источников ([4], Anis, Omri (2015). При использовании традиционных невозобновляемых источников, таких как газ, нефть, ядерное деление, энергетика производит большую часть выбросов CO_2.

В статьях [4; 13] исследуется трехсторонняя связь между экономическим ростом, потреблением энергии и выбросами CO_2. Есть эффект масштаба производства при экстенсивном экономическом росте, который использует все больше энергии и тем самым способствует все большим выбросам CO_2.

В статье [Zhang et al., 2015] авторы декомпозируют влияние потребления энергии на объем выбросов. Они разделяют его на следующие эффекты: экономическая активность, доли традиционной энергетики и возобновляемых источников энергии, интенсивность использования энергии. Их результаты говорят о том, что интенсивность использования энергии — доминирующий фактор снижения объема выбросов. Переход на возобновляемые источники энергии также этому способствует. Экономический рост с сопутствующей экономической активностью оказывает

негативное влияние на окружающую среду через рост выбросов, связанных с энергетикой.

Взаимосвязь CO_2 и открытости торговли

В последние десятилетия происходит глобализация торговли, страны с разным уровнем дохода наращивают ее объемы, что, в частности, способствует экономическому росту. Однако расширение совокупного объема мирового выпуска подразумевает рост энергетических затрат, которые потенциально отрицательно влияют на экологическую ситуацию. Есть ряд исследований, которые проверяют наличие причинно-следственной связи между открытостью торговли и объемами выбросов CO_2. В статье [Antweiler et al., 2001] обсуждается воздействие торговли на выбросы через несколько каналов. С одной стороны, расширение торговли ведет к расширению производства и потребления, что увеличивает объем выбросов, но с другой — с ростом доходов и обменом лучшими практиками производство становится экологичнее. В эмпирической литературе наиболее популярным результатом является наличие перевернутой U-образной связи, т.е. до определенного уровня торговли она способствует увеличению выбросов, а после — снижению. Например, в работе [21] эта гипотеза была подтверждена на панелях стран с разным уровнем дохода, но точка перелома отличается. Результаты этой статьи, а также ([8]; Antweiler et al. (1998); Copel and Taylor (2003) и Frankel and Rose (2005)) свидетельствуют о том, что в краткосрочной перспективе открытость торговли увеличивает количество выбросов, но также существует и долгосрочный обратный эффект.

Взаимосвязь CO_2 и финансового развития

Финансовый сектор стимулирует увеличение прямых иностранных инвестиций (ПИИ), банковской активности, активности на фондовом рынке. Более активное развитие финансового сектора может способствовать увеличению финансирования при меньших затратах, в том числе для инвестиций в природоохранные проекты. Возможность привлечения такого финансирования особенно важна для правительств на местном, государственном и национальном уровнях, поскольку большая часть охраны окружающей среды является обязанностью государственного сектора. Однако это также влияет на инвестиции частных фирм в необходимые природоохранные мероприятия. Например, Tamazian et al. [22] использовали несколько факторов для оценки влияния финансового развития на выбросы CO_2: отношение денежных активов банков к ВВП, прямые иностранные инвестиции, конвертируемость счета операций с капиталом, уровень финансовой либерализации и уровень финансовой открытости. Авторы при-

ходят к выводу, что степень финансового развития является ключевым фактором для снижения выбросов в окружающую среду.

Однако существуют исследования, утверждающие, что финансовое развитие увеличивает выбросы CO_2. Например, Zhang [25] и Sadorsky [18] приходят к результатам, что рост уровня финансового развития увеличивает спрос на энергию в развивающихся странах, это влечет ухудшение состояния окружающей среды. Авторы приводят три возможных объяснения этому факту. Во-первых, развитие фондового рынка помогает зарегистрированным предприятиям снизить затраты на финансирование, компании могут увеличить активы и, как следствие, увеличить потребление энергии и выбросы углерода. Во-вторых, финансовое развитие страны привлекает ПИИ для стимулирования экономического роста, и это увеличивает выбросы CO_2. В-третьих, улучшение условий в финансовом секторе способствует потребительской кредитной деятельности, а именно увеличиваются продажи автомобилей, домов, холодильников и других продуктов потребления, которые выделяют вредные вещества в процессе эксплуатации.

В работе [14] на панели стран MENA выявили влияние финансового сектора только для двух стран: в Катаре уровень финансового развития положительно влияет на выбросы CO_2 на душу населения, в Иордании — наоборот — он оказывает негативное влияние. При этом авторы обнаруживают двустороннюю связь: выбросы CO_2 на душу населения оказывают негативное влияние на финансовое развитие для пяти стран из 12. Ухудшение состояния окружающей среды на 1% снижает финансовое развитие в диапазоне от 0,179 до 0,396%.

Взаимосвязь CO_2 и качества институтов

Качество институтов играет важную роль в улучшении состояния окружающей среды в странах даже с низкими доходами. Knack, Keefer [10] нашли подтверждающие доказательства благоприятного влияния институционального качества на снижение экологических издержек экономического роста на ранней стадии экономического развития для выбросов CO_2 в группе из 30 развитых и развивающихся стран.

Исследование, проведенное в Малайзии [11], показало, что увеличение качества институтов приводит к сокращению выбросов CO_2 без количественной оценки. В статье [9] было выявлено, что увеличение институционального показателя качества на 1 п.п. снижает выбросы углерода примерно на 1 п.п.

Образование также можно считать прокси-переменной для качества институтов в стране. Например, Кудрявцева и др. [3] оценивали, как уровень образования в стране влияет на проэкологичное поведение. Было

показано, что при прочих равных более высокому уровню образования соответствует более проэкологичное поведение, т.е. в данных странах выделяется меньше углекислого газа и других вредных веществ.

Взаимосвязь CO_2 и урбанизации

В работе [9] было показано, что урбанизация также является угрозой для окружающей среды. По оценкам авторов, увеличение доли людей, переезжающих в города, на 10% приводит к увеличению выбросов CO_2 на 3–4,7%. При этом в малоразвитых странах урбанизация такого влияния не оказывает.

В исследовании [14] было обнаружено, что урбанизации оказывает положительное и существенное влияние на выбросы CO_2 на душу населения только для пяти стран MENA из 12. Увеличение урбанизации на 1% увеличивает выбросы CO_2 на душу населения примерно на 0,19–0,32% для Египта, Ирана, Кувейта, Марокко и Саудовской Аравии. При оценке на всей панели авторы пришли к выводу, что урбанизация не оказывает существенного влияния на ухудшение состояния окружающей среды в регионе в целом.

Эконометрические модели

В статьях, оценивающих, как различные факторы, описанные выше, влияют на выбросы CO_2, используется несколько основных эконометрических методов: обобщенный метод моментов (ОММ), Fully Modified ordinary least squares (FMOLS) и модель авторегрессии и распределенного лага (ARDL), помимо широко известной панельной модели с фиксированными эффектами, которую мы также используем в своей работе. Данные методы — самые популярные в статьях по данной тематике. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки, и мы подробнее рассмотрим каждый из них.

Обобщенный метод моментов

Авторы [14] изучают четырехстороннюю связь между выбросами CO_2, финансовым развитием, торговлей и экономическим ростом. Зависимость ВВП от капитала и рабочей силы авторы объясняют производственной функцией Кобба—Дугласа. В качестве еще одной переменной авторы использовали потребление электроэнергии, которая тесно связана с выбросами CO_2. Они оценивали четырехстороннюю связь с помощью четырех логарифмических уравнений на панельных данных. Данные анализировались с помощью ОММ, который наиболее часто используется в моделях с панельными данными и в многофакторных моделях между определен-

ными переменными. Метод позволяет использовать инструментальные переменные для борьбы с эндогенностью. Более того, ОММ обеспечивает состоятельные и эффективные оценки при наличии произвольной гетероскедастичности.

Оценка ОММ с данными панели предпочтительнее метода наименьших квадратов (МНК) по ряду причин. Во-первых, панельные данные позволяют оценить взаимосвязь между экономическим ростом, выбросами CO_2, торговлей и финансовым развитием в течение длительного периода времени для нескольких стран. Во-вторых, любой страновой эффект можно контролировать с помощью фиксированных эффектов в процедуре ОММ. ОММ также контролирует потенциальную эндогенность, которая может возникнуть из-за связи объясняющих переменных.

Этот метод также используют Ibrahim, Law [9], отмечая, что динамические модели имеют две статистические проблемы, которые делают традиционные методы оценки панели неуместными и необъективными. Во-первых, из-за наличия корреляции между ненаблюдаемыми специфическими для страны эффектами и зависимой переменной с лагом и, во-вторых, из-за потенциальной эндогенности переменных в модели.

Модель авторегрессии и распределенного лага (ARDL)

Модель авторегрессии популярна, потому что помогает сделать вывод о двунаправленной причинно-следственной связи между переменными. Как, например, Lau [11] применяют данный метод в исследовании для проверки коинтеграции. По сравнению с другими подходами этот метод надежнее в исследованиях с небольшими размерами выборки (менее 100). ARDL также считается эффективнее по сравнению с другими моделями, так как используется независимо от того, находятся ли переменные в одном и том же порядке интегрирования. Таким образом, проблема, касающаяся устойчивости тестов коинтеграции, сводится к минимуму с применением ARDL при работе с маленькой выборкой. Так как в нашем распоряжении находится большой объем данных и наши ряды являются стационарными, то мы не используем данный метод в своем исследовании.

FMOLS

Метод FMOLS был первоначально разработан в статье [15] для обеспечения оптимальных оценок коинтегрирующих регрессий. Данный метод модифицирует метод наименьших квадратов, чтобы учесть эффекты автокорреляции и эндогенность регрессоров, которая является результатом существования коинтеграции. Так, например, [4] в исследовании влияния экономического роста, урбанизации, открытости торговли, финансового развития и возобновляемых источников энергии на загрязнение

в Европе используют FMOLS из-за коинтегрированности рядов. В нашем исследовании ряды являются стационарными, поэтому этот метод мы также не используем.

База данных

Для исследования мы использовали данные за 1996–2014 гг. В качестве показателей финансового развития мы использовали общий уровень финансового развития (FD) и его составляющие — уровень развития финансовых рынков (FM) и уровень развития финансовых институтов (FI). Переменными, отвечающими за открытость торговли, являются объем экспорта в страну и объем поступающих прямых иностранных инвестиций. Мы используем четыре различные переменные в качестве прокси институционального развития: свобода слова (индекс выше, если выше свобода слова); политическая стабильность и отсутствие насилия (индекс выше, если ниже политическая нестабильность); степень верховенства права (индекс выше, если институт права развит сильнее); уровень коррупции (индекс выше, если коррупция выше).

Данные об объеме выбросов CO_2, потреблении энергии, урбанизации и объеме экспорта были взяты из базы данных Мирового банка[1]. Показатели институционального качества — из базы данных Worldwide Governance Indicators[2].

Данные о ВВП, прямых иностранных инвестициях и показателях финансового развития были взяты с официального сайта Международного валютного фонда[3]. Данные о ВВП были даны в долларах в номинальных ценах, поэтому мы перевели их в реальные цены 1996 г., использовав данные об инфляции в США с 1996 по 2014 г. с сайта U. S. Bureau of Labor Statistics[4].

Анализ данных

С 1996 по 2014 г. количество выбросов CO_2 увеличилось во многих странах (рис. 1 и 2 в приложении 4). В 1996 г. наибольший объем выбросов был в США, что объясняется высоким уровнем промышленного развития страны. На 2-м месте по объему выбросов CO_2 находится Китай как страна с самыми высокими темпами развития экономики. Рост экономики Китая привел к тому, что в 2014 г. он стал самой загрязняющей атмосферу

[1] World Bank Open Data official site. URL: https://data.worldbank.org

[2] Worldwide Governance Indicators, The World Bank. URL: https://govindicators.org

[3] International Monetary Fund official site. URL: https://www.imf.org/external/datamapper/PCPIPCH@ WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD/RUS

[4] U. S. Bureau of Labor Statistics. URL: https://www.bls.gov/cpi/data.htm

страной. Дешевая рабочая сила способствовала перемещению промышленного производства в эту страну, что и привело к ухудшению состояния атмосферы. Объемы выбросов CO_2 также увеличились в Бразилии и странах Персидского залива: Бразилия вышла из затяжного кризиса, начала борьбу с инфляцией, безработицей и наладила промышленное производство. В Саудовской Аравии и Иране за этот период увеличилась добыча нефти, что, вероятно, спровоцировало загрязнение воздуха. В остальных странах, несмотря на экономический рост и финансовое развитие, существенных сдвигов не произошло.

В нашей выборке оказалось 118 стран со всего мира. Полный список представлен в приложении 4 (см. приложение 4). Максимальный ВВП на душу населения наблюдался в Люксембурге в 2014 г., а минимальный — в Эфиопии в 2002 г.

Меньше всего выбросов было в странах Африки в конце XX в., а больше всего — в Тринидад и Тобаго в 2006–2014 гг.: уровень CO_2 изменялся от 32 до 36 метрических тонн на душу населения. Самое маленькое количество потребляемой энергии наблюдалось в Нигере в 2011 г., а самое большое — в Исландии в 2013 г. Странами с самым большим объемом экспорта являлись Китай и США в 2014 г., которые экспортировали продукцию на 2,5 и 2,3 млрд долл. соответственно.

Самыми урбанизированными странами (процент людей, которые проживают в городах) являются Сингапур и Кувейт, в которых 100% населения проживают в городской среде. Самые лучшие показатели институционального качества наблюдаются в Финляндии, Дании, Сингапуре и Нидерландах в зависимости от рассматриваемого показателя. Страной с самым высоким финансовым развитием является Швейцария.

Эмпирический анализ

Мы тестируем следующие гипотезы в нашей работе.

Гипотеза 1: между ростом ВВП и объемом выбросов CO_2 существует перевернутая U-образная зависимость.

Гипотеза 2: увеличение потребления энергии и открытости торговли приводит к росту объема выбросов CO_2.

Гипотеза 3: финансовое развитие и улучшение качества институтов увеличивают объем выбросов CO_2.

Обобщенный метод моментов

Обобщенный метод моментов хорошо подходит для оценки наших данных, так как он учитывает динамичность модели и неоднородность стран. Мы провели тесты, которые подтвердили адекватность использования этой модели, отсутствие авторегрессии второго порядка и наличие

авторегрессии первого порядка на 1%-ном уровне значимости. Был также проведен тест Саргана на эндогенность регрессоров, который показал Р-значение большее 0,1, тем самым подтвердив нулевую гипотезу об экзогенности регрессоров.

Рассмотрим результаты, полученные с помощью данного метода. Они представлены в табл. 2 в приложении 4. Основными контрольными переменными являются ВВП, объем потребления энергии и объем экспорта. Коэффициенты перед ними устойчивы к добавлению новых переменных (модели 2–6 в табл. 2 в приложении 4). Знаки перед этими переменными согласуются с теорией и эмпирическими результатами в большинстве исследований. Так, например, зависимость объемов выбросов от ВВП является U-образной, т.е. до определенного объема ВВП его рост провоцирует рост выбросов, но в наиболее развитых странах с высоким ВВП связь становится обратной. Коэффициенты перед объемом потребления энергии и экспорта положительны и говорят о том, что при прочих равных увеличение потребления энергии на 1% приводит к росту объемов выбросов CO_2 на 0,73–0,76%, а расширение внешней торговли и увеличение экспорта на 1% ведут к росту выбросов на 0,68–0,82%. Влияние уровня урбанизации в стране при добавлении переменных, отвечающих за качество институтов, оказывается незначимым.

Значение коэффициента при переменной качества финансовых рынков положительное, что можно объяснить тем, что качество финансовых рынков влияет на условия торговли, скорость проведения сделок и других сопутствующих операций. Это, в свою очередь, расширяет рынок и позволяет производить больше продукции, что ведет к увеличению выбросов. Отрицательный знак при переменной качества институтов можно объяснить тем, что более развитые финансовые институты ведут к большим инвестиционным потокам и активному обмену более эффективными технологиями, в том числе помогающими снизить выбросы CO_2. В качестве прокси финансового развития мы также использовали общий индекс финансового развития в стране. Мы обнаружили отрицательную взаимосвязь, что может объясняться тем, что эффект развития финансовых институтов оказывается сильнее эффекта развития финансовых рынков. В дальнейших спецификациях мы используем два индекса для получения более точных оценок влияния каждого фактора.

Мы исследовали также влияние факторов институциональной среды на объем выбросов CO_2 (модель 6). Рассмотрим знаки и коэффициенты перед каждым из индексов, отражающих качество институтов. Во-первых, полученные результаты говорят, что чем меньше коррупция в стране, тем больше объем выбросов CO_2. Уровень коррупции тесно связан с верховенством права, так как при распространенности коррупции нельзя говорить о соблюдении законов и их реальной силе. Таким образом, чем лучше

развиты правовые институты, тем больше объем выбросов CO_2 в стране. Это можно объяснить тем, что в правовом государстве экономические агенты чувствуют себя защищенными, несут меньшие издержки, связанные с несовершенством системы, что создает больше стимулов для инвестирования и ведения бизнеса, увеличивая общие объемы производства в стране и соответственно выбросы CO_2 (эффект масштаба).

Во-вторых, при рассмотрении такого институционального фактора, как свобода слова, свобода политического участия, мы видим положительную зависимость между этими показателями и объемами выбросов CO_2. Это можно объяснить тем, что эти факторы влияют на уровень экономического развития страны, а также на ее привлекательность для иностранных компаний, что стимулирует общее расширение производства и оживление экономики. Положительный значимый коэффициент перед долей прямых иностранных инвестиций косвенно подтверждает эту гипотезу.

В-третьих, чем ниже вероятность политической нестабильности или жестокости, обусловленной политическими мотивами, тем больше объем выбросов CO_2. Это объясняется связью между политической и экономической стабильностью. Экономика лучше функционирует в стабильных политических условиях, т.е. уровень производства в них выше и соответственно больше выбросов.

Таким образом, чем выше качество институтов в стране, тем больше объем выбросов CO_2. Существует ряд исследований, результаты которых доказывают прямую причинно-следственную связь между качеством институтов и объемом ВВП, экономическим ростом. Это говорит о том, что качество институтов в первую очередь положительно влияет на объем и уровень экономики в стране, что за счет эффекта масштаба ведет к росту выбросов CO_2. Однако, как показывают в том числе наши результаты, после определенного порога объем выбросов начинается сокращаться.

Модель с фиксированными эффектами

Предварительный анализ данных показал, что временные ряды на панельных данных по ключевым переменным являются стационарными, что говорит о невозможности использования FMOLS-метода, а также о том, что для оценки можно использовать модель с фиксированными эффектами. Для контроля на тренд в модель включены переменные времени. Результаты оценивания представлены в табл. 3 в приложении 4.

Полученные оценки в основном подтверждают результаты ОММ-модели. Существует значимая перевернутая U-образная связь между ВВП и выбросами CO_2, доказано, что рост объемов экспорта и потребления энергии ведет к увеличению выбросов CO_2. Однако из переменных, отвечающих за качество институтов, значимым оказался только коэффи-

циент перед индексом, который отражает уровень свободы слова и политического участия. При этом общий вывод о том, что более высокое качество институтов ведет к росту выбросов через положительное влияние на экономику, подтверждается.

Заключение

Сокращение выбросов парниковых газов, в первую очередь CO_2, и других вредных веществ является одной из первоочередных задач всех стран для того, чтобы предотвратить экологическую катастрофу. Мы провели анализ влияния различных факторов на выбросы CO_2 на выборке 118 стран с 1996 по 2014 г. Мы подтвердили наши гипотезы. Увеличение потребления энергии и наращивание объемов экспорта приводят к росту объема выбросов CO_2. Это свидетельствует о том, что странам с высоким уровнем производства нужно переходить к более экологичным видам производства и переключаться на возобновляемую энергетику. Качество институтов увеличивает объем выбросов, что может свидетельствовать о том, что качественные институты увеличивают ВВП. Рост ВВП и развитие экономики на первых этапах увеличивают выбросы углекислого газа, однако после определенного порога объем выбросов начинается сокращаться. То, что высокий уровень развития экономики приводит к сокращению выбросов, также подтверждается тем, что улучшение качества финансовых институтов также уменьшает объем выбросов.

Существует большой пласт для дальнейших исследований. Во-первых, возможно разбиение группы стран на подвыборки, чтобы посмотреть отдельный эффект различных групп стран, например, развитых и развивающихся, стран Африки, Азии и Европы. Во-вторых, мы используем не исчерпывающий набор переменных. На выбросы углекислого газа могут влиять и другие факторы, например, уровень образования в стране, уровень неравенства и др. Кроме того, интересным является исследование влияния различных факторов на выбросы CO_2 на уровне домохозяйств в конкретной стране. Например, уменьшают или увеличивают различные виды трансфертов выбросы углекислого газа домохозяйствами. Однако существующие на данный момент базы данных в России практически не позволяют оценить данный эффект из-за нехватки соответствующих показателей.

Список литературы

1. *Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т.* Влияние развития экономики на окружающую среду // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2012. № 6.

2. *Кудрявцева О. В.* и др. Оценка влияния уровня загрязнения окружающей среды на экономический рост // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2017. Т. 9. № 3. С. 68–80.
3. *Кудрявцева О. В.* и др. Влияние образования на проэкологичное поведение // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2018. Т. 10. № 1. С. 74–93.
4. *Al-Mulali U., Ozturk I., Lean H. H.* The influence of economic growth, urbanization, trade openness, financial development, and renewable energy on pollution in Europe // Natural Hazards. 2015. Т. 79. № 1. С. 621–644.
5. *Asongu S., El Montasser G., Toumi H.* Testing the relationships between energy consumption, CO 2 emissions, and economic growth in 24 African countries: a panel ARDL approach // Environmental Science and Pollution Research. 2016. Т. 23. № 7. С. 6563–6573.
6. *Azomahou T., Laisney F., Van P. N.* Economic development and CO2 emissions: a nonparametric panel approach // Journal of Public Economics. 2006. Т. 90. № 6–7. P. 1347–1363.
7. *Bastin J. F.* et al. Understanding climate change from a global analysis of city analogues // PloS one. 2019. Т. 14. № 7.
8. *Grossman G. M., Krueger A. B.* Environmental impacts of a North American free trade agreement. National Bureau of Economic Research, 1991. № w3914.
9. *Ibrahim M. H., Law S. H.* Institutional Quality and CO2 Emission–Trade Relations: Evidence from S ub-S aharan A frica // South African Journal of Economics. 2016. Т. 84. № 2. P. 323–340.
10. *Knack S., Keefer P.* Institutions and economic performance: cross-country tests using alternative institutional measures // Economics & Politics. 1995. Т. 7. № 3. P. 207–227.
11. *Lau L. S., Choong C. K., Eng Y. K.* Carbon dioxide emission, institutional quality, and economic growth: Empirical evidence in Malaysia // Renewable energy. 2014. Т. 68. P. 276–281.
12. *Lean H. H., Smyth R.* Multivariate Granger causality between electricity generation, exports, prices and GDP in Malaysia // Energy. 2010. Т. 35. № 9. P. 3640–3648.
13. *Menyah K., Wolde-Rufael Y.* Energy consumption, pollutant emissions and economic growth in South Africa // Energy economics. 2010. Т. 32. № 6. P. 1374-2.
14. *Omri A.* et al. Financial development, environmental quality, trade and economic growth: What causes what in MENA countries // Energy Economics. 2015. Т. 48. P. 242–252.
15. *Phillips P. C. B., Hansen B. E.* Statistical inference in instrumental variables regression with I (1) processes // The Review of Economic Studies. 1990. Т. 57. № 1. P. 99–125.
16. *Richmond A. K., Kaufmann R. K.* Is there a turning point in the relationship between income and energy use and/or carbon emissions? // Ecological economics. 2006. Т. 56. № 2. P. 176–189.
17. *Saboori B., Sulaiman J., Mohd S.* Economic growth and CO2 emissions in Malaysia: a cointegration analysis of the environmental Kuznets curve // Energy policy. 2012. Т. 51. P. 184–191.
18. *Sadorsky P.* The impact of financial development on energy consumption in emerging economies // Energy policy. 2010. Т. 38. № 5. С. 2528–2535.

19. *Selden T. M., Song D.* Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions? // Journal of Environmental Economics and management. 1994. Т. 27. № 2. P. 147–162.
20. *Shafik N.* Economic development and environmental quality: an econometric analysis // Oxford economic papers. 1994. Т. 46. № 4. P. 757–774.
21. *Shahbaz M.* et al. Trade openness–carbon emissions nexus: the importance of turning points of trade openness for country panels // Energy Economics. 2017. Т. 61. P. 221–232.
22. *Tamazian A., Chousa J. P., Vadlamannati K. C.* Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: evidence from BRIC countries // Energy policy. 2009. Т. 37. № 1. P. 246–253.
23. *Wilkinson E.* Climate change, migration and the 2030 Agenda for Sustainable Development, 2016.
24. *Zakarya G. Y.* et al. Factors affecting CO2 emissions in the BRICS countries: a panel data analysis // Procedia Economics and Finance. 2015. Т. 26. P. 114–125.
25. *Zhang Y. J.* The impact of financial development on carbon emissions: An empirical analysis in China // Energy Policy. 2011. Т. 39. № 4. P. 2197–2203.
26. База данных Worldbank [Электронный ресурс]. URL: https://data.worldbank.org
27. База данных Worldwide Governance Indicators, The World Bank [Электронный ресурс]. URL: https://govindicators.org
28. База данных International Monetary Fund [Электронный ресурс]. URL: http://www.imf.org/external/datamapper/PCPIPCH@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD/RUS
29. U. S. Bureau of Labor Statistics [Электронный ресурс]. URL: https://www.bls.gov/cpi/data.htm
30. Ведомости [Электронный ресурс]. URL: https://future.vedomosti.ru/ecology/lyudi-zamenyat-elektrostantsii

3.4. ЭКОЛОГИЯ И СЧАСТЬЕ: ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА НА СЧАСТЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Солонина Д. О., Ошмарина К. Е., Карев И. О.[1]

Введение

Счастье, не имея под собой четкого понятия или определения, представляет собой субъективную оценку отдельного индивида. Этот термин отражает степень удовлетворенности жизнью и складывается из специфического набора факторов, обстоятельств и условий, индивидуальных для каждого человека в отдельности и общих для групп людей.

Для людей, не связанных с экономикой, счастье не ассоциируется с явлением, которое можно исследовать и оценивать различными статистическими методами, ставить эксперименты и изучать посредством математического моделирования. Но с появлением агрегированных баз данных это стало возможным. Исследователи могут ответить на вопросы о том, как приверженность здоровому образу жизни, занятия спортом, отказ от вредных привычек, климат влияют на субъективную оценку счастья населения. Это только примеры вопросов, которые изучаются исследователями в области экономики, социологии и биологии помимо привычных и хорошо изученных факторов материального благополучия и обеспеченности ресурсами. Развитие мировой экономики, возникновение развитых экономик и общества потребления обострили внимание к вопросу счастья населения и привели к формированию отдельного направления экономической науки, экономики счастья. На сегодняшний день она представляет собой многообразие научных исследований, предметом которых является счастье отдельного индивида и общества в целом. Сторонники данной теории подчеркивают значение не только объективных показателей благополучия населения, но и субъективных, критериями которых являются прежде всего оценка удовлетворенности жизнью, а также то, насколько человек счастлив.

---

[1] Опубликовано в: Экология и счастье: влияние загрязнения воздуха на счастье населения // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2019. Т. 11. № 3. С. 55–69. Подготовлено под научным руководством О. В. Кудрявцевой.

Повышенный интерес к выявлению факторов счастья обуславливается современными особенностями ритма жизни. В то время как все чаще в мировом сообществе говорят о необходимости следования целям устойчивого развития, способствования снижению негативного влияния человеческой деятельности на окружающую среду, повышению качества предоставляемых населению услуг, сами люди все больше уделяют внимание оценке условий своего существования. Большая озабоченность состоянием здоровья, осведомленность о возможных рисках его ухудшения, непрерывные обсуждения в открытых источниках ухудшения состояния окружающей среды — все это вызывает опасения людей относительно приемлемости тех условий жизни, которые им предоставляет государство. Люди становятся более требовательными к качеству услуг и продуктов, к уровню развития институтов, но что самое главное, к состоянию природы и окружающей среды.

На государственном уровне проводимая политика государства направлена на изучение вопроса удовлетворенности населения и повышение этого уровня. Чиновники учитывают мнение граждан, получают обратную связь, принимают меры по повышению качества жизни. Вопросы в анкетах, с помощью которых собираются данные для информационных баз, стали включать в себя секцию, посвященную оценке уровня счастья. А уровень социально-экономического развития государства стал измеряться не только с помощью ВВП на душу населения, но и с помощью индексов удовлетворенности жизнью или счастья населения.

Эти рассуждения говорят об актуальности исследования факторов, влияющих на счастье. Важно отметить, что уровень счастья — показатель, который зависит от социальных, экономических, демографических и прочих субъективных факторов, информацию о которых не всегда удается получить. Самые популярные детерминанты удовлетворенности жизнью — уровень дохода, наличие семьи и детей и возраст. Расширение этого списка зависит от задачи исследования и фантазии автора.

Мы ставим своей задачей проанализировать влияние негативных изменений окружающей среды, а именно загрязненности воздуха, на субъективную оценку счастья. Наша интуиция и предыдущие исследования подсказывают, что эти факторы значимо влияют на удовлетворенность жизнью. Многие ученые придерживаются того мнения, что благоприятная окружающая среда, близость к природе способствуют более высоким показателям удовлетворенности жизнью людьми. В особенности это касается качества вдыхаемого воздуха. На сегодня проводятся многочисленные исследования и ставятся эксперименты по оценке негативного эффекта от загрязнения воздуха не только на показатели физического здоровья человека, но и на психическое состояние, что, как следствие, с высокой вероятностью должно отразиться на оценке человеком, в какой мере

он счастлив. По нашему мнению, человек, который проживает в крупном мегаполисе, лишенном даже мельчайших клочков зелени, загазованном и задымленном от бесчисленного числа автомобилей и промышленных предприятий, гораздо в большей степени может испытывать недостаток счастья, нежели индивид, который может похвастаться лучшими экологическими условиями своего существования. Следующая мысль может показаться ненаучной и чрезмерно субъективной, но нам кажется, многим приходила на ум мысль о том, что жители сельской местности, более мелких городов всегда кажутся более радушными, менее подверженными стрессу и негативным перепадам настроения. Несмотря на то что основным каналом влияния экологии на уровень счастья населения мы предполагаем именно состояние здоровья, мы также не исключаем и другие пути влияния.

Обобщая вышесказанное, изучение субъективных индикаторов социального благополучия, одним из которых выступает показатель счастья населения, все чаще привлекает внимание деятелей экономической науки. Вместе с другим насущным вопросом защиты окружающей среды от негативного воздействия последствий деятельности человека проблема счастья населения остается в числе наиболее востребованных направлений экономических исследований. Идея связать данные явления и исследовать наличие взаимосвязи между уровнем счастья человека и ухудшения состояния окружающей среды является крайне актуальной. Основной целью настоящей работы является проверка наличия зависимости счастья населения от неблагоприятной окружающей среды.

Анализ теоретических и эмпирических источников позволил выявить многообразие различных факторов, которые оказывают как положительное, так и отрицательное влияние на уровень счастья населения. Большинство современных научных работ подтверждают негативное влияние неблагоприятной окружающей среды на здоровье, психическое и эмоциональное состояние человека, в связи с чем основная гипотеза работы заключается в том, что ухудшение состояния условий среды обитания человека, а именно загрязнение воздуха, оказывает отрицательное воздействие на субъективные показатели удовлетворенности жизнью, счастье населения.

Важно отметить, что большинство предыдущих исследований проводились для отдельных стран на базах данных по индивидам, источниками которых служат ежегодные опросы населения конкретной страны. Таким образом, выводы позволяли говорить о влиянии экологической обстановки на счастье населения лишь на примере жителей отдельной страны. Ключевым отличием настоящего исследования является его гораздо больший охват, поскольку выбранный нами подход предполагает изучение уровня счастья населения на страновой выборке, что обуславливает необходи-

мость подбора агрегированного показателя удовлетворенности жизнью, рассчитываемого для страны. Данный подход кажется нам более верным, потому как он позволяет оценить эффект от переменной интереса на показатели счастья на большом числе значительно различающихся между собой стран, что дает возможность быть более уверенными в устойчивости и адекватности результатов исследования.

Обзор теоретических и эмпирических исследований

В рамках обзора литературы по теме настоящего исследования была рассмотрена статья, подготовленная Landes X., Unger C., Andsbjerg K., Frank K., Wiking M., опубликованная в 2015 г., «Sustainable Happiness. Why Waste Prevention May Lead to an Increase in Quality of Life». В статье обсуждается природа такого состояния, как счастье. Ссылаясь на более ранние исследования, авторы работы приводят утверждение о том, что в рамках проведения опросов разница в уровне счастья между людьми, которые особенно бережливо относятся к окружающей среде в сравнении с остальными опрошенными, равна разнице между группой со средним уровнем дохода и группой с низкими доходами. Подтверждается гипотеза о наличии взаимосвязи между счастьем и экологическим поведением индивида. Также авторы рассуждают над причинами такой взаимосвязи: счастливые люди больше и чаще интересуются вопросами заботы об окружающей среде; люди, которые заботятся об окружающей среде, получают больше удовольствия от жизни — этот аргумент подкрепляется эмпирическими исследованиями, в которых участников делили на группы и одну из групп просили начать сберегать энергию (в 14 городах Китая, 2013 г., местные жители, возраст 18–39 лет) или отказаться от лишних отходов (в Дании, 2014 г., местные жители, 25–39 лет). По прошествии времени группа, заботящаяся об экологии, отмечала улучшение своего состояния. Экологическое поведение способствует развитию гражданского общества, а его становление положительно влияет на показатели счастья. Забота об окружающей среде развивает в человеке альтруизм, который также благоприятно влияет на уровень счастья. В заключение авторы советуют стимулировать различные инициативы, направленные на формирование экологического поведения у людей.

Исследование о влиянии загрязнения воздуха на счастье населения было проведено Ариком Левинсоном. В статье «Valuing Public Goods Using Happiness Data: The Case Of Air Quality» [5] он использовал данные опроса General Social Survey (2010), в ходе которого гражданам США, отличающимся по различным показателям (возраст, доход домохозяйства, национальная принадлежность, образование, пол, семейное положение), предлагалось оценить уровень, произведя географическую классификацию

и присвоив каждому из местонахождений, где проживает опрошенный человек, статус загрязнения воздуха. Автор обнаружил, что загрязнение окружающей среды имеет негативное воздействие на счастье человека, что в первую очередь связано с более низкими показателями здоровья, количеством пропущенных рабочих дней по причине болезни. Также Арик Левинсон использовал оценочную функцию для расчета предельной нормы замещения между годовым доходом домохозяйства и качеством воздуха, при котором респонденты чувствуют себя одинаково счастливыми. Таким образом, автор рассчитал предельную готовность платить за качество воздуха и сопоставил данные респондентов по различным показателям, используемым в General Social Survey. Автор обнаружил, что готовность платить выше для людей с высоким доходом, для респондентов, имеющих детей, и для респондентов, читающих газеты. Газеты связаны с информированностью граждан и их эрудицией, в том числе в области проблем, связанных с экологией. В случае с информированностью предельная готовность платить у читателей газет в 10 раз превышала значение прочих опрошенных. Арик Левинсон обнаружил, что люди с высокими показателями здоровья готовы заплатить больше, чем люди, имеющие проблемы со здоровьем. Люди, живущие в загрязненном районе, готовы платить меньше, чем в чистом.

В исследовании Victor Corral-Verdugo, José Mireles-Acosta, Cesar Tapia-Fonllem, Blanca Fraijo-Sing «Happiness as Correlate of Sustainable Behavior: A Study of Pro-Ecological, Frugal, Equitable and Altruistic Actions That Promote Subjective Wellbeing» рассматривается влияние проэкологического поведения человека на его благосостояние. Авторы статьи провели исследование в небольшом мексиканском государственном университете [16]. Они опросили 606 учащихся: 366 девушек и 240 юношей в возрасте от 18 до 44 лет со средним доход 1700 долл. США в месяц и средней продолжительностью обучения в 14 лет. В ходе опроса были получены ответы на вопросы об экологичном поведении и данные о характере поведения по шкале от 0 (никогда не делаю) до 3 (всегда делаю). Студентам также предлагалось отметить уровень счастья по шкале от 1 (абсолютно несчастлив) до 7 (абсолютно счастлив). Данные были проанализированы с использованием различных статистических методов. Влияние проэкологического поведения оказалось значимым для уровня счастья.

В исследовании о связи экологической деградации и уровня счастья человека Ada Ferrer-i-Carbonella, John M. Gowdyb «Environmental degradation and happiness» [4] авторы проводили исследование на основе данных опроса The British Household Panel survey за 1996 год, включавшего информацию, полученную от 10 000 респондентов, жителей Англии, в возрасте от 14 до 78 лет, различающихся по наличию детей, количеству лет обучения, доходу, наличию проблем со здоровьем, из приблизительно

5000 домашних хозяйств. В исследовании присутствовали вопросы «Как вы относитесь к исчезновению видов птиц и животных?» и «Как вы относитесь к разрушению озонового слоя?», на которые можно было дать четыре различных ответа по шкале от «очень обеспокоен» до «вообще не обеспокоен». В исследовании также присутствовал вопрос об удовлетворенности человека своей жизнью. На основе вопросов, места проживания респондента, степени загрязнения окружающей среды и оценок удовлетворенности жизнью авторы построили пробит-модель, учитывающую влияние ряда прочих факторов, и пришли к выводу об отрицательном воздействии экологической деградации на счастье человека.

В российском научном сообществе тема зависимости счастья и экологии только начинает приобретать популярность. В исследовании О. Антипиной «Экономика, культура и счастье: есть ли взаимосвязь?» [1] анализируются культурные и экономические параметры, по которым составляются международные рейтинги уровня счастья. Автор анализирует различия в международных рейтингах и отмечает интересный парадокс: при включении экологического следа в показатель счастья страны изменяется привычное распределение стран по уровню счастья. Когда этот параметр не учитывается, стандартное распределение стран по уровню счастья граждан можно описать так: «богатые страны счастливее бедных», однако при добавлении экологического параметра страны с благоприятной экологической средой выходят в лидеры, а развитые страны становятся отстающими. Автор резюмирует, что с увеличением экологического следа на какой-либо части планеты гармония благосостояния людей на рассматриваемой территории снижается.

Значимость экологической составляющей была обнаружена в исследовании «Индекс счастья российских городов», проведенном мониторинговым агентством News Effector совместно с Фондом региональных исследований «Регионы России». Были опрошены 26 900 респондентов в возрасте от 18 до 60 лет с различным уровнем дохода, проживающих на территории крупнейших городов России. В числе вопросов был «Чувствуете ли вы себя счастливым в вашем городе?». Было обнаружено, что материальная обеспеченность граждан является значимым, но не доминирующим фактором в определении уровня счастья. Наиболее важными критериями являются экология города, уровень безопасности, а также ощущение перемен к лучшему.

Н. А. Лаврова в статье «Экономика счастья» [2] проводит исследование выявления объективных показателей, которые могли бы характеризовать уровень счастья индивидов, а также предлагает меры по увеличению уровня счастья на основе исследовательских работ, проведенных другими авторами. В статье неоднократно упоминается значимость показателя экологической ситуации при изучении уровня счастья людей. Помимо

экологической составляющей автор отмечает критическую важность социальной значимости инноваций, а также сбалансированности между инновациями и человеческим счастьем в государственной политике. Политический курс, направленный на счастье людей, будет сопровождаться экономическими показателями за счет роста «эффективности» граждан.

Таким образом, можно резюмировать, что большинство авторов отмечали наличие устойчивой взаимосвязи между различными показателями экологии и уровнем счастья людей. Стоит отметить, что устойчивая связь наблюдается независимо от национальной принадлежности, пола, возраста и ряда других характеристик респондентов, что говорит в пользу актуальности изучаемой проблемы для современного общества.

Данные и описательная статистика

Первоочередной задачей в рамках проведения данного исследования был выбор соответствующего показателя, который может рассматриваться в качестве адекватного и релевантного индикатора уровня счастья населения. Поскольку само по себе явление счастья является крайне субъективным понятием, его агрегированное значение для страны невозможно получить путем простых формульных расчетов или комбинацией различных статистических показателей, данные о которых централизованно собираются на государственном уровне. Поскольку данную информацию возможно было получить только в результате непосредственного контакта — индивидуальных опросов населения, было очевидным, что именно на основе информации, полученной в процессе интервьюирования жителей отдельной страны, возможно рассчитать совокупный показатель счастья населения для страны в целом.

Необходимые данные содержатся в Мировом исследовании счастья (World Happiness Report) — отчете, публикуемом на ежегодной основе и содержащим информацию по 156 странам мира. Первоисточником служит опрос населения, который проводится по всему миру — Gallup World Poll. Основной показатель, публикуемый в отчете, так называемый Cantril Ladder, оценивает уровень счастья по шкале от 0 до 10, где 10 — абсолютное счастье. Первоначально данные были собраны по индивидам, каждый из которых принимал участие в опросе и давал свою субъективную оценку удовлетворенности жизнью. Более того, в данном отчете предлагается возможное объяснение, почему для одних стран показатель счастья выше, чем для других, — приводится статистика по шести различным характеристикам социально-экономического развития страны, каждая из которых может положительно сказываться на субъективной оценке населением удовлетворенности жизни: уровень ВВП, ожидаемая продолжительность жизни, щедрость, социальная поддержка, уровень демократических сво-

бод, уровень коррупции. В дополнение авторами данного отчета каждому из субпоказателей присваивается доля, которая отражает вклад данного фактора в превышение уровня счастья в данной стране по сравнению со страной с самым низким уровнем счастья.

В качестве зависимой переменной выступает показатель LifeLadder, представляющий собой консолидированную оценку уровня счастья населения, публикуемую в виде отчета World Happiness Report.

Следующим шагом был поиск показателя, который может служить характеристикой загрязненности воздуха, неблагоприятной окружающей среды. В процессе выбора переменной интереса мы остановились на нескольких показателях, доступных в базе данных Всемирного банка (World Bank Databank), однако первые эмпирические результаты показатели релевантность только двух из них, а именно совокупного объема выбросов углекислого газа (CO_2emissionkt) и показателя PM2.5 — это твердые частицы размером менее 2,5 микрона. Их диаметр в 30 раз меньше, чем диаметр человеческого волоса. К ним относится смесь частиц пыли, золы, сажи, а также сульфатов и нитратов, находящихся во взвешенном состоянии в воздухе и беспрепятственно попадающих в человеческий организм воздушно-капельным путем и способных нанести серьезный урон здоровью человека. Именно содержание этих частиц в воздухе (микрограмм на 1 куб. м) рассматривается в качестве показателя загрязненности воздуха. На наш взгляд, обе переменные служат адекватными характеристиками состояния воздуха и атмосферы. Многочисленные исследования предполагают негативное воздействие загрязненности окружающей среды на состояние человека, как физическое, так и биологическое. Так, исследования на данных крупнейших индустриальных городов Китая подтверждают негативное влияние концентрации вредных веществ в воздухе и выбросов углекислого газа на состояние здоровья местных жителей. Как следствие, мы предполагаем, что неблагоприятное состояние воздуха может оказывать отрицательное влияние не только на показатели здоровья населения, но и на уровень счастья.

В качестве контрольных переменных, оказывающих влияние на удовлетворенность жизнью, были выбраны инфляция, совокупный национальных доход на душу населения, ВВП на душу населения, доля городского населения в совокупном, доля сельскохозяйственных земель в общей территории, показатель старости населения, индекс Джини, уровень безработицы.

Описательная статистика приведена в табл. 1. Мы наблюдаем заметную неоднородность для каждого из показателей, приведенных в таблице, включая уровень счастья, который сосредоточен для рассматриваемых стран в диапазоне от 3,13 до 7,79, а также содержание PM2.5 — в диапазоне от 6,28 до 100,8.

Таблица 1

Описательная статистика данных

	Happiness	CO_2 Emissions	PM2.5	Gini Index	Urban Population, %	GDP per capita	Unemployment
Mean	5,64	310 826	27,7	36,7	62,4	16 624,4	8,03
st dev	1,14	1 183 297	18,8	6,32	21,2	20 544,0	5,82
Min	3,13	517	6,28	24,0	16,2	347,3	0,32
Max	7,79	10 291 930	100,8	63,4	97,8	118 823,6	28,01

Далее будет полезным предварительно оценить, наблюдается ли какая-то наглядная связь между показателем загрязненности воздуха и уровнем счастья населения. На рис. 1 мы наблюдаем достаточно ощутимую обратную зависимость между уровнем счастья населения и концентрацией инородных тел и загрязняющих воздух веществ PM2.5.

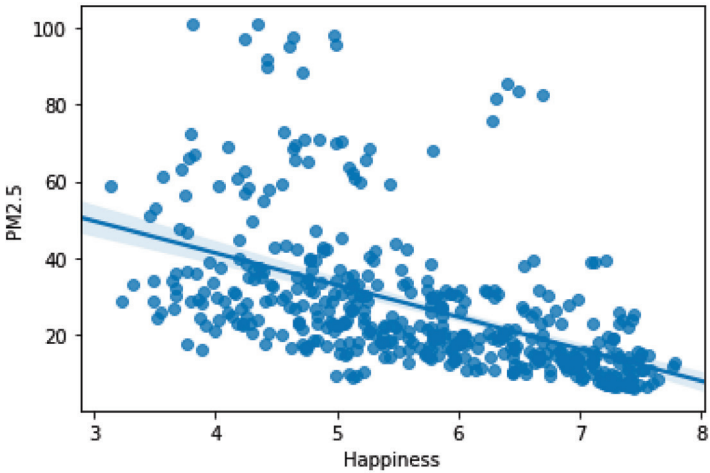


Рис. 1. Зависимость уровня счастья от количества твердых частиц размером менее 2,5 микрона

Рисунок 2 иллюстрирует распределение доли городского населения в странах рассматриваемой выборки. Нетрудно заметить, что доля проживающих в городской черте составляет значительную долю совокупного населения страны, что важно в рамках проведения данного исследования, ведь от проблем низкого качества воздуха страдают именно индустриальные и развитые города.

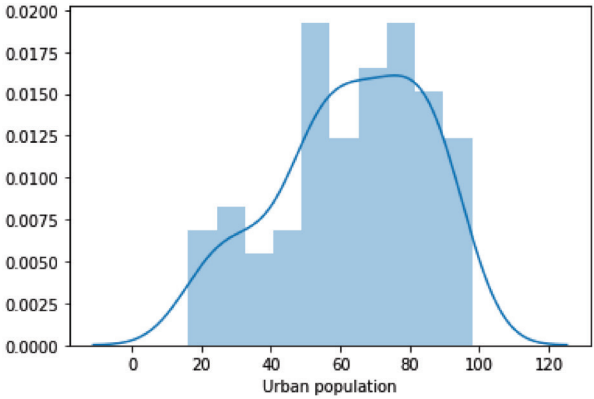


Рис. 2. Распределение доли городского населения по странам

Прежде чем перейти непосредственно к обсуждению эмпирических результатов, обратимся к спецификации модели, рассматриваемой в следующем разделе.

Спецификация модели и результаты исследования

Модель для оценки эффекта от увеличения вредных выбросов в атмосферу описывается следующим уравнением:

$$Happiness = \beta_1 Airpollution + Y * X + \varepsilon,$$

где *Happiness* — уровень счастья населения, измеряемый показателем *CantrilLadder* из базы данных World Happiness Report;

X — вектор контрольных переменных, оказывающих влияние на уровень счастья населения.

В целях проверки гипотезы об отрицательном влиянии негативного состояния окружающей среды, а именно загрязненности воздуха и высоких показателей выбросов углекислого газа в атмосферу, на удовлетворенность жизнью были собраны данные по странам за 2010–2014 гг. Ограниченность данными промежутками обусловливается наличием пропусков для ряда регрессоров. В выборку вошли данные по 89 странам за пятилетний период 2010–2014 гг.

В ходе проверки гипотезы был использован ряд различных спецификаций модели, однако в конечном итоге мы остановились на некоторых из них.

Первым этапом была оценка модели методом МНК с использованием робастных стандартных ошибок в целях устранения возможной гетероскедастичности в данных. В качестве зависимой переменной выступает

абсолютное значение индекса уровня счастья населения (*Happiness*), в качества переменной интереса — общий объем выбросов углекислого газа (*CO_2emissions*). Результаты оценивания приведены в табл. 2. Мы наблюдаем значимый на 1%-ном уровне отрицательный эффект роста объемов выбросов на показатель счастья жителей. Так, при увеличении выбросов на 1000 т индекс в среднем снижается при прочих равных на 1,2 единицы. Соответствующие тесты отвергли гипотезу о равенстве нулю коэффициента при переменной интереса. Значение R2 для модели является достаточно высоким — 0,72, что говорит о том, что регрессоры в значительной мере объясняют зависимую переменную. Таким образом, результаты оценивания методом МНК подтверждают сформулированную в начале работы гипотезу об отрицательном воздействии загрязнения воздуха на субъективную оценку счастья населения.

Таблица 2

Результаты оценки методом МНК (с поправкой на гетероскедастичность HC1)

Модель	(1)
Зависимая переменная	*Happiness*
Регрессор	
CO_2emissions	-1.11***
	(0.00)
Unemployment	-0.05***
	(0.01)
Health expenditure (share in GDP)	0.01**
	(0.00)
Gini Index	0.03***
	(0.01)
Age dependancy	-0.02***
	(0.00)
Agricultural land	-0.01
	(0.00)
Urban population	0.01***
	(0.00)
GDP per capita	-2.31*
	(1.20)
GNI per capita	3.72**
	(1.70)
Inflation	-0.00
	(0.01)
Const	4.83***
	(0.52)
N	445
R^2	0.75

* — значимость на 10%-ном уровне;
** — значимость на 5%-ном уровне;
*** — значимость на 1%-ном уровне.

Для проверки на устойчивость выводов о характере зависимости уровня счастья от степени загрязненности воздуха далее была использована модель со случайными эффектами (*random effects model*), где в качестве переменной интереса выступает показатель PM2.5, отражающий содержание вредных примесей и веществ. Результаты оценивания приведены в табл. 3. Первое, на что стоит обратить внимание, — отрицательный коэффициент при переменной интереса, что также поддерживает основную гипотезу настоящего исследования о негативном влиянии неблагоприятного состояния воздуха на уровень счастья населения. Значимость коэффициента наблюдается на 5%-ном уровне, что позволяет нам привести его интерпретацию и формулировать выводы на основе полученных результатов. Коэффициент при переменной можно интерпретировать следующим образом: при увеличении содержания вредных примесей на 1 единицу измерения на кубический метр воздуха уровень счастья при прочих равных снижается на 0,007 единицы. Статистические тесты отвергают гипотезу о равенстве нулю коэффициента при переменной PM2.5. Выбор модели со случайными эффектами подтверждается результатами теста Хаусмана на выбор модели для оценивания уравнения на панельных данных.

Стоит также отметить, что в дополнение к описанным двум моделям уравнение было оценено методом внутригруппового преобразования с PM2.5 в качестве переменной интереса. Результаты также подтверждают отрицательное влияние загрязнения воздуха на показатель счастья населения, значение коэффициента совпадает с полученным по модели с фиксированными эффектами.

Таблица 3

Результаты оценки модели со случайными эффектами (random effects model) (с поправкой на гетероскедастичность)

Модель	(2)
Зависимая переменная	Happiness
Регрессор	
PM2.5	-0.007**
	(0.00)
Unemployment	-0.05***
	(0.01)
Gini Index	0.00
	(0.00)
Urban population	0.02***
	(0.00)
GDP per capita	0.00
	(0.00)
Inflation	0.00
	(0.00)

Const	4.21
	(0.36)
N	445
Hausman test	0.06
p-value	

* — значимость на 10%-ном уровне;
** — значимость на 5%-ном уровне;
*** — значимость на 1%-ном уровне.

Выводы

Главной целью данного исследования являлась попытка оценить, каким образом неблагоприятное состояние окружающей среды, выражающееся в загрязненности воздуха, низком его качестве, отражается на субъективной оценке счастья населения. Многочисленные исследования последних лет указывают на то, что качество жизни, степень удовлетворенности ее условиями определяются во многом состоянием окружающей среды, в которой существует человек. Будет логичным предположить, что вместе с ухудшением экологической обстановки велика вероятность учащения жалоб и роста недовольства со стороны населения, что должно отразиться на оценке того, насколько люди, проживающие в отдельной стране, счастливы. Негативное воздействие экологических факторов на счастье населения может достигаться как посредством ухудшения состояния здоровья и общего самочувствия, так и психического состояния.

В рамках работы было предложено несколько спецификаций моделей и проведено эмпирическое исследование интересующей зависимости. Для проверки устойчивости результатов и корректности их интерпретации было выбрано несколько показателей негативного воздействия на экологическую ситуацию в стране, а именно объем выбросов углекислого газа, а также значения PM2.5, характеризующего концентрацию вредных примесей и инородных тел в воздухе как в городской, так и сельской местности. Все использованные модели указали наличие значимого отрицательного воздействия неблагоприятной экологической обстановки на субъективную оценку того, насколько счастливы жители отдельной страны. Как уже было сказано ранее, данные результаты соответствуют интуиции и здравому смыслу. В современной научной литературе нередко отмечалось, что люди, проживающие вдали от шумных городов, окутанных вредными выбросами и газами от переполненности автомобилями и различными промышленными предприятиями, отличаются более высокими показателями здоровья, позитивным отношением к жизни, реже жалуются на самочувствие, а также могут похвастаться более стабильным психическим состоянием. Вне всяких сомнений, этому может способство-

вать множество различных факторов, а не только состояние окружающей среды и экологические условия проживания. Однако отрицать тот факт, что с высокой долей вероятности экология и неудовлетворительная природная обстановка оказывают отрицательное воздействие на уровень счастья населения, будет неверным. Эмпирическая стратегия настоящего исследования является достаточно простой и ориентирована на формирование общего понимания, действительно ли в современных реалиях имеет место описываемая в данной работе тенденция снижения уровня счастья вследствие ухудшения экологической ситуации. Далее необходимо осуществить более детальный анализ, принимать во внимание ряд прочих не учтенных в настоящем исследовании факторов, рассмотреть дополнительные спецификации модели, а также задействовать больший объем выборки с опорой на разные базы данных. Тем не менее первые результаты, описанные на страницах данной статьи, указывают на релевантность и обоснованность проведения дальнейшего исследования, а также на значимый отрицательный эффект от ухудшения экологической обстановки на счастье населения.

Данный параграф ставит своей целью, в первую очередь, обратить внимание на эту проблему. Растущий интерес и озабоченность экологической ситуацией обусловлены множеством различных факторов, к числу которых нужно отнести удовлетворенность жизнью людей и их оценку того, насколько они счастливы. На государственном уровне проводимая политика направлена на изучение вопроса удовлетворенности населения и повышение этого уровня. Чиновники учитывают мнение граждан, получают обратную связь, принимают меры по повышению качества жизни. Из вышесказанного напрашивается вывод о важности исследования влияния экологической ситуации на счастье населения. Более глубокое понимание данной взаимосвязи может стать крайне полезным при разработке соответствующих государственных программ по повышению качества жизни населения с ориентацией в том числе на поддержание хорошего состояния окружающей среды, борьбу с непрекращающимся ростом загрязнения и увеличением негативного влияния деятельности человека на объекты природы, а также на поддержание баланса между прогрессивной экспансией человечества и окружающей средой.

Список литературы

1. *Антипина О.* Экономика, культура и счастье: есть ли взаимосвязь? // Мировая экономика и международные отношения. 2017. Т. 61. № 7. С. 35–44.
2. *Лаврова Н. А.* Экономика счастья // Вестник СГСЭУ. 2012. № 4. С. 31–35.
3. NewsEffector, Фонд региональных исследований «Регионы России». Индекс счастья российских городов, 2012.

4. *Ada Ferrer-i-Carbonella, John M. Gowdyb.* Environmental degradation and happiness // Ecological Economics. 15 January 2007. Vol. 60. Issue 3. P. 509–516.
5. *Arik Levinson.* Valuing Public Goods Using Happiness Data: The Case Of Air Quality // Journal of Public Economics, Elsevier. Vol. 96(9). P. 869–880.
6. *Barrington-Leigh, Christopher P.* Weather as a Transient Influence on Survey-reported Satisfaction with Life, 2008.
7. *Becchetti, Leonardo, Stefano Castrioto, and Londono Bedoya David Andres.* Climate, Happiness and the Kyoto Protocol: Someone Does not Like it Hot // CEIS Working Papers. 2007. Vol. 247. P. 43–66.
8. *Bruni, Luigino, and Pier Luigi Porta.* Handbook on the Economics of Happiness, 2007.
9. Danish Ministry of the Environment Sustainable Happiness: Why Waste Prevention May Lead to an Increase in Quality of Life, 2015.
10. *Kim, Chong Won, Tim Phipps, Luc Anselin.* Measuring the Benefits of Air Quality Improvement: A Spatial Hedonic Approach // Journal of Environmental Economics and Management. January 2003. Vol. 45. Issue 1. P. 24–39.
11. *MacKerron, George, and Susana Mourato.* Life Satisfaction and Air Quality in London // Ecological Economics. 15 March 2009. Vol. 68. Issue 5. P. 1441–1453.
12. *Oswald, Andrew.* Happiness and Economic Performance // Economic Journal, Royal Economic Society. November 1997. Vol. 107(445). P. 1815–1831.
13. *Rehdanz, Katrin, and David Maddison.* Climate and Happiness // Ecological Economics. 5 January 2005. Vol. 52. Issue 1. P. 111–125.
14. *Rehdanz, Katrin, and David Maddison.* Local Environmental Quality and Life Satisfaction in Germany // Ecological Economics. 1 February 2008. Vol. 64. Issue 4. P. 787–797.
15. *Smith, V. Kerry, and Ju-Chin Huang.* Can Markets Value Air Quality? A Meta-Analysis of Hedonic Property Value Models // Journal of Political Economy. 2005. Vol. 103. No. 1. P. 209–227.
16. *Victor Corral-Verdugo, José Mireles-Acosta, Cesar Tapia-Fonllem, Blanca Fraijo-Sing.* Happiness as Correlate of Sustainable Behavior: A Study of Pro-Ecological, Frugal, Equitable and Altruistic Actions That Promote Subjective Wellbeing // Human Ecology Review. 2011. Vol. 18. Issue 2. P. 95–104.

3.5. МОЖНО ЛИ КУПИТЬ ДОЛГОЛЕТИЕ: ВЗАИМОСВЯЗЬ РАСХОДОВ НА ЗДРАВООХРАНЕНИЕ И ОЖИДАЕМОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ

Карелина П. В., Иванова Е. С., Черкасова Е. С.[1]

Введение

Каждый человек хотел бы прожить долгую и здоровую жизнь. Поэтому продолжительность жизни является одним из важнейших показателей здоровья и благополучия нации, и она определяется большим числом факторов: образом жизни, развитием медицины, общим экономическим развитием страны, генетической предрасположенностью к различным заболеваниям и многими другими. Однако экономистов особенно интересует вопрос об эффективности вложений в систему здравоохранения, а именно действительно ли эти расходы способны повысить уровень здоровья в стране. Государства, частные компании и домохозяйства в совокупности ежегодно тратят колоссальные суммы на развитие медицинской инфраструктуры, покупку лекарств и оборудования, профилактические мероприятия и научные разработки в данной сфере. Насколько эти затраты оправдывают себя? Современные исследования пока не дают однозначного ответа. Поэтому нашей целью является оценка влияния среднедушевых расходов на здравоохранение на ожидаемую продолжительность жизни (ОПЖ).

Мы выдвигаем две следующие **гипотезы**, выполнение которых планируем проверить в работе:

1. Расходы на здравоохранение увеличивают продолжительность жизни.

Развитая инфраструктура здравоохранения, а также доступ к квалифицированной медицинской помощи и лекарствам предположительно

---

[1] Опубликовано в: *Карелина П. В., Иванова Е. С., Черкасова Е. С.* Можно ли купить долголетие: взаимосвязь расходов на здравоохранение и ожидаемой продолжительности жизни// Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2018. Т. 10. № 2. С. 99–117. Подготовлено под научным руководством О. В. Кудрявцевой.

должны снижать смертность от заболеваний и травм во всех возрастах, и, следовательно, ожидаемая продолжительность жизни должна возрастать.

2. Расходы на здравоохранение и прочие факторы количественно поразному влияют на ОПЖ в зависимости от пола и возраста человека.

Поскольку в разном возрасте потребности человека различаются (в том числе и потребности в медицинском обслуживании и лекарствах), то и соответствующие расходы должны в различной (большей или меньшей) степени влиять на ОПЖ в каждом конкретном возрасте. Аналогичные рассуждения могут быть проведены для различий между мужчинами и женщинами.

В работе мы будем опираться на предыдущие исследования по данной тематике и использовать данные международных организаций.

Обзор литературы

Прежде чем начать собственное исследование, обратимся к уже существующим работам по теме расходов на здравоохранение.

В своем исследовании **«Состояние здоровья и медицинские расходы: есть ли связь»** Б. Вольф предполагает, что между расходами на здравоохранение и состоянием здоровья существует положительная корреляция [8]. Автор рассматривает взаимосвязь между образом жизни, состоянием здоровья населения и расходами на медицинское обслуживание для определения чистого эффекта изменения расходов на здоровье населения. Сначала в статье исследуется влияние позитивных или негативных изменений в образе жизни людей на состояние здоровья. Во второй части автор уже непосредственно переходит к анализу медицинских расходов и их корреляции с образом жизни и здоровьем. Для подтверждения данных связей в статье используются данные ОЭСР по Германии, Англии, Нидерландам, Франции, Швеции и США за 1950–1980-е гг. Автор рассматривает динамические ряды показателей младенческой смертности, ожидаемой продолжительности жизни, смертности от цирроза печени, потребления табачных изделий, соотношения опасных и безопасных рабочих мест, число пострадавших в ДТП и расходы на медицинское обслуживание в процентах от ВВП. В результате анализа данных и поправки на инфляцию и численность населения исследователь приходит к выводу, что если предположить экзогенность изменений образа жизни населения, а именно их независимость от динамики медицинских расходов, то решение об увеличении расходов действительно должно привести к улучшению состояния здоровья населения. Их уменьшение, наоборот, ведет к более слабым показателям здоровья. Автор исследования отмечает, что данная зависимость не является абсолютной корреляцией, что объясняется раз-

личиями в жизненных укладах, в распределении и использовании медицинских расходов внутри стран, в видах медицинских услуг и во взаимодействии предложения и спроса на них. Для обнаружения данной взаимосвязи исследователь оценил реальные размеры изменения медицинских расходов и учел другие факторы, которые также могут оказывать влияние на состояние здоровья.

В 2005 г. была опубликована крупная статья американских исследователей Дж. Шоу, У. Горрас, Р. Вогель **«Детерминанты ожидаемой продолжительности жизни: анализ данных ОЭСР по здравоохранению»** [6]. В ней рассмотрены факторы, определяющие ожидаемую продолжительность жизни в развитых странах для разных возрастных групп (ОПЖ в 40, 60 и 65 лет) отдельно для мужчин и женщин. Авторы обращают особое внимание на возрастное распределение населения в странах, без учета которого в модели может возникнуть смещение оценок коэффициентов. Для расчетов взяты данные из базы ОЭСР по 19 развитым странам за период с 1980 по 1997 г.

В качестве зависимой переменной исследователи выбрали ОПЖ в 40, 60 и 65 лет в 1997 г. Объясняющие переменные: ВВП на душу населения, среднедушевые фармацевтические расходы[1], среднедушевые расходы на здравоохранение (исключая лекарства), потребление алкоголя, табака, сливочного масла, овощей и фруктов. Все эти факторы взяты с лагом в 12–17 лет (в зависимости от наличия данных), так как они оказывают постепенное, накапливающееся воздействие на здоровье человека и не сразу явно отражаются на продолжительности жизни. Использование лагов также позволяет избавиться от возможной эндогенности, которая является типичной проблемой для подобных исследований. Чтобы учесть возрастную структуру населения, которая может влиять как на ОПЖ, так и на расходы на здравоохранение, в число объясняющих переменных включена доля населения старше 65 лет (также с лагом). Примечательно, что исследователи не рассматривают в качестве зависимой переменной ОПЖ при рождении, так как, по их мнению, перечисленные факторы влияют на здоровье именно взрослого человека, а не младенца.

---

[1] Различают два показателя: фармацевтические расходы (или расходы на лекарства, pharmaceutical expenditure) и расходы на здравоохранение (health expenditure). Последние, согласно новой классификации ВОЗ, подразделяются на текущие расходы (медицинские товары и услуги, потребленные в течение года) и капитальные расходы (вложения в долгосрочные активы — здания, медицинскую аппаратуру, информационные технологии; составляют, как правило, не более 20% от общих расходов на здравоохранение). В данной работе мы рассматриваем влияние именно текущих расходов на здравоохранение.

Авторы оценивают двойную логарифмическую модель, добавив в нее фиктивные переменные для шести половозрастных групп (женщины, мужчины; ОПЖ40, ОПЖ60, ОПЖ65). В результате фармацевтические расходы оказывают значимое положительное влияние на ОПЖ, причем воздействие количественно выражено сильнее для старших возрастов. Однако расходы на здравоохранение и ВВП не оказывают значимого влияния на ОПЖ. Потребление масла, овощей и фруктов значимо положительно влияет на ОПЖ. Что касается вредных привычек, то потребление алкоголя значимо отрицательно влияет на ОПЖ только у мужчин, а потребление табака уменьшает ОПЖ во всех половозрастных группах.

Профессор З. Калискан провел исследование **«Взаимосвязь между фармацевтическими расходами и ожидаемой продолжительностью жизни: данные для 21 страны ОЭСР»** [5]. Он проанализировал влияние на продолжительность жизни частных и общественных фармацевтических расходов, образа жизни, социально-экономических и демографических факторов. В статье использованы панельные данные по 21 стране ОЭСР за 1985–2002 гг., ОПЖ рассмотрена в шести половозрастных группах (как у Shaw et al.). Автор также использует двойную логарифмическую модель — «производственную функцию здоровья» (health production function). Зависимая переменная — ОПЖ, переменные интереса — частные и общественные фармацевтические расходы. В качестве контрольных переменных взяты: реальный ВВП на душу населения, потребление овощей и фруктов, численность врачей на 1000 человек, степень урбанизации (доля населения, проживающего в городах). По результатам оценивания исследователь приходит к выводу, что частные фармацевтические расходы оказывают значимое положительное влияние на ОПЖ во всех половозрастных группах, и оценки коэффициентов возрастают при повышении возраста. Однако общественные фармацевтические расходы влияют не так однозначно: воздействие для ОПЖ женщин в 65 лет и мужчин в 40 лет не значимо, для женщин в 40 лет — значимо лишь на 10%-ном уровне. Переменная дохода (ВВП) во всех случаях оказывает положительное влияние на высоком уровне значимости, урбанизация — значимо отрицательное влияние. Потребление овощей и фруктов не влияет статистически значимо, а число врачей оказывает неоднозначное воздействие на продолжительность жизни.

Работа Д. Бартольд (D. Barthold), А. Нанди (A. Nandi), Дж. М. Мендоза Родригес (J. M. Mendoza Rodriguez) и Дж. Хейманн (J. Heymann) **«Являются ли расходы на здравоохранение одинаково эффективными в разных странах для повышения продолжительности жизни»** ставит своей задачей объяснить зависимость ожидаемой продолжительности жизни от расходов на здравоохранение с учетом страновых особенностей [3]. Модели строятся на панельных данных по 27 странам за 1991–2007 гг. Зависимая переменная —

ОПЖ при рождении, в 40 и 65 лет. В качестве объясняющих переменных авторы выбрали расходы на здравоохранение, социальные расходы (исключая здравоохранение), ВВП на душу населения. Все прочие факторы отнесены к фиксированному эффекту страны (созданы фиктивные переменные для стран). Расходы на здравоохранение и социальные расходы взяты с первым лагом. Исследователи оценивают двойную логарифмическую модель, в результате чего выявляется значимое положительное влияние расходов на здравоохранение для большинства стран. При этом эффект для мужчин количественно выражен сильнее, чем для женщин (исключение — Япония). Результаты устойчивы и для альтернативных спецификаций модели (добавленные переменные: вовлечение в образование на разных ступенях, темп прироста ВВП, потребление алкоголя и табака, страновой эффект для социальных расходов). Включение в модель возрастной структуры населения меняет результаты, однако авторы считают, что включение этой переменной не имеет смысла, поскольку она не является причиной или следствием расходов на здравоохранение.

В статье 2017 г. авторов К. Бласкес-Фернандес (C. Blazquez-Fernández), Д. Кантареро-Прито (D. Cantarero-Prieto), М. Паскуаль-Саес (M. Pascual-Saez) **«Расходы на здравоохранение и социально-экономические детерминанты ожидаемой продолжительности жизни в странах Азиатско-Тихоокеанского региона ОЭСР»** проверяется взаимосвязь показателей здоровья (выражаемого показателем продолжительности жизни), экономического развития (доходы) и политики в области здравоохранения (расходы на здравоохранение) [4]. Расчеты произведены на панельных данных по восьми странам (Австралия, Канада, Чили, Япония, Корея, Мексика, Новая Зеландия, США) за 1995–2013 гг. Зависимой переменной в моделях является ОПЖ при рождении (без разделения по полу). Переменные интереса: ВВП на душу населения, среднедушевые расходы на здравоохранение; контрольные переменные: уровень безработицы, обменный курс. Исследователи строят логарифмические модели для всех восьми стран вместе и для каждой по отдельности. Результаты оценивания весьма противоречивы: расходы на здравоохранение во всех случаях оказывают значимое влияние на ОПЖ, и для большинства стран в отдельности эффект положителен; однако для всей выборки стран в целом и отдельно для США влияние переменной отрицательно, что странно с точки зрения логики. Исследователи объясняют этот парадокс возможностью неэффективного вложения средств в здравоохранение. Остальные факторы в тех случаях, когда они значимы, влияют на ОПЖ положительно.

В еще одной статье за 2017 г. **«Насколько важны расходы на здравоохранение для продолжительности жизни? Сравнительный анализ европейских стран»** авторы У. ван ден Хьювел (W. J. van den Heuvel) и М. Олару (M. Olaroiu) рассматривают взаимосвязь между ожидаемой продолжительностью жизни

при рождении и расходами на здравоохранение [7]. Фактически ожидаемая продолжительность жизни может быть представлена различными показателями (ожидаемая продолжительность здоровой жизни, после 65 лет и т.д.), однако вследствие их сильной схожести в исследовании используется только ожидаемая продолжительность жизни при рождении. Анализ включает в себя также расходы на образование и социальные расходы, количественные показатели, такие как число больничных коек и врачей общей практики, и качественные характеристики системы здравоохранения — процентное соотношение вакцинированных детей или неудовлетворенных медицинскими услугами. Авторы также учитывают данные о различных показателях образа жизни (потребление алкоголя, безграмотность). На основе информации из международных баз данных по 31 европейской стране в исследовании первоначально оценивается двумерная корреляция каждого из показателей системы здравоохранения и образа жизни с ожидаемой продолжительностью жизни при рождении. Затем уже авторы отбирают индикаторы, которые оказались статистически значимыми, и строят на их основе модель линейной регрессии, где они выступают в роли независимых переменных, а ожидаемая продолжительность жизни в качестве зависимой. Авторы отдельно подчеркивают, что из трех видов рассматриваемых расходов именно социальные расходы сильнее всего коррелируют с ожидаемой продолжительностью жизни при рождении, поэтому расходы на здравоохранение вообще не используются в финальном регрессионном анализе. Таким образом, в регрессию входят социальные расходы, число больничных коек на 100 000 жителей, уровень младенческой смертности, процент не удовлетворенных медицинским обслуживанием и объем потребления алкоголя в литрах на одного жителя. По итогам проведенного исследования авторы делают вывод о том, что если страны расходуют больше денег на социальные нужды, если в них меньше количество больничных коек и ниже младенческая смертность, а население более удовлетворено медицинскими услугами и потребляет меньше алкоголя, то продолжительность жизни населения в них значительно выше. Результаты эконометрического анализа позволяют авторам говорить об отсутствии связи между расходами на здравоохранение и ожидаемой продолжительностью жизни, в то время как социальные расходы объясняют 54% вариации ожидаемой продолжительности жизни. Количественные показатели системы здравоохранения, например число больничных коек, а также такие индикаторы образа жизни, как курение и ожирение, не вносят существенного вклада в увеличение ожидаемой продолжительности жизни, хотя обратное часто подтверждалось в предыдущих исследованиях. Среди индикаторов здоровья самым значимым является объем потребления алкоголя, который объясняет 5% вариации зависимой переменной. Качественные показатели системы здравоохранения, такие как младенческая смертность и процент не удовлетво-

ренных медицинским обслуживанием, сильно коррелируют с ожидаемой продолжительностью жизни, объясняя 12% ее вариации. В заключение своего исследования авторы отвечают на вопрос, насколько все-таки расходы на здравоохранение важны для повышения ожидаемой продолжительности жизни. По их мнению, они не являются существенным детерминантом ожидаемой продолжительности жизни, поэтому для ее увеличения государству необходимо перенаправлять расходы на социальные нужды, на улучшение качества обслуживания и на пропаганду здорового образа жизни.

Несмотря на большое количество западных исследований взаимосвязи расходов на здравоохранение и ожидаемой продолжительности жизни, российские авторы реже обращаются к этой проблеме в своих научных работах. Как правило, они исследуют не прямую взаимосвязь между расходами на здравоохранение и ожидаемой продолжительностью жизни, а рассматривают различные ее аспекты, которые характерны конкретно для российских регионов [1], или анализируют обратную взаимозависимость между ними [2]. Таким образом, недостаточная исследованность влияния расходов на здравоохранение на ожидаемую продолжительность жизни российскими учеными позволяет нам обратиться лишь к авторитетным западным работам с масштабными межстрановыми исследованиями нашей проблемы.

Итак, из обзора литературы можно сделать несколько **выводов** касательно методологии исследования. Во-первых, при построении моделей следует обратить внимание на половозрастные характеристики: в зависимости от них влияние других рассматриваемых факторов может различаться. Во-вторых, более уместно использовать лагированные значения объясняющих переменных с точки зрения как смысла, так и технических проблем оценивания. В-третьих, заметим, что большинство авторов оценивали двойные логарифмические модели, что, вероятно, связано с нелинейным характером интересующей нас зависимости. В-четвертых, во многих исследованиях большое внимание уделялось показателям образа жизни населения, например, объему потребления алкоголя. Возможно, часть из этих факторов необходимо будет включить в модель. При этом статьи не дают однозначного ответа на вопрос о наличии статистически значимого влияния расходов на здравоохранение на ОПЖ.

Данные

В работе мы будем использовать панельные[1] данные по 183 странам за шесть лет, что позволяет обеспечить достаточное количество наблюдений. Источники — базы данных Всемирного банка и Всемирной орга-

[1] Несбалансированная панель.

низации здравоохранения, а также Программы развития ООН. В качестве зависимой переменной в моделях мы будем рассматривать ожидаемую продолжительность жизни при рождении и в 60 лет; общую, для мужчин и для женщин, что позволит учесть половозрастные различия. Мы собираемся проверить влияние расходов на здравоохранение (переменная интереса), остальные факторы будут добавляться в модели в качестве контрольных переменных. При этом все объясняющие переменные взяты с лагом в 10 лет. Таким образом, мы не допустим возникновения эндогенности и обозначим постепенное воздействие факторов на ОПЖ. Дополнительно введена фиктивная переменная, определяющая уровень экономического развития страны. Денежные показатели (ВВП и расходы на здравоохранение) выражены по ППС, что обеспечивает сравнимость данных между разными странами. Подробное описание переменных представлено в табл. 1.

Таблица 1

Описание переменных

Переменная	Описание	Источник данных
LEBoth0	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении для обоих полов, 2011–2016	World Health Organization
LEBoth60	Ожидаемая продолжительность жизни в 60 лет для обоих полов, 2011–2016	World Health Organization
LEMale0	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении для мужчин, 2011–2016	World Health Organization
LEMale60	Ожидаемая продолжительность жизни в 60 лет для мужчин, 2011–2016	World Health Organization
LEFem0	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении для женщин, 2011–2016	World Health Organization
LEFem60	Ожидаемая продолжительность жизни в 60 лет для женщин, 2011–2016	World Health Organization
HealthExp	Среднедушевые текущие расходы на здравоохранение, $ по ППС, 2001–2006	World Bank Open Data
GDP	ВВП на душу населения, $ по ППС, 2001–2006	World Bank Open Data
Urban	Доля городского населения, %, 2001–2006	World Bank Open Data
School	Среднее число лет обучения для людей старше 25 лет, 2001–2006	UNDP Human Development Data (1990-2017)
Alco	Среднедушевое потребление алкоголя, л, 2001–2006	World Health Organization

Окончание табл. 1

Переменная	Описание	Источник данных
Developed	Фиктивная переменная. Равна 1, если страна является развитой (по классификации Международного валютного фонда). Равна 0, если страна с переходной экономикой или развивающаяся	International Monetary Fund: World Economic Outlook 2013

Далее приведем описательные статистики для всех переменных, за исключением фиктивной (в нашу выборку попали 34 развитые страны, или 19% от общего числа стран). Явных ошибок в данных нет, все показатели положительны (см. табл. 2).

Таблица 2

Описательная статистика переменных

Переменная	Среднее	Медиана	S. D.	Min	Max
LEBoth0	70,9	73,1	8,1	48,1	84,2
LEBoth60	19,5	19,1	3,0	12,6	26,4
LEMale0	68,5	70,0	7,8	47,4	81,3
LEMale60	18,1	17,5	2,7	12,5	24,3
LEFem0	73,3	75,9	8,6	48,8	87,1
LEFem60	20,8	20,5	3,3	12,7	28,9
HealthExp	765,8	345,5	1014,0	10,6	6821
GDP	12712,0	6751,0	15915,0	442,5	108831,3
Urban	52,9	53,2	23,1	8,5	100,0
School	7,3	7,4	3,1	1,1	13,6
Alco	4,6	3,7	3,9	0,01	16,6

Наибольший разброс данных наблюдается для денежных показателей: расходов на здравоохранение и ВВП, это видно из высоких значений среднего квадратического отклонения, а также из того, что максимальное значение превышает минимальное в сотни раз.

Теперь проведем анализ корреляций между переменными. Это позволит предварительно установить наличие связи между ними. Итак, наблюдается значительная положительная корреляция между зависимой переменной и переменной интереса: *corr(LEBoth0, HealthExp)=0.652, corr(LEBoth60, HealthExp)=0.714.* Контрольные переменные (как ни странно, включая потребление алкоголя) положительно коррелируют с продолжительностью жизни:

Corr(LEBoth0, GDP)=0.581
Corr(LEBoth0, Urban)=0.664
Corr(LEBoth0, School)=0.731
Corr(LEBoth0, Alco)=0.447
Corr(LEBoth0, Developed)=0.588

Corr(LEBoth60, GDP)=0.564
Corr(LEBoth60, Urban)=0.681
Corr(LEBoth60, School)=0.667
Corr(LEBoth60, Alco)=0.519
Corr(LEBoth60, Developed)=0.691

Видно также, что продолжительность жизни наиболее слабо коррелирует с потреблением алкоголя и с ВВП. Что касается уровня экономического развития страны, то переменная *Developed* положительно коррелирует со всеми остальными переменными, наиболее сильно — с расходами на здравоохранение.

Наконец, построим график разброса для переменной *LEBoth0* от HealthExp (рис. 1).

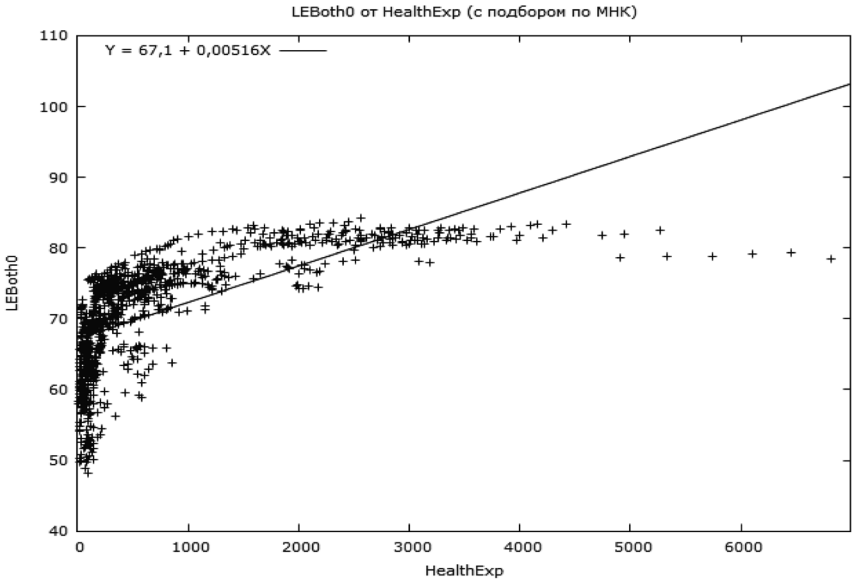


Рис. 1. График разброса *LEBoth0* от HealthExp

Зависимость между переменными явно нелинейная, она похожа скорее на график степенной функции, где степень лежит в границах от 0 до 1 («производственная функция»). Графики *LEBoth60*, *LEFem0*, *LEFem60*, *LEMale0* и *LEMale60* от HealthExp имеют схожий вид. Отсюда делаем вывод, что при построении моделей действительно следует использовать двойную логарифмическую модель, что также позволит рассуждать о количественном воздействии переменных в терминах эластичностей.

Модели

Теперь, когда мы провели первичный анализ данных, можно приступить непосредственно к моделированию. В нашей работе мы используем панельные данные, поэтому прежде всего необходимо определить, какой тип моделей подходит наилучшим образом: модели с фиксированными эффектами (fixed effects, FE), модели со случайными эффектами (random effects, RE) или объединенный МНК (pooled OLS). Исходя из смысла моделей, можно предположить, что в нашем случае следует использовать модели с фиксированными эффектами, так как это позволит учесть ненаблюдаемые особенности стран, устойчивые во времени.

Итак, оценим тремя способами модель вида:

$$\widehat{lnLEBoth0} = \widehat{\beta_0} + \widehat{\beta_1} * lnHealthExp + \widehat{\beta_2} * lnGDP + \\ + \widehat{\beta_3} * lnUrban + \widehat{\beta_4} * lnSchool + \widehat{\beta_5} * lnAlco.$$

Результаты оценивания представлены в табл. 3. Заметим, что при выборе типа модели мы оценили только модели с зависимой переменной *lnLEBoth0*. Однако, если оценить аналогичным образом модели для *lnLEBoth60*, *lnLEFem0* и др., результаты формальных тестов на сравнение моделей (тест на различие констант в группах, тест Бреуша—Пагана и тест Хаусмана) остаются неизменными. Мы также пока не учитываем в модели степень экономического развития страны.

Согласно результатам формальных тестов (в табл. 3 указаны p-value для них), действительно следует выбрать модель с фиксированными эффектами:

- в тесте на различие констант H_0 об отсутствии фиксированных эффектов отвергается, следовательно, модель FE лучше, чем Pooled OLS;
- в тесте Бреуша—Пагана H_0 о равенстве нулю дисперсии случайных эффектов отвергается, следовательно, модель RE лучше, чем Pooled OLS;
- в тесте Хаусмана H_0 о состоятельности ОМНК оценок отвергается[1], следовательно, модель FE лучше, чем модель RE.

[1] Гипотеза отвергается на 5%-ном уровне. На 1%-ном уровне ее можно было бы принять, но, во-первых, p-value находится на границе принятия/отклонения гипотезы; во-вторых, с точки зрения смысла для межстрановых сравнений, как правило, используют модели с фиксированными эффектами.

Таблица 3

Панельные модели

Зависимая переменная: lnLEBoth0			
	FE	**RE**	**Pooled OLS**
Const	3,693*** (0,141)	3,705*** (0,095)	3,787*** (0,065)
lnHealthExp	0,011 (0,008)	0,013* (0,008)	0,043*** (0,015)
lnGDP	0,022* (0,012)	0,025*** (0,0097)	0,015 (0,017)
lnUrban	0,037 (0,033)	0,030 (0,024)	-0,006 (0,014)
lnSchool	0,088*** (0,019)	0,075*** (0,014)	0,066*** (0,014)
lnAlco	0,0015 (0,0012)	0,001 (0,001)	-0,007 (0,004)
R-squared[1]	0,992	-	0,692
Количество наблюдений (n)	995	995	995
Тест на различие констант	6,81e-243	-	-
Тест Бреуша–Пагана	-	0	-
Тест Хаусмана	-	0,013	-

*** — 1%-ный уровень значимости, ** — 5%-ный уровень значимости, * — 10%-ный уровень значимости.

В скобках указаны робастные стандартные ошибки в форме Arellano.

Однако можно заметить, что для модели с фиксированными эффектами R^2 практически равен единице, что невозможно для реальных данных. Для проверки построим регрессию *lnLEBoth0* только на константу, используя фиксированные эффекты:

$$\widehat{lnLEBoth0} = 4,254,$$

константа значима на 1%-ном уровне, $n = 1098$, и $LSDV\text{-}R^2 = 0,984$.

То есть фиксированные эффекты страны практически полностью объясняют изменение ожидаемой продолжительности жизни. Это может быть связано с тем, что изменения продолжительности жизни в рамках шести лет достаточно малы: десятые и сотые доли года. Поэтому вопреки резуль-

[1] Для модели FE указан LSDV-R^2, для Pooled OLS — обычный R^2 (нескорректированный).

татам тестов использование модели с фиксированными эффектами здесь не имеет смысла, и мы будем применять объединенный МНК.

Итак, оценим аналогичные регрессии для всех шести половозрастных групп, используя Pooled OLS. Результаты оценивания представлены в табл. 4.

Таблица 4

Все страны

Метод оценивания: Pooled OLS						
	Зависимая переменная					
	lnLEBoth0	***lnLEBoth60***	***lnLEMale0***	***lnLEMale60***	***lnLEFem0***	***lnLEFem60***
Const	3,787***	2,398***	3,744***	2,334***	3,822***	2,438***
	(0,065)	(0,076)	(0,062)	(0,069)	(0,068)	(0,087)
lnHealthExp	0,043***	0,073***	0,046***	0,077***	0,038**	0,067***
	(0,015)	(0,016)	(0,014)	(0,016)	(0,015)	(0,018)
lnGDP	0,015	–8,798e-05	0,018	0,005	0,014	0,001
	(0,017)	(0,019)	(0,017)	(0,017)	(0,018)	(0,021)
lnUrban	–0,006	0,024	–0,007	0,030	–0,007	0,014
	(0,014)	(0,019)	(0,015)	(0,021)	(0,015)	(0,018)
lnSchool	0,066***	0,02	0,047***	–0,034*	0,084***	0,060***
	(0,014)	(0,018)	(0,014)	(0,019)	(0,015)	(0,019)
lnAlco	–0,007	0,012**	–0,01***	–0,007	–0,005	0,014**
	(0,004)	(0,006)	(0,004)	(0,006)	(0,004)	(0,006)
N	995	995	995	995	995	995
R2 adj	0,691	0,662	0,683	0,573	0,688	0,688
F(p-value)	3,62e-47	2,9e-51	6,48e-47	5,88e-41	8,63e-47	2,82e-55

*** — 1%-ный уровень значимости, ** — 5%-ный уровень значимости, * — 10%-ный уровень значимости.

В скобках указаны робастные стандартные ошибки в форме Arellano.

Все шесть уравнений значимы на 1%-ном уровне (p-value для F-статистики меньше 0,01). Доля изменений продолжительности жизни, объясненных регрессорами, колеблется от 0,57 до 0,69. Во всех половозрастных группах расходы на здравоохранение значимо положительно влияют на ОПЖ, при этом влияние для старших возрастов количественно выражено сильнее. Так, для мужчин увеличение расходов на здравоохранение на 1% при прочих равных условиях увеличивает ОПЖ при рождении на 0,046%, а ОПЖ в 60 лет — на 0,077%. Также можно заметить, что для обоих возрастов влияние для женщин выражено слабее, чем для мужчин

(при прочих равных условиях повышение расходов на здравоохранение на 1% увеличивает ОПЖ женщин на 0,038% при рождении и на 0,067% в возрасте 60 лет).

Урбанизация и ВВП на душу населения не оказывают значимого влияния на ОПЖ. Число лет обучения сильно и положительно влияет на ОПЖ женщин при рождении и в 60 лет, и при прочих равных условиях рост числа лет обучения на 1% влияет на то, что ОПЖ возрастает на 0,084 и 0,06% соответственно. Для мужчин образование также значимо на 1%-ном уровне, но только при рождении (при прочих равных условиях увеличение переменной, характеризующей число лет обучения, на 1% увеличивает ОПЖ мужчин при рождении на 0,047%). Потребление алкоголя значимо (на 1%-ном уровне) отрицательно влияет на ОПЖ мужчин, и увеличение данного показателя на 1% при прочих равных условиях уменьшает ОПЖ на 0,01%. Знаки оценок коэффициентов в случаях, когда они значимы, в целом не противоречат логическим соображениям. В итоге можно отметить, что расходы на здравоохранение являются одним из наиболее значительных (по значимости и по величине) для данной модели факторов, влияющих на ожидаемую продолжительность жизни. В большинстве рассмотренных моделей число лет обучения также оказывает значимое и довольно существенное влияние на ОПЖ.

Как было отмечено выше, мы пока не учитывали в моделях экономическое развитие стран. Однако на практике уровень развития страны в целом может определять остальные значимые факторы и степень их влияния на продолжительность жизни. Напомним, в нашей выборке присутствуют 34 развитые страны, остальные 149 являются странами с переходной экономикой и развивающимися странами. Нам необходимо выяснить, следует ли делить выборку по переменной *Developed* и оценивать модели отдельно для разных групп стран. Для этого проведем **тест Чоу**, например, для модели с зависимой переменной *lnLEBoth0*[1].

P-value = 0, следовательно, гипотеза H_0 об отсутствии структурных сдвигов отвергается, и нам следует оценивать модели на двух подвыборках отдельно.

Если рассматривать модель с теми же независимыми переменными, как и в табл. 4, но исключительно для развитых стран, выясняется, что в этих странах расходы на здравоохранение не влияют значимо на ОПЖ (за исключением ОПЖ в 60 лет у мужчин). Это может быть связано с тем, что развитые страны уже достаточно много тратят на здравоохранение и что продолжительность жизни в развитых странах на данный момент достаточно высокая, поэтому дополнительные расходы на здоровье людей не имеют значительного влияния на ОПЖ. Влияние расходов на здраво-

[1] Для любой другой модели из пяти оставшихся p-value для теста Чоу также равно 0.

охранение исключительно для мужчин в возрасте 60 лет может быть объяснено наличием разрыва между продолжительностью жизни мужчин и женщин даже в наиболее развитых странах, т.е. ожидаемая продолжительность жизни у мужчин имеет потенциал для роста, причем расходы на здравоохранение значимо положительно (увеличение расходов на здравоохранение на 1% при прочих равных условиях увеличивает ОПЖ мужчин в 60 лет на 0,097% на уровне значимости 5%) влияют на него именно в пожилом возрасте, когда данные расходы наиболее необходимы. В случае развитых стран, отвечая на вопрос, озвученный в названии статьи («Можно ли купить долголетие?»), будем утверждать, что «купить» долголетие на данном конкретном историческом этапе развитым странам сложно. Вероятно, как уже было сказано выше, развитые страны уже достигли очень высокой продолжительности жизни.

Теперь оценим модели для развивающихся стран и стран с переходной экономикой (табл. 5).

Таблица 5

Развивающиеся страны и страны с переходной экономикой

Метод оценивания: Pooled OLS; Developed=0						
	Зависимая переменная					
	lnLEBoth0	***lnLEBoth60***	***lnLEMale0***	***lnLEMale60***	***lnLEFem0***	***lnLEFem60***
Const	3,808***	2,448***	3,766***	2,377***	3,840***	2,491***
	(0,066)	(0,069)	(0,063)	(0,062)	(0,07)	(0,08)
lnHealthExp	0,040**	0,044**	0,037**	0,035**	0,041**	0,047**
	(0,017)	(0,018)	(0,017)	(0,018)	(0,018)	(0,019)
lnGDP	0,014	0,010	0,020	0,022	0,01	0,007
	(0,018)	(0,018)	(0,017)	(0,017)	(0,019)	(0,02)
lnUrban	-0,008	0,023	-0,008	0,031	-0,009	0,012
	(0,015)	(0,018)	(0,015)	(0,020)	(0,015)	(0,018)
lnSchool	0,071***	0,032*	0,054***	-0,016	0,086***	0,070***
	(0,015)	(0,018)	(0,015)	(0,019)	(0,016)	(0,019)
lnAlco	-0,009*	0,009	-0,012**	0,004	-0,006	0,011*
	(0,005)	(0,006)	(0,005)	(0,006)	(0,005)	(0,006)
N	792	792	792	792	792	792
R^2_{adj}	0,564	0,449	0,545	0,329	0,577	0,511
F(p-value)	2,84e-26	8,93e-22	5,59-26	5,91e-16	4,29e-27	1,36e-26

*** — 1%-ный уровень значимости, ** — 5%-ный уровень значимости, * — 10%-ный уровень значимости.

В скобках указаны робастные стандартные ошибки в форме Arellano.

Все уравнения значимы на 1%-ном уровне. В данной группе стран расходы на здравоохранение оказывают значимое положительное воздействие на ОПЖ. Увеличение расходов на здравоохранение на 1% влияет на ОПЖ в пределах от 0,035% для мужчин в возрасте 60 лет до 0,047% для женщин в возрасте 60 лет. Согласно полученным результатам, влияние расходов на здравоохранение у женщин выражено значительнее. Доходы и степень урбанизации не оказывают значимого влияния для представленных моделей. Однако фактор образования способен увеличить продолжительность жизни в этих странах: оценки коэффициентов значимо положительны для всех половозрастных групп, за исключением *lnLEMale60*. Так, например, увеличение числа лет обучения на 1% при прочих равных условиях увеличивает общую ОПЖ при рождении на 0,071%, ОПЖ женщин при рождении — на 0,086%, ОПЖ мужчин при рождении — на 0,054% (данные коэффициенты значимы на 1%-ном уровне). Потребление алкоголя значимо (на 5%-ном уровне) отрицательно влияет только на ОПЖ при рождении у мужчин. При прочих равных условиях рост потребления алкоголя на 1% снижает ожидаемую продолжительность жизни для мужчин на 0,012%. Из анализа моделей для развивающихся стран очевидно, что прирост расходов на здравоохранение на каждого жителя значимо увеличивает продолжительность жизни, а следовательно, развивающиеся страны подтверждают гипотезу о том, что долголетие действительно можно «купить».

Прогноз

На основе имеющихся данных был построен прогноз ожидаемой продолжительности жизни населения при рождении за 2017–2024 гг. по странам БРИК — Бразилии, России, Индии и Китаю (табл. 6). Также в крайних правых столбцах таблицы представлен прогноз ООН по данным странам за пятилетние периоды 2015–2020 и 2020–2025 гг., с которым будет сопоставлен прогноз, рассчитанный по нашей модели. Ожидаемая продолжительность жизни, рассчитанная на основе данных исследования, характеризуется положительным трендом для всех четырех стран на протяжении 2017–2024 гг., что можно рассмотреть на графике (рис. 2). Исходя из этого, ОПЖ в Индии должна вырасти с 66,45 года в 2017 г. до 68,74 года в 2024, в Китае — с 70,04 года до 73,3 года, в Бразилии — с 73,33 года до 75,1 года, а в России — с 75,73 года до 77,97 года. Таким образом, согласно прогнозу нашей модели, ожидается повышение ОПЖ для всего населения в среднем на 2–2,5 года в 2024 г. по сравнению с 2017 г. Данный прогноз является достаточно благоприятным. Однако подтверждаются ли расчеты данной работы расчетами международных организаций? Прогноз ООН за 2015–2025 гг. также показывает возрастающий тренд ожидаемой продолжительности жизни для четырех стран, однако его значения

отличаются для Индии, Китая и Бразилии в большую сторону, а для России — в меньшую. По прогнозу ООН, в России ОПЖ с 71,19 года в 2015–2020 гг. вырастет до 72,04 года в 2020–2025 гг., что существенно меньше, чем рассчитано по данным нашей модели. Разительные отличия между прогнозами для России могут объясняться наличием неучтенных факторов, которые значительно снижают ожидаемую продолжительность жизни. Можно предположить, что методология ООН отличается от методологии модели, представленной в данной статье, более обширным набором факторов, которые особенно значительно снижают ожидаемую продолжительность жизни в России в отличие от других трех рассмотренных стран. В итоге мы считаем, что для России данная модель может давать не полностью корректные результаты.

Другая возможная причина расхождений прогнозов статьи и прогнозов ООН для России, как полагают авторы статьи, объясняется самим составлением индикатора «Расходы на здравоохранение, по ППС, в текущих ценах». Вероятно, в данном индикаторе Мировой банк может учитывать расходы, которые были формально учтены как совершенные государством или организацией, но на самом деле эти расходы не были понесены по назначению. В этом случае прогноз модели из данной статьи для России также будет смещенным в большую сторону.

Кроме того, не стоит забывать о возможных шоках экономики, которые могут нивелировать позитивный эффект расходов на здравоохранение. Возможно, Россия более, чем три другие представленные страны БРИК, характеризуется негативными тенденциями в экономических показателях. Действительно, такое объяснение возможно, так как ухудшившееся положение России на мировой политической арене сказывается на реальных доходах россиян, других показателях, которые могут влиять на продолжительность жизни.

Таблица 6

Прогноз ожидаемой продолжительности жизни

Год	Прогноз по модели за 2017–2024 гг.								Прогноз ООН за 2015–2025 гг.	
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2015–2020	2020–2025
Бразилия	73,33	73,65	73,84	74,03	74,32	74,58	74,89	75,10	75,80	76,89
Россия	75,73	76,62	76,99	76,84	77,26	77,65	77,72	77,97	71,19	72,04
Индия	66,45	66,67	66,84	67,04	67,15	67,57	68,30	68,74	68,89	70,03
Китай	70,04	70,53	71,08	71,40	71,98	72,49	72,86	73,30	76,48	77,28

Источник: составлено авторами на основе данных ВОЗ и ООН.
URL: https://population.un.org/wpp/DataQuery/

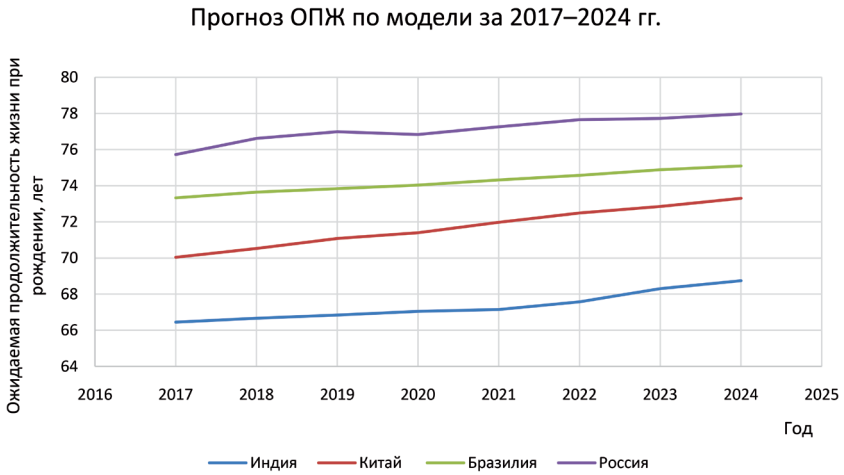


Рис. 2. Прогноз ожидаемой продолжительности жизни по модели

Заключение

Подведем итоги нашего исследования. Сначала мы проанализировали данные и пришли к выводу о наличии корреляции между зависимой переменной и регрессорами, а также о нелинейном характере связи. Далее мы провели анализ панельных моделей. Однако изменения зависимой переменной в выбранном временном отрезке оказались столь малы, что применение модели с фиксированными эффектами, на которую указали формальные тесты, стало невозможным. Поэтому при дальнейшем оценивании мы использовали объединенный МНК. Затем мы оценили модели для шести половозрастных групп сначала для всех стран вместе, а потом, выявив наличие структурных сдвигов, разделили выборку по степени экономического развития стран.

Результаты оказались достаточно устойчивыми, и оценка влияния переменной HealthExp (расходы на здравоохранение) оказалась значимой для группы развивающихся стран и стран с переходной экономикой. Для развитых стран такой закономерности обнаружено не было. Возможные причины для таких результатов модели описаны в главе «Модели» данной работы.

Мы устранили возможную эндогенность за счет лагированных переменных и во всех моделях применяли робастные стандартные ошибки, а значит, результатам моделирования в целом можно доверять.

В итоге мы можем говорить о подтверждении нашей первой гипотезы: при прочих равных, за редким исключением, расходы на здравоохране-

ние действительно увеличивают ожидаемую продолжительность жизни, но только для группы развивающихся стран и стран с переходной экономикой. Нельзя также утверждать, что вторая гипотеза оказалась полностью верной: ОПЖ в старшем возрасте количественно сильнее зависит от расходов на здравоохранение, чем ОПЖ при рождении; но устойчивых различий для мужчин и женщин выявить не удалось.

Что касается контрольных переменных, то их воздействие на продолжительность жизни сильно зависит от экономического развития страны. Факторы, влияние которых было незначимым для развитых стран, оказывались значимыми для развивающихся, и наоборот.

Прогнозы ожидаемой продолжительности жизни до 2025 г., полученные из нашей модели, достаточно близки к прогнозам ООН для всех стран БРИК, кроме России. Как мы полагаем, несовпадение прогнозов может быть вызвано различной методологией расчетов прогнозов, номинальностью данных по расходам на здравоохранение, представленных Мировым банком (отличием этих данных от реальных), или наличием негативных тенденций в экономических и социальных показателях России, эффект которых может превышать позитивный результат от дополнительных расходов на здравоохранение. Следовательно, авторы статьи считают, что в России необходимо увеличивать расходы на здравоохранение более быстрыми и значительными темпами, так как в этом случае можно надеяться, что позитивный эффект от вложений в здравоохранение перевесит негативные показатели и ОПЖ россиян будет расти так, как предсказывает модель, построенная в данной статье. Данные выводы свидетельствуют о практической значимости исследования при формировании бюджета на здравоохранение.

В теоретическом плане мы выявили дополнительные отличия развитых и развивающихся стран в данной конкретной области (здравоохранение) и относительно данной взаимосвязи (расходы на здравоохранение и ОПЖ), что может послужить подспорьем в дальнейших исследованиях.

В целом данная тема оставляет поле для последующих работ. Например, можно отдельно проанализировать влияние частных или государственных расходов на здравоохранение, более подробно разделить эти расходы по назначению. Также возможно выделить группы стран по другим признакам, нежели экономическое развитие, или рассмотреть более длинный временной ряд.

Благодарность

Авторы выражают особую признательность Кудрявцевой Ольге Владимировне, доктору экономических наук, профессору экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, за чуткое наставничество в те-

чение всего времени написания статьи, ценные рекомендации по поводу содержания и оформления работы.

Список литературы

1. *Авксентьев Н. А., Байдин В. М., Зарубина О. А.* и др. Оценка эффективности региональных расходов на здравоохранение в России // Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. 2015. Т. 8. № 4. С. 10–20.
2. *Хафизьянова Р. Х., Бурыкин И. М., Алеева Г. Н.* Сравнительная оценка эффективности систем здравоохранения различных стран // Вестник Санкт-Петербургского Университета. Серия 11. Медицина. 2013. № 2. С. 214–221.
3. *Barthold D., Nandi A., Mendoza Rodriguez J. M., Heymann J.* Analyzing Whether Countries Are Equally Efficient at Improving Longevity // American Journal of Public Health. 2014. Vol. 104(11). P. 2163–2169.
4. *Blazquez-Fernández C., Cantarero-Prieto D., Pascual-Saez M.* Health expenditure and socio-economic determinants of life expectancy in the OECD Asia/Pacific area countries // Applied Economics Letters. 2017. Vol. 24. No. 3. P. 167–169.
5. *Caliskan Z.* The relationship between pharmaceutical expenditure and life expectancy: evidence from 21 OECD countries // Applied Economics Letters. 2009. Vol. 16. P. 1651–1655.
6. *Shaw J. W., Horrace W. C., Vogel R. J.* The Determinants of Life Expectancy: An Analysis of the OECD Health Data // Southern Economic Journal. 2005. Vol. 71(4). P. 768–783.
7. *Van den Heuvel W. J., Olaroiu M.* How important are health care expenditures for life expectancy? A comparative, European analysis // J Am Med Dir Assoc. 2017. Vol. 18(3). P. 276.e9–276.e12.
8. *Wolfe, Barbara L.* Health status and medical expenditures: Is there a link? // Social Science & Medicine. 1986. Vol. 22(10). P. 993–999.
9. World Health Organization: Global Health Observatory data repository. URL: http://apps.who.int/gho/data/node.home
10. World Bank Open Data. URL: https://data.worldbank.org/
11. UNDP Human Development Data. URL: http://hdr.undp.org/en/data
12. World Population Prospects 2017. URL: https://population.un.org/wpp/DataQuery/

3.6. ВЛИЯНИЕ ФИНАНСОВОГО СЕКТОРА НА РАЗВИТИЕ ОТРАСЛИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Батуревич А. А., Спиренков В. Д., Стаханова К. А.[1]

Введение

Данное исследование посвящено оценке влияния финансового сектора страны на уровень использования и степень развитости возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Хотя социально-экономические и экологические преимущества ВИЭ очевидны, существует ряд препятствий для их применения, в особенности сложности при финансировании проектов. В связи с этим производство ВИЭ может сокращаться.

Возобновляемая энергия — это энергия из тех источников, которые в масштабах человечества являются неисчерпаемыми. Для получения возобновляемой энергии используются такие природные ресурсы, как, например, ветер, солнечный свет, водные потоки и т.д. Финансирование возобновляемых источников энергии требует глубокого понимания отрасли и тщательной оценки финансовых рисков проекта.

Энергетика является предопределяющим параметром в формировании экономического потенциала любой страны. После нефтяных потрясений в 1973 и 1979 гг. возобновляемая энергетика стала приоритетным направлением исследований для большинства стран. Технологии переживали стремительное развитие после этих событий. По данным REN21, в 2017 г. около 20% мирового потребления энергии приходилось на энергию возобновляемых источников[2]. По данным IEA, спрос на возобновляемые источники энергии к 2030 г. вырастет на 50%[3]. По результатам исследований IRENA, возобновляемые источники энергии становятся более привлекательными для инвестиций, конкурентоспособными, создают все больше рабочих мест[4].

---

[1] Подготовлено под научным руководством О. В. Кудрявцевой. Опубликовано в: *Батуревич А. А., Спиренков В. Д., Стаханова К. А.* Влияние финансового сектора на развитие отрасли возобновляемой энергетики. Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2018. № 10(2). С. 88–98.

[2] См. подробнее: [11].

[3] См. подробнее: [8].

[4] См. подробнее: [9].

Возобновляемая энергетика может существовать во множестве стран различного географического расположения, тогда как традиционные источники доступны лишь некоторым из них. В связи с этим многие страны устанавливают курс на развитие сектора возобновляемой энергетики, чтобы получить доступ к автономным, экологичным и в перспективе более дешевым источникам энергии.

Одним из препятствий тому может служить отсутствие развитого финансового посредничества — выгоды проекта по развитию ВИЭ могут казаться кредиторам незначительными. На протяжении долгого времени государственное финансирование проектов по разработке ВИЭ (особенно в развивающихся странах) не являлось достаточно гибким и удобным, поэтому таким проектам было необходимо доступное долгосрочное частное финансирование. В то же время, чтобы получить частное финансирование, проект должен быть коммерчески выгодным. Корпорациям намного проще финансировать небольшие пилотные проекты, чем вкладывать средства в крупные разработки, долгосрочная выгода от которых не может быть однозначно доказана на момент инвестиций. Государственная поддержка, в свою очередь, чаще всего направлена на уже опробованные технологии. Ввиду этих факторов большинство проектов по разработке новых технологий не могут быть успешными[1].

Еще несколько лет назад в развивающихся странах практически отсутствовали подходящие инструменты для финансирования инфраструктурных проектов[2]. В наши дни ситуация меняется — по данным Международного энергетического агентства, сегодня в Китае и в европейских странах существуют удобные инструменты (в том числе государственные) для финансирования таких проектов[3]. Инвестиции в возобновляемую энергию с каждым годом стремительно растут, а с 2004 г. суммарно составили 2,9 трлн долл. Вместе с тем общее предложение энергии в основном все еще зависит от традиционных источников[4].

Цель — доказать влияние степени развитости финансового сектора на уровень использования возобновляемых источников энергии. Для этого мы строим эконометрическую модель за период с 1980 по 2016 г., описывающую взаимосвязь интересующих нас показателей, среди которых производство возобновляемой энергии, производство традиционных источников энергии, показатели, характеризующие экономику страны, и т.д.

---

[1] См. подробнее: [3].

[2] См. подробнее: [1].

[3] См. подробнее: [8].

[4] См. подробнее: [8; 12].

Обзор литературы

Различным аспектам использования возобновляемых источников энергии посвящено множество статей. В них подчеркивается отсутствие развитой финансовой инфраструктуры как ключевой фактор, который тормозит развитие отрасли.

Финансовый сектор (коммерческие банки, рынок страхования и кредитования) играет важную роль в развитии энергетики — этот факт за последние 30 лет был доказан многими исследователями. Сейчас внимание обращено на роль финансового сектора в развитии возобновляемых источников энергии.

Положительное влияние степени развитости финансового сектора на уровень применения ВИЭ подтверждается на основе панельных данных с 1980 по 2009 г.[1] Автор исследует проблему на примере стран с переходной экономикой и развивающихся стран, используя «модели на панельных данных» и «обобщенный метод моментов» (Brunnschweiler, 2010).

Несогласованность понятия «зеленое финансирование», отсутствие скоординированных действий, невозможность количественной оценки финансовых потоков, а также низкий уровень осведомленности и слабый потенциал участников рынка были признаны основными препятствиями для успешного финансирования экологических проектов, в том числе и ВИЭ, в докладах многих организаций.

Некоторые из исследований посвящены влиянию различных типов финансирования на развитие возобновляемой энергетики. Важным фактором развития ВИЭ является проектное финансирование, причем не только в развивающихся странах с высокими рисками, но и в таких развитых странах, как Германия[2]. Для лучшего понимания государственного и льготного финансирования проектов по развитию возобновляемой энергии мы обратились к докладу Всемирного банка Financing Renewable Energy. Его авторы отвечают на вопрос, почему важно выбрать подходящий финансовый инструмент для проекта, определяют основные риски для каждого вида финансирования и барьеры на пути имплементации проекта. На примере конкретных кейсов детально описано использование каждого инструмента. Внимание уделено расширению масштабов уже апробированных видов финансирования, даже если они не применяются в рассматриваемой стране. Частное финансирование отмечено как наиболее используемое среди всех вариантов.

Для нашего исследования необходимо было выбрать показатель уровня развития финансового сектора страны. В работе Sahay et al. [5] авторы ана-

[1] См. подробнее: [2].

[2] См. подробнее: [6].

лизируют большой объем информации, взятой из базы данных Всемирного банка Financial development and structure database, и выделяют три крупных блока показателей, характеризующих финансовую систему: показатели развития банковской системы, индикаторы развития рынка ценных бумаг, показатели развития страхового сектора. На основе данных индикаторов они конструируют различные аналитические показатели, а также интегральный индекс финансового развития.

Показатели развития финансового сектора, применимые для развитых стран, описаны в статье Mirkin, Kuznetsova [4]. Авторы оценивают развитость финансового сектора России в сравнении с остальными странами, входящими в БРИК. Оценка проводится при помощи совокупности индикаторов, характеризующих уровень зрелости экономики в соответствии с международными стандартами.

Методология и подбор данных

В нашей работе мы выделили два различных показателя состояния сектора возобновляемой энергетики. Первый из них — общее производство энергии всеми источниками возобновляемой энергии: гидроэнергия, энергия ветра, энергия приливов и отливов и т.д. Второй показатель — производство возобновляемой энергии всеми источниками за исключением гидроэнергии. Данные по этим показателям находятся в открытом доступе на сайте U. S. Energy Information Administration.

Обозначения и описания переменных, используемых при моделировании, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Описание используемых переменных

Условное обозначение	Описание	Единицы измерения	Источник
Total_pc	Общее производство возобновляемой энергии — включая гидро-, солнечную, геотермальную и ветровую энергию	Млн киловатт-часов на человека	Расчеты авторов на основе данных U. S. Energy Information Administration
Nonhydro_pc	Производство возобновляемой энергии, исключая гидроэнергию	Млн киловатт-часов на человека	Расчеты авторов на основе данных U. S. Energy Information Administration
dbacba	Отношение денежных активов коммерческих банков к совокупным денежным активам коммерческих банков и Центрального банка	%	World Bank FDSD Database

Окончание табл. 1

Условное обозначение	Описание	Единицы измерения	Источник
llgdp	Отношение ликвидных обязательств к ВВП	% от ВВП	World Bank FDSD Database
pcrdbgdp	Отношение объема кредитов к частному сектору к ВВП	% от ВВП	World Bank FDSD Database
GDP_pc	ВВП в текущих ценах на душу населения	Долл. на человека	World Bank WDI
fdigdp	Прямые иностранные инвестиции к ВВП	% от ВВП	World Bank WDI
developing	Фиктивная переменная для развивающихся стран	0/1	United Nations
developed	Фиктивная переменная для развитых стран	0/1	United Nations
Kyoto	Фиктивная переменная, равная 1, для лет после принятия Киотского протокола	0/1	Расчеты авторов

Используемая нами база содержит данные по 214 странам с 1987 по 2016 г. с некоторыми пропусками. В данную выборку вошли 78 развитых стран, 102 развивающиеся страны и 34 отстающие в экономическом развитии страны. Для отстающих в экономическом развитии стран значения переменных *developing* и *developed* равны 0.

Выделенные три финансовых показателя (*dbacba, llgdp* и *pcrdbgdp*) отвечают за ширину, доступность и глубину финансового сектора соответственно. Данные показатели широко используются в литературе, изучающей вопросы взаимосвязи финансового развития и экономического роста[1]. Каждый из данных показателей по отдельности является характеристикой уровня развития финансового сектора, поэтому в нашей работе мы включаем в модели только один из показателей.

В настоящей работе мы оцениваем влияние финансового развития на рост сектора возобновляемой энергетики двумя способами. В первом способе мы прибегаем к использованию панельных моделей с фиксированными и случайными эффектами.

Оцениваемое уравнение имеет вид:

$$Y_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 F_{it} + \gamma_2 X_{it} + w_i + v_{it}, \quad (1)$$

где Y_{it} отвечает за переменную состояния сектора возобновляемой энергии *(Total_pc, Hydro_pc* или *Nonhydro_pc*), F_{it} за финансовое развитие (*dbacba, llgdp* или *pcrdbgdp*), X_{it} — вектор контрольных переменных, а w_i и v_{it} — слу-

[1] Beck et al., 200; Levine et al., 2000; Demirguc-Kunt and Levine, 2001 и др.

чайные ошибки, отражающие пространственные и временные эффекты. При оценке данного уравнения мы последовательно оцениваем модель с фиксированными и случайными эффектами, а затем на основании специального теста Хаусмана выбираем модель со случайными эффектами (принимается нулевая гипотеза).

Во втором способе оценки интересующего нас влияния мы используем двухшаговый обобщенный метод моментов (GMM), предложенный Ареллано и Бондом. Данный метод позволяет учесть динамические межвременные эффекты роста сектора возобновляемой энергетики. Так как выход на оптимальные производственные мощности происходит постепенно, модель, учитывающая производство энергии в предыдущие периоды, должна давать более точные и значимые результаты. Оцениваемая модель имеет вид:

$$Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{it-1} + \alpha_2 F_{it} + \alpha_3 X_{it} + w_{it}. \quad (2)$$

Результаты моделирования

На первом этапе моделирования была построена модель на основе панельных данных, использующая фиксированные и случайные эффекты. Согласно тесту Хаусмана, мы выбрали модель со случайными эффектами (на 95%-ном уровне принимается нулевая гипотеза данного теста). В табл. 2 приведены результаты оценивания модели для разных спецификаций.

Таблица 2

Модель со случайными эффектами

Зависимая переменная	*Total_pc (1)*	*Total_pc (2)*	*Total_pc (3)*	*Nonhydro_pc (4)*	*Nonhydro_pc (5)*	*Nonhydro_pc (6)*
dbacba	0,0005 (0,0009)	-	-	-0,0016*** (0,0003)	-	-
Llgdp	-	0,0063 *** (0,0002)	-	-	0,0024 *** (0,0001)	-
Pcrdbgdp	-	-	0,00122 *** (0,00014)	-	-	0,0001 (0,0001)
developing	0,148 (0,128)	0,142 (0,124)	0,149 (0,127)	0,173 *** (0,053)	0,178*** (0,051)	0,178*** (0,055)
Developed	0,133* (0,080)	0,132 ** (0,064)	0,127* (0,067)	0,380*** (0,034)	0,430 *** (0,032)	0,426 *** (0,041)
GDP_pc	$2{,}47*10^{-5}$ *** ($1{,}45*10^{-6}$)	$1{,}98*10^{-5}$ *** ($1{,}44*10^{-6}$)	$2{,}17*10^{-5}$ *** ($2{,}23*10^{-6}$)	$1{,}34*10^{-5}$ *** ($7{,}42*10^{-7}$)	$1{,}13*10^{-5}$ *** ($7{,}30*10^{-7}$)	$1{,}32*10^{-5}$ *** ($9{,}31*10^{-7}$)
Число наблюдений	6484	6484	6484	6484	6484	6484
Лог. функции правдоподобия	-16295,8	-16259,2	-16304,7	-5966,0	-6024,4	-6000,4

Как можно видеть, переменные, отвечающее за развитие финансового сектора, оказались значимы на 1%-ном уровне в двух из трех спецификаций для каждой зависимой переменной. Коэффициент при переменной, отвечающей за финансовое развитие, оказался положительным во всех моделях, кроме одной. В целом получен значимый результат, согласно которому развитие финансового сектора экономики приводит к росту сектора возобновляемой энергетики в целом, однако влияние на негидроэнергетику оказывается неоднозначным.

Однако есть основания полагать, что модель со случайными эффектами не идеально описывает зависимость сектора возобновляемой энергетики от уровня финансового развития. Мы считаем, что производительность источников возобновляемой энергии в отчетный год зависит от их производительности в предыдущие годы. С целью проверки данного предположения мы прибегаем к использованию обобщенного метода моментов. Результаты оценивания модели представлены в табл. 3.

Таблица 3

Двухшаговый обобщенный метод моментов

Зависимая переменная	*Total_pc (1)*	*Total_pc (2)*	*Total_pc (3)*	*Nonhydro_pc (4)*	*Nonhydro_pc (5)*	*Nonhydro_pc (6)*
Total_pc (-1)	*0,9287*** (0,0004)*	*0,9261*** (0,0004)*	*0,9287*** (0,0003)*	-	-	-
Nonhydro_ pc(-1)	-	-	-	0,9732*** (0,0016)	0,9709*** (0,0017)	0,9725*** (0,0017)
Dbacba	0,0003*** ($6{,}91*10^{-5}$)	-	-	0,0003*** ($7{,}69*10^{-5}$)	-	-
Llgdp	-	0,0019*** ($5{,}75*10^{-5}$)	-	-	0,0008*** ($4{,}57*10^{-5}$)	-
Pcrdbgdp	-	-	0,00022** (0,00011)	-	-	-0,000005 (0,00004)
Developing	0,033*** (0,005)	0,030*** (0,005)	0,034*** (0,005)	-0,012 *** (0,004)	-0,017*** (0,004)	-0,009** (0,004)
Developed	0,064*** (0,008)	0,061 *** (0,008)	0,061*** (0,008)	0,021*** (0,004)	0,015 *** (0,003)	0,015 *** (0,004)
GDP_pc	$1{,}24*10^{-5}$ *** ($1{,}43*10^{-7}$)	$1{,}13*10^{-5}$ *** ($1{,}27*10^{-7}$)	$1{,}22*10^{-5}$ *** ($1{,}39*10^{-7}$)	$4{,}69*10^{-6}$ *** ($1{,}66*10^{-7}$)	$4{,}19*10^{-6}$ *** ($1{,}75*10^{-7}$)	$4{,}66*10^{-6}$ *** ($1{,}61*10^{-7}$)
Число наблюдений	6025	6025	6025	6025	6025	6025

Как можно видеть, результаты в целом более значимы, чем в модели со случайными эффектами. Коэффициент при лагированной переменной развития сектора возобновляемой энергетики оказался значимым

на 1%-ном уровне во всех моделях, значит, включение данной переменной было оправдано. Коэффициент при переменной, отражающей уровень финансового развития, оказался значимым на 1%-ном уровне и положительным в 5 из 6 моделей, а в последней он оказался незначимым. Также значимыми оказались коэффициенты при фиктивных переменных уровня развития страны. В моделях, в которых зависимой переменной является общая производительность источников возобновляемой энергетики, коэффициенты при переменных развития положительны и для развитых, и для развивающихся стран. Однако в случае, когда из возобновляемой энергетики исключается гидроэнергетика, коэффициент при фиктивной переменной развивающихся стран оказывается отрицательным и статистически значимым. Возможным объяснением данному факту может служить то, что в развивающихся странах отдача от гидроэнергетики больше, чем от других источников альтернативной энергии, поэтому данные страны вначале ориентируются именно на производительность источников гидроэнергии, а лишь затем, при росте дохода, начинают переключаться на более экологичные и менее производительные источники возобновляемой энергии, такие как солнечная и ветровая энергетика. В целом построенные модели обладают очень высоким уровнем точности и позволяют построить причинно-следственную связь между развитием финансового сектора и ростом сектора возобновляемой энергетики.

Заключение

Результаты нашего исследования показывают, что уровень развитости финансового сектора значимо влияет на использование возобновляемой энергетики, причем не только для развивающихся стран и стран с переходной экономикой, но и для развитых стран.

Данная работа является логичным продолжением прочих работ на эту тематику. Ранее никогда не проводилась оценка использования возобновляемых источников энергии для такого большого количества стран. Значимые результаты получены для различных показателей развитости финансового сектора. Нам удалось оценить разницу в использовании ВИЭ для развитых и развивающихся стран.

Исследование может служить базой для дальнейших работ по данной тематике. Логичным продолжением служит изучение влияния отдельных видов финансирования на развитие сектора ВИЭ.

На основании исследования также можно сделать ряд выводов, пригодных для разработки мер государственной политики в области возобновляемой энергетики. Данная работа является еще одним подтверждением тому, что для успешного развития ВИЭ необходим прозрачный и удобный механизм финансирования подобных проектов. И в развитых,

и в развивающихся странах существуют барьеры для многих технологических проектов.

Авторы благодарят профессора Ольгу Владимировну Кудрявцеву за помощь и ценные советы при создании данной статьи.

Список литературы

1. *Ba L., Gasmi F., Um P. N.* Is the Level of Financial Sector Development a Key Determinant of Private Investment in the Power Sector? // World Bank Policy Research Working Paper 5373, 2010.
2. Brunnschweiler C. Finance for renewable energy: an empirical analysis of developing and transition economies. // Environment and development economics. 2010. June. Vol. 15. № 3. P. 241–274.
3. *Mathews J. A., Kidney S., Mallon K., Hughes M.* Mobilizing private finance to drive an energy industrial revolution // Energy Policy. 2010. 38. 3263–3265.
4. *Mirkin Y., Kuznetsova O., Kuznetsov A.* The Financial Depth of Emerging Markets: The Case of Russia // Competition and change. 2013. May. Vol. 17. No. 2. P. 156–75.
5. *Sahay R., Čihák M., N'Diaye P., Barajas A., Bi R., Ayala D., Gao Y., Kyobe A., Nguyen L., Saborowski C., Svirydzenka K., Reza Yousefi S.* Rethinking Financial Deepening: Stability and Growth in Emerging Markets // IMF Staff Discussion Notes. 2015. May. SDN 15/08.
6. *Steffen B.* The importance of project finance for renewable energy projects // Energy Economics. 2018. January. Vol. 69. P. 280–294.
7. Financing Renewable Energy. Options for Developing Financing Instruments Using Public Funds // The World Bank. 50 p.
8. IEA (International Energy Agency). World Energy Outlook 2018, OECD/IEA, Paris, 2018.
9. IRENA and CPI. Global Landscape of Renewable Energy Finance. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2018.
10. IRENA. Global Energy Transformation: A roadmap to 2050, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2018.
11. REN21. Renewables 2018 Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat, Paris and Worldwatch Institute, Washington, D. C., 2018.
12. UNEP. Global Trends in Sustainable Energy Investment 2018: Analysis of Trends and Issues in the Financing of Renewable Energy and Energy Efficiency, UNEP DTIE Paris, 2018.
13. *Ермоленко Г. В.* Анализ деятельности ведущих нефтегазовых компаний в области возобновляемой энергетики // Аналитические обзоры Института Энергетики НИУ ВШЭ. Октябрь 2017. 57 с.

3.7. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ФИНАНСОВОГО РАЗВИТИЯ НА ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ

Соловьева П. И., Улиткина А. В.[1]

Введение

Бурное развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) является одной из ключевых составляющих, характеризующих современную динамику как мирового энергетического сектора в целом, так и отрасли возобновляемой энергетики в частности. В 2017 г. на долю ВИЭ приходилось 70% прироста мировых генерирующих мощностей. Сегодня ВИЭ составляют около 15% общего мировой энергетики, а к 2050 г. ожидается увеличение данного показателя до 60% (в первую очередь за счет солнечной и ветровой энергетики)[2]. Причиной данной трансформации энергетического сектора служит развитие технологий в возобновляемой энергетике до уровня, позволяющего им быть конкурентоспособными по сравнению с традиционными источниками энергии.

На сегодняшний день политика поддержки ВИЭ реализуется в 173 странах мира. Около 75% инвестиций в возобновляемую энергетику принадлежит Китаю, США и ЕС. Несмотря на то что долгосрочная экономическая политика данных государств предполагает дальнейшее увеличение инвестиций в ВИЭ, в мире существуют также примеры значительных финансовых вложений в возобновляемую энергетику странами развивающегося мира. Доля инвестицией в ВИЭ в ВВП в странах третьего мира, например, в Маршалловых Островах, Руанде, Соломоновых Остовах, Гвинее-Бисау и др. значительно превышает значение данного показателя в развитых странах. В связи с этим возникает вопрос, каким образом экономическое и финансовое развитие страны влияет на потребление энергии из возобновляемых источников. Мы хотим оценить влияние экономического

---

[1] Подготовлено под научным руководством О. В. Кудрявцевой. Опубликовано в: *Соловьева П. И., Улиткина А. В.* Оценка влияния экономического и финансового развития на потребление возобновляемой энергетики // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2018. Т. 10. Вып. 4. С. 65–76.

[2] URL: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/GSR_2018_Highlights_final.pdf

и финансового развития стран мира на количество потребляемой в этих странах электроэнергии из возобновляемых источников.

Обзор литературы

В настоящее время в научной литературе насчитывается целый ряд статей, в которых объясняется причинно-следственная связь между количеством потребляемой электроэнергии/возобновляемой электроэнергии и экономическим развитием, а также присутствуют попытки оценить данный эффект в ряде стран. Возросло количество исследований, в которых присутствует анализ с помощью различных экономических индикаторов и инструментов во временном разрезе с попыткой выделить эту взаимосвязь.

Большинство таких исследований базируется на данных одной конкретной страны. Например, в статье [8] исследуется взаимосвязь между финансовым развитием Китая и потреблением электроэнергии в 1999–2009 гг. Результаты указывают на наличие положительной взаимосвязи между финансовым развитием страны и потребляемой электроэнергией. Для оценки финансового развития в работе используется отношение кредитов к ВВП страны и отношение прямых иностранных инвестиций к ВВП.

Поиском факторов, влияющих на потребление энергии в целом, занимались [7]. Исследователи выяснили, что особое влияние на потребление энергии оказывают цены, плотность населения, уровень урбанизации и наличие ВИЭ. Согласно результатам работы, уменьшение потребления энергии происходит с ростом уровня доходов населения. Увеличение численности населения приводит к снижению потребления всех видов энергии, кроме электроэнергии, что объясняется наличием субститутов между различными источниками.

Одной из статей, которая натолкнула нас на проведение нашего анализа, является статья [5]. Авторы также исследовали взаимосвязь между уровнем финансового развития ряда европейских стран и количеством потребляемой ими энергии в 1990–2011 гг., однако уровень финансового развития они поделили на две составляющие: банковские индексы и биржевые индексы. Данное деление позволило сделать вывод о том, что степень влияния финансового развития на количество потребляемой энергии зависит от того, каким образом финансовое развитие измерять, однако, несмотря на это, влияние есть и оно положительное.

Необходимо упомянуть исследование [6], в котором объясняются каналы, по которым финансовое развитие может оказывать влияние на количество потребляемой энергии. Выделяют три основных канала: «прямой эффект», «бизнес-эффект» и «эффект богатства». Первый подразумевает то, что более высокий уровень финансового развития способствует боль-

шей доступности и снижению цен на более энергозатратные товары. Второй эффект отражает возможности для расширения бизнеса при развитии финансового сектора, что подразумевает повышение уровня затрачиваемой энергии в производстве. Третий канал отражает увеличение доверия потребителей и производителей с ростом активности на фондовом рынке, что способствует увеличению экономической активности и повышению спроса на электроэнергию. Таким образом, вопрос о влиянии развития финансового сектора на количество потребляемой энергии становится обоснованным.

Существуют также более конкретные исследования ВИЭ, опирающиеся на анализ групп стран и панельные данные. Например, новейшая статья [4] посвящена поиску взаимосвязи между возобновляемыми источниками энергии и экономическим ростом в странах G7. Применение модели временных рядов в исследовании позволяет авторам сделать вывод о значительных временных колебаниях влияния экономического роста на ВИЭ, однако найденная зависимость остается положительной на протяжении всего рассматриваемого периода.

Несмотря на то что результаты, полученные в научных работах, свидетельствуют о существовании некоторого уровня согласия между учеными о наличии причинно-следственной связи между экономическим развитием и количеством потребляемой электроэнергии, в литературе еще не сформировалось общей позиции по данному вопросу. Проведение дальнейших исследований в этом направлении является необходимым.

Эконометрический подход и используемые данные

На основании выводов, полученных в обзорной части нашей работы, для оценки влияния экономического роста и финансового развития стран на количество потребляемой ими возобновляемой энергии мы будем использовать панельные данные.

Мы используем ежегодные данные за период 1993–2015 гг. по 214 странам. Во всех спецификациях модели число наблюдений близко к двум тысячам. Из выборки исключались страны, для которых отсутствовали данные о количестве потребляемой возобновляемой энергии в некоторые годы, а также страны, для которых не удавалось найти показатели финансового развития за какой-либо период. Таким образом, конечная выборка составила 123 страны.

Мы оцениваем следующую спецификацию уравнения:

$$\ln(renelectr_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(renelectr_{it-1}) + \beta_2 \ln(electr_{it}) + \beta_3 \ln(realDGP_{it}) +$$

$$+ \beta_4 \ln(p_{it}) + \beta_5 \ln(imp_{it}) + \beta_6 \ln(fdi_{it}) + \lambda_t + \gamma T_t + \alpha_i + \varepsilon_{it},$$

где $renenergy_{it}$ — количество потребляемой возобновляемой энергии, $renelectr_{it-1}$) — первый лаг этого показателя, $electr_{it}$ — количество потребляемой энергии, $realDGP_{it}$ — реальный ВВП, p_{it} — цены на энергию, imp_{it} — доля импорта энергии, fdi_{it} — доля прямых иностранных инвестиций в ВВП, λ_t — вектор финансовых показателей, T_t — фиктивные переменные для периодов времени, α_i — постоянные во времени страновые эффекты, ε_{it} — шоки.

Данные по количеству потребляемой возобновляемой энергии представлены долей энергии из возобновляемых источников в общем количестве потребленной энергии. В исходных данных в качестве типов ВИЭ учитывались: биоэнергетика, гидроэнергетика, геотермальная, солнечная энергетика, ветроэнергетика. ВВП был взят как реальный на душу населения в долларах США 2011 г. Данные о ценах на энергию получаются путем деления цен на нефть марки Brent на индекс потребительских цен для каждой страны. Импорт энергии получен как доля импорта энергии в общем объеме используемой энергии. В качестве контрольной переменной мы также используем долю иностранных инвестиций в ВВП.

Поскольку нас, вслед за нашими предшественниками — авторами [5], интересует зависимость между количеством потребляемой возобновляемой энергии и финансовым развитием стран, мы включаем в модель различные индикаторы их банковского сектора. Сюда входят такие переменные, как доля депозитных денежных средств в ВВП, доля депозитов финансовой системы в ВВП, доля ликвидных обязательств в ВВП, доля частных кредитов в ВВП, накладные расходы банка, чистая процентная маржа, коэффициент концентрации, доходность активов, доходность собственного капитала, соотношение затрат и прибыли и показатель Z-score.

Информационной базой нашего исследования выступают данные Всемирного банка и проекта «Bankscope and Orbis Bank Focus databases».

Оцениваемое уравнение является версией авторегрессионной модели с первым лагом зависимой переменной, позволяющей учесть эффект прошлогоднего потребления энергии на текущий уровень. Мы добавляем в модель фиктивные переменные для времени, чтобы учесть общие шоки экономической конъюнктуры, влияющие на все страны одновременно.

При оценивании данной модели методом первых разностей (first differences) или при помощи внутригруппового преобразования (within estimator) получаются смещенные и несостоятельные оценки коэффициентов в связи с возникающей корреляцией первой разности лага зависимой переменной с разностью идиосинкратических шоков. Аналогично МНК-оценка будет несостоятельна.

В этой работе для оценки уравнения мы применяем обобщенный метод моментов (GMM), применение которого в контексте динамической модели на панельных данных изучено в статьях [3; 2]. Для всех переменных мы брали значения их логарифмов, кроме переменной доли прямых

иностранных инвестиций, доли импорта в ВВП, показателей ROA и ROE, Z-score, по причине наличия отрицательных значений данных переменных. Фиктивные переменные времени также взяты без логарифмов (описательная статистика приводится в приложении 5).

Результаты моделирования для всех стран

Таблица 1

Результаты оценивания модели, отражающей влияние экономического и финансового развития на потребление возобновляемой электроэнергетики, метод Ареллано—Бовера

Регрессоры (зависимая переменная — потребление возобновляемой электроэнергии)	Коэффициент	Ст. ошибка	
Логарифм потребления возобновляемой электроэнергии с лагом в 1 год	0,787	0,011	***
Логарифм потребления электроэнергии	0,207	0,012	***
Логарифм реального ВВП на душу населения	−0,079	0,017	***
Логарифм цен на энергоресурсы	0,067	0,023	***
Логарифм доли ликвидных обязательств в ВВП (денежных средств)	−0,194	0,030	***
Логарифм доли депозитных денежных средств в ВВП	−0,059	0,027	**
Логарифм доли частных кредитов в ВВП	0,218	0,032	***
Логарифм доли депозитов финансовой системы в ВВП	0,002	0,017	
Логарифм доли накладных расходов банка	0,023	0,022	
Логарифм чистой процентной маржи банка	−0,021	0,022	
Логарифм коэффициента концентрации[1]	−0,067	0,030	**
Логарифм соотношения затрат и прибыли	0,110	0,037	***
Доля прямых иностранных инвестиций в ВВП	−4,27e-05	0,0001	
Доля импорта энергии в общем объеме используемой энергии	−0,0001	0,0001	
ROA	−0,003	0,010	
ROE	0,002	0,001	**
Z-score	−0,005	0,001	***
Константа	0,553	0,290	*

Примечание. Приведены робастные стандартные ошибки. Символы *, **, *** указывают на значимость на 10-, 5-, и 1%-ном уровнях соответственно.

[1] Отношение активов трех крупнейших банков к активам всех коммерческих банков.

Данная модель предполагает наличие большого числа инструментальных переменных. Экзогенность инструментов можно проверить с помощью теста Саргана. Нулевая гипотеза данного теста подразумевает, что все инструменты экзогенны. В представленной спецификации модели p-значение теста Саргана велико, что позволяет принять нулевую гипотезу и сделать вывод о том, что все инструменты экзогенны.

Для того чтобы используемые инструменты были экзогенны, нужно, чтобы в случайных ошибках не было автокорреляции. Если в самих случайных ошибках нет автокорреляции, то их разности должны характеризоваться автокорреляцией первого порядка, но не второго. Поэтому для оцененной модели мы тестируем отсутствие автокорреляции. В представленной модели наблюдается автокорреляция первого порядка, но отсутствует автокорреляция второго порядка.

Таким образом, мы наблюдаем, что влияние прошлогоднего потребления возобновляемой энергии на потребление текущего года значимо на 1%-ном уровне значимости и принимает достаточно большое значение — 0,79.

Результаты модели свидетельствуют и том, что уровень развития страны отрицательно влияет на потребление возобновляемой электроэнергии, причем данный результат значим на 1%-ном уровне значимости, однако количественная оценка влияния уровня экономического развития на потребление возобновляемой электроэнергии невелика. Результаты модели системного ОММ говорят о том, что при увеличении реального ВВП на 1% потребление ВИЭ снизится на 0,08%.

Цены на энергоресурсы также незначительно влияют на потребление ВИЭ, при этом прямые иностранные инвестиции в экономику страны не оказывают значимого влияния.

Интересным является тот факт, что в отличие от уровня экономического развития страны, уровень ее финансового развития существенно влияет на потребление ВИЭ. Большинство показателей, отражающих развитие банковского сектора в нашей модели, оказывают значимое влияние на уровень потребления возобновляемой электроэнергии. Так, например, доля ликвидных обязательств в ВВП, доля депозитных денежных средств в ВВП, доля частных кредитов в ВВП, показатель концентрации, отношение затрат и прибыли и показатель Z-score для банковского сектора оказывают значимое влияние на потребление ВИЭ.

Результаты моделирования для стран БРИКС

Полученное отрицательное влияние экономического и финансового развития страны на потребление в ней возобновляемой электроэнергии может быть причиной значительной экономической и географической

дифференциации стран в нашей выборке. Для решения данной проблемы мы уменьшили количество рассматриваемых объектов и провели анализ для стран БРИКС.

На сегодня БРИКС представляет собой ассоциацию пяти крупных быстроразвивающихся национальных экономик: Бразилии, России, Индии, Китая и ЮАР. Характерной чертой членов БРИКС является их значительное региональное, а в некоторых случаях и мировое экономическое влияние. В области возобновляемой энергетики дать однозначную оценку положению стран — участниц союза на мировой арене достаточно сложно, поскольку показатели использования ВИЭ в них существенно разнятся. Китай, например, является мировым лидером по общей установленной мощности ВИЭ (в первую очередь в области малой гидро-, ветровой и солнечной энергетики). К 2020 г. китайские инвестиции в возобновляемые источники энергии составят около 360 млрд долл. Бразилия стала одной из первых стран Латинской Америки, которая смогла успешно реализовать проекты по преобразованию энергии морских волн. Сегодня доля ВИЭ в общем потреблении электроэнергии в Бразилии составляется 90%. ЮАР занимает 7-е место в мире по добыче угля, который обеспечивает большую часть потребности в электроэнергии. Тем не менее в республике путем использования солнечных установок активно проводится политика перехода к возобновляемой электроэнергетике. Характерной чертой индийской экономики является ее нефтяная зависимость, решить которую власти страны пытаются путем реализации программ, в том числе аукционов, по увеличению производительности ВИЭ. Потенциал России в области ВИЭ также реализован достаточно слабо. Несмотря на экономическую обоснованность введения новых высокотехнологичных видов генерации энергии, возобновляемая энергетика в нашей стране составляет лишь 0,5% от общего объема электрогенерации.

Таким образом, в большинстве своем страны БРИКС не обладают достаточными установленными мощностями ВИЭ, однако все страны-участницы являются важными игроками на мировой экономической арене, а также проводят политику перехода от традиционных энергоресурсов к альтернативным возобновляемым источникам. В связи с этим интересно рассмотреть данную выборку стран в рамках нашего исследования.

Для стран БРИКС за период 1993–2015 гг. была построена модель, аналогичная предыдущему пункту нашей работы. Мы использовали обобщенный метод моментов (GMM), а именно метод Ареллано—Бовера, применение которого целесообразно в данном контексте. Мы получили следующие результаты (описательная статистика приводится в приложении 5).

Таблица 2

Результаты оценивания модели, отражающей влияние экономического и финансового развития на потребление возобновляемой электроэнергетики для стран БРИКС, метод Ареллано—Бовера

Регрессоры (зависимая переменная — потребление возобновляемой электроэнергии)	Коэффициент	Ст. ошибка	
Логарифм потребления возобновляемой электроэнергии с лагом в 1 год	0,658	0,058	***
Логарифм потребления электроэнергии	−0,560	0,159	***
Логарифм реального ВВП на душу населения	0,605	0,116	***
Логарифм цен на энергоресурсы	−0,427	0,226	*
Логарифм доли ликвидных обязательств в ВВП (денежных средств)	2,128	0,432	***
Логарифм доли депозитных денежных средств в ВВП	−0,196	0,460	
Логарифм коэффициента концентрации	−0,375	0,121	***
Z-score	−0,008	0,003	***
Доля прямых иностранных инвестиций в ВВП	−0,013	0,016	
Доля импорта энергии в общем объеме используемой энергии	0,016	0,005	***
Логарифм доли частных кредитов в ВВП	−0,836	0,268	***
Логарифм доли депозитов финансовой системы в ВВП	−1,302	0,318	***
Логарифм доли накладных расходов банка	−0,627	0,305	**
Логарифм чистой процентной маржи банка	0,701	0,293	**
Логарифм соотношения затрат и прибыли	0,337	0,340	
ROA	−0,290	0,076	***
ROE	0,011	0,006	*
Константа	−0,685	1,648	

Примечание. Приведены робастные стандартные ошибки. Символы *, **, *** указывают на значимость на 10-, 5-, и 1%-ном уровнях соответственно.

Был проведен тест на избыточность переменных, отражающих финансовое развитие и банковский сектор. Р-значение соответствующего теста оказалось мало, поэтому гипотеза о нулевых параметрах регрессии отвергается. Таким образом, включение всех переменных в модель является целесообразным.

Результаты данной динамической модели говорят о том, что при увеличении реального ВВП на 1% потребление ВИЭ увеличивается на 0,58%,

причем данный результат является значимым на 1%-ном уровне значимости. Величина прошлогоднего уровня потребления ВИЭ также значимо влияет на уровень потребления текущего года. Как и ранее, мы получили, что уровень потребления ВИЭ зависит от большинства финансовых показателей. Самое большое значимое влияние оказывает банковский показатель доли ликвидных обязательств (денежных средств) в ВВП. При увеличении данного показателя на 1%, потребление ВИЭ увеличивается на 2,13%. При этом доля депозитов финансовой системы в ВВП, доля частных кредитов в ВВП значимы на 1%-ном уровне значимости, но отрицательно влияют на потребление ВИЭ.

Заключение

Настоящее исследование посвящено оценке влияния экономического и финансового развития страны на потребление возобновляемой энергии. Информационной его базой выступали статистические данные Всемирного банка и проекта «Bankscope and Orbis Bank Focus databases». Существующий круг работ по данной тематике дополнен за счет анализа отрасли возобновляемых источников электроэнергии стран БРИКС.

Исследование было выполнено при помощи модельного анализа панельных данных (обобщенного метода моментов). На основании проведенного анализа можно сделать вывод о том, что в зависимости от исследуемой выборки стран разные экономические и финансовые показатели оказывают различное влияние на потребление возобновляемой электроэнергии. Проведенное исследование позволило доказать гипотезу существования положительной зависимости между уровнем развития экономического и финансового секторов стран БРИКС и потреблением ВИЭ-технологий. Наибольшее влияние на уровень возобновляемой электроэнергии в данных странах оказывает банковский показатель доли ликвидных обязательств (денежных средств) в ВВП, отражающий развитость финансового сектора государства. В качестве дальнейшего исследования данной темы возможным является включение в анализ географических, климатических и природных индикаторов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность преподавателю Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова Ольге Владимировне Кудрявцевой за оказанную помощь при проведении данного исследования и написании настоящей статьи.

Список литературы

1. IRENA “Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050”, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
2. *Arellano M. and Bond S.* Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models // Journal of Econometrics. 1998. 87 (1). P. 115–143.
3. *Arellano M. and Bover O.* Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models // Journal of Econometrics. 1995. 68 (1). P. 29–51.
4. *Balcilar Mehmet* (et al.) The renewable energy consumption and growth in the G-7 countries: Evidence from historical decomposition method // Renewable Energy. 2018. 126. P. 594–604.
5. Coban Serap and Topcu Mert The nexus between financial development and energy consumption in the EU: A dynamic panel data analysis // Energy Economics. 2013. 39. P. 81–88.
6. *Sadorsky P.* Financial development and energy consumption in Central and Eastern European frontier economies // Energy Policy. 2011. 39 (2). P. 999–1006.
7. Sarcodie, Samuel Asumadu Adom and Philip Kofi Determinants of energy consumption in Kenya: A NIPALS approach // Energy: Elsevier, 2018. 159 (C). P. 696–705.
8. *Xu S. J.* The Impact of Financial Development of Energy Consumption in China: Based on SYS-GMM Estimation // Advanced Materials Research. 2012. Vols. 524–527. P. 2977–2981.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

(к параграфу 1.4. Анализ потоков биологических ресурсов Республики Крым)

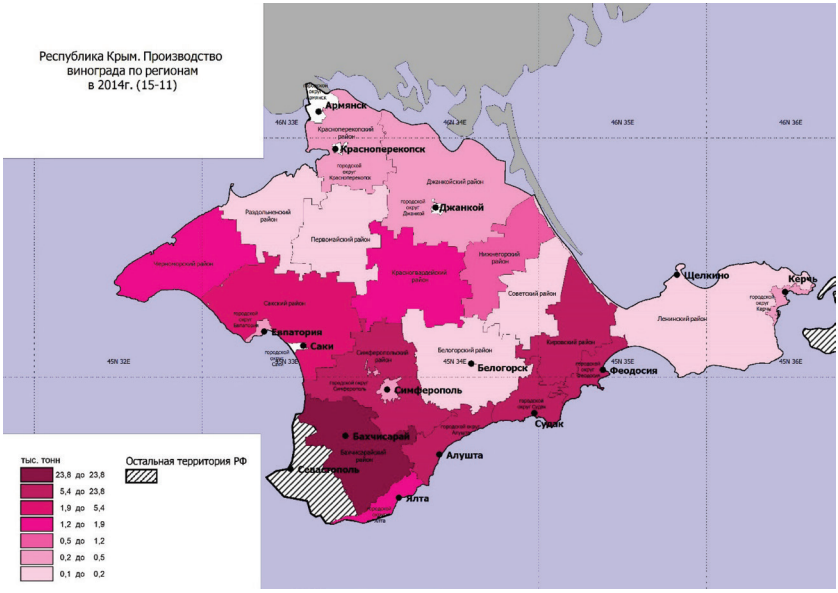


Рис. 1

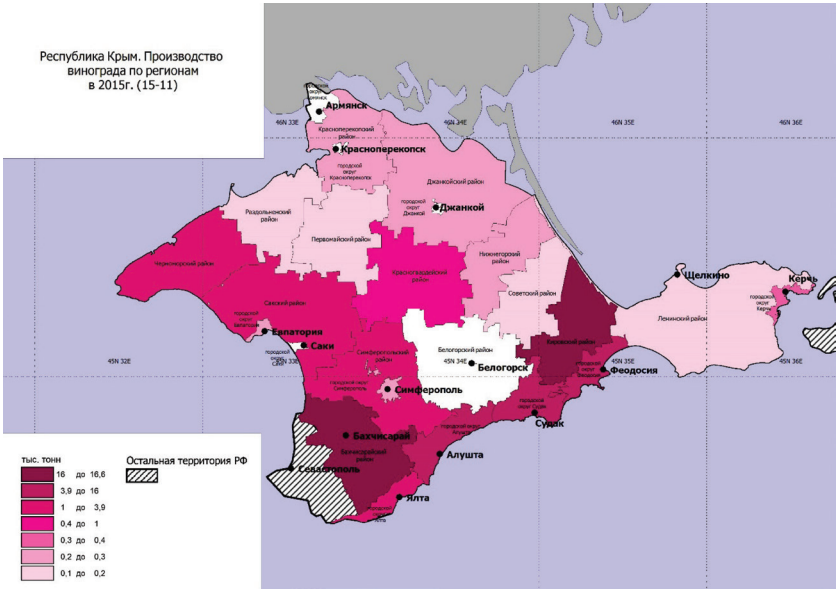

Республика Крым. Производство винограда по регионам в 2015г. (15-11)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
16 до 16,6
3,9 до 16
1 до 3,9
0,4 до 1
0,3 до 0,4
0,2 до 0,3
0,1 до 0,2
Остальная территория РФ

Рис. 2

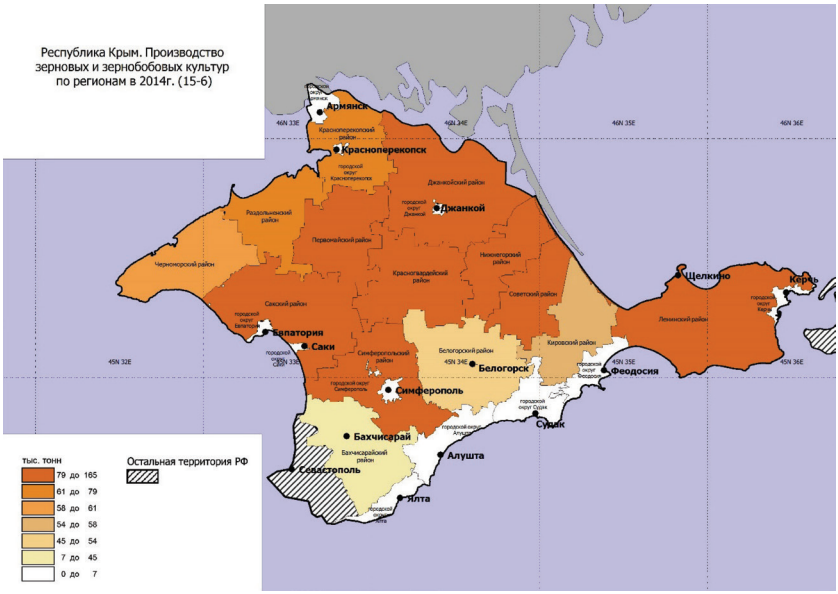

Республика Крым. Производство зерновых и зернобобовых культур по регионам в 2014г. (15-6)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
79 до 165
61 до 79
58 до 61
54 до 58
45 до 54
7 до 45
0 до 7
Остальная территория РФ

Рис. 3

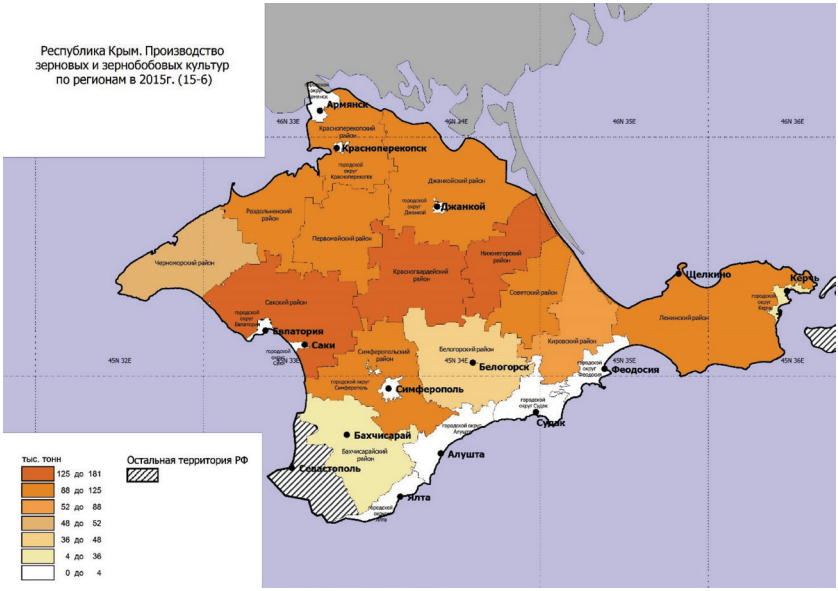

Республика Крым. Производство зерновых и зернобобовых культур по регионам в 2015г. (15-6)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Симферополь
Белогорск
Феодосия
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
125 до 181
88 до 125
52 до 88
48 до 52
36 до 48
4 до 36
0 до 4
Остальная территория РФ

Рис. 4

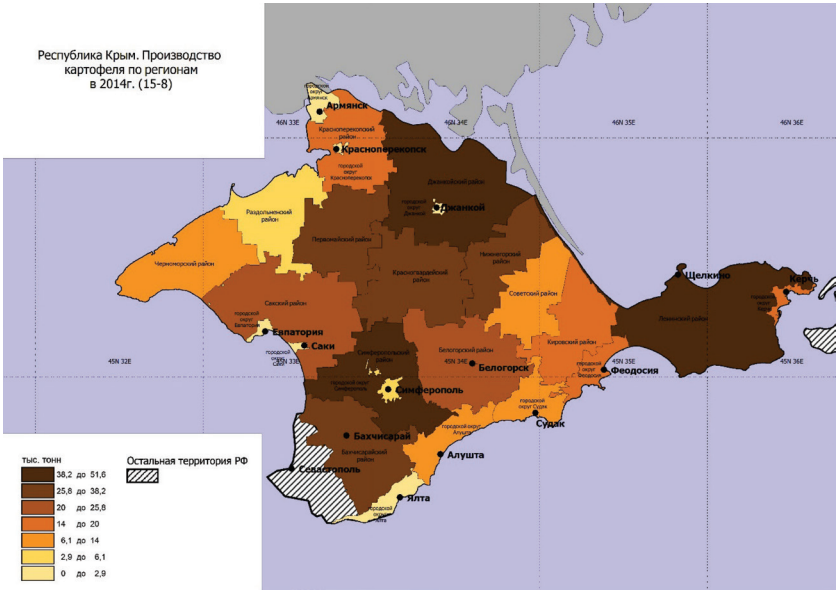

Республика Крым. Производство картофеля по регионам в 2014г. (15-8)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Симферополь
Белогорск
Феодосия
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
38,2 до 51,6
25,8 до 38,2
20 до 25,8
14 до 20
6,1 до 14
2,9 до 6,1
0 до 2,9
Остальная территория РФ

Рис. 5

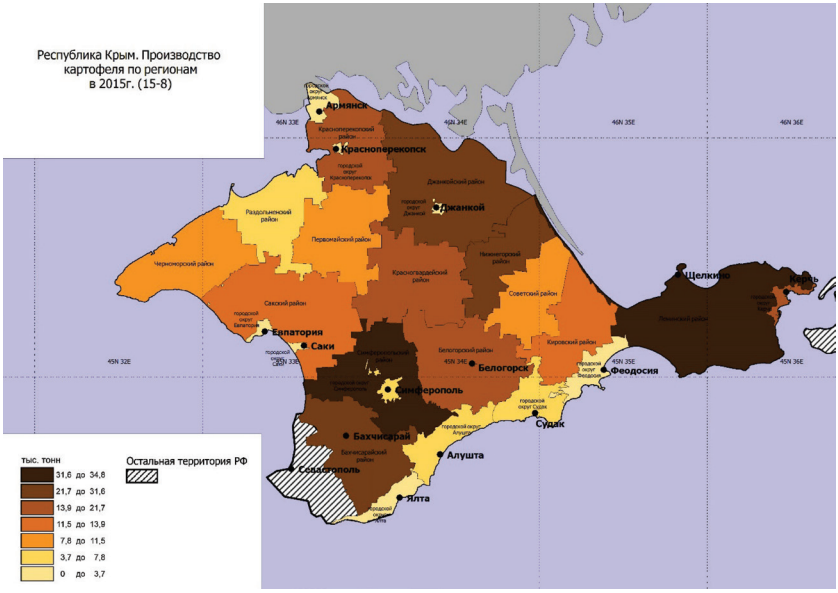

Республика Крым. Производство картофеля по регионам в 2015г. (15-8)
тыс. тонн
31,6 до 34,8
21,7 до 31,6
13,9 до 21,7
11,5 до 13,9
7,8 до 11,5
3,7 до 7,8
0 до 3,7
Остальная территория РФ
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта

Рис. 6.

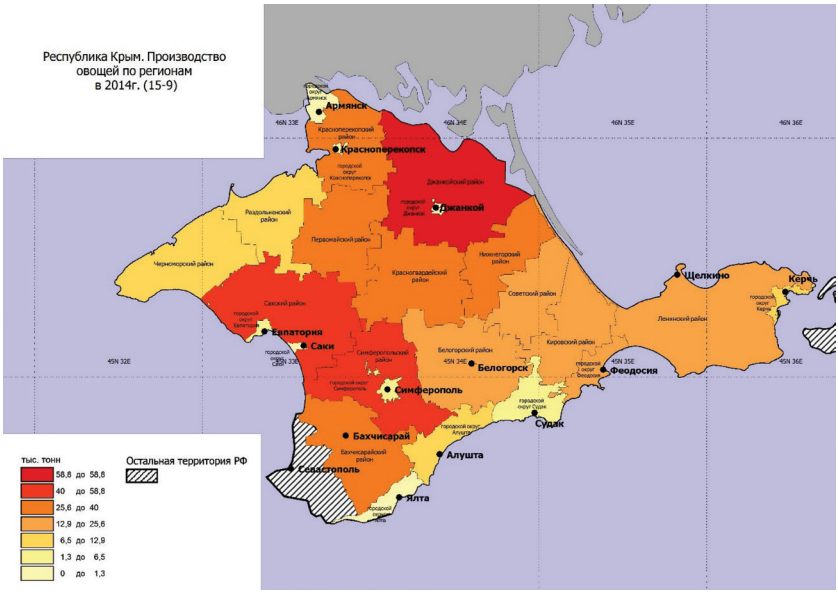

Республика Крым. Производство овощей по регионам в 2014г. (15-9)
тыс. тонн
58,8 до 58,8
40 до 58,8
25,6 до 40
12,9 до 25,6
6,5 до 12,9
1,3 до 6,5
0 до 1,3
Остальная территория РФ
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта

Рис. 7.

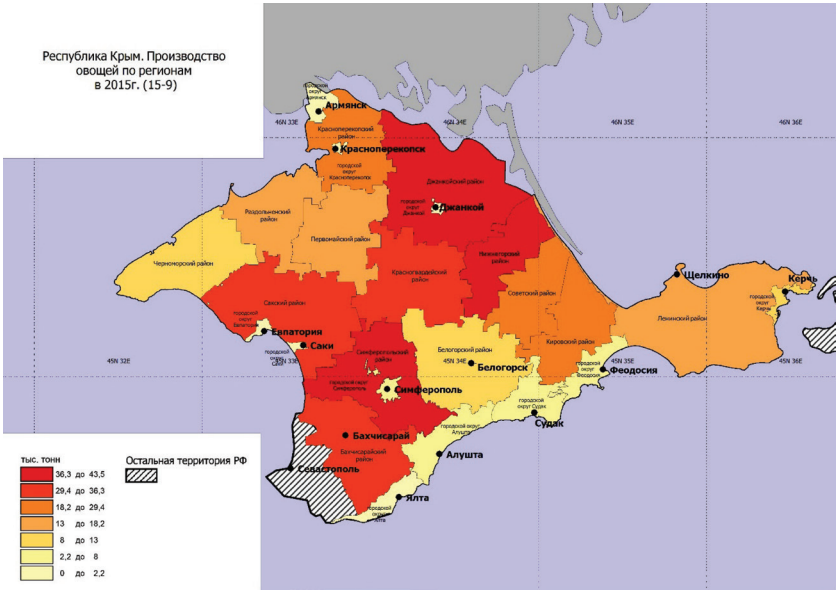

Республика Крым. Производство
овощей по регионам
в 2015г. (15-9)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
36,3 до 43,5
29,4 до 36,3
18,2 до 29,4
13 до 18,2
8 до 13
2,2 до 8
0 до 2,2
Остальная территория РФ

Рис. 8.

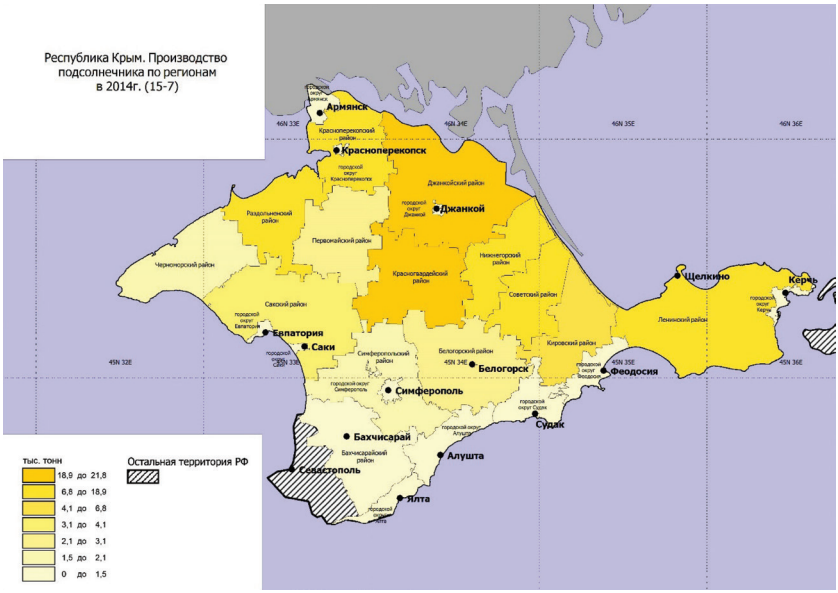

Республика Крым. Производство
подсолнечника по регионам
в 2014г. (15-7)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
18,9 до 21,8
6,8 до 18,9
4,1 до 6,8
3,1 до 4,1
2,1 до 3,1
1,5 до 2,1
0 до 1,5
Остальная территория РФ

Рис. 9.

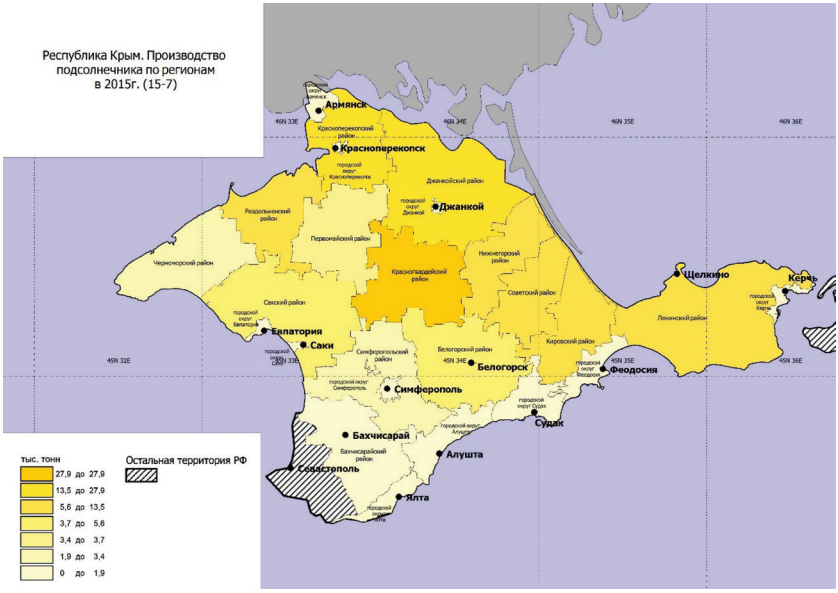

Республика Крым. Производство подсолнечника по регионам в 2015г. (15-7)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
27,9 до 27,9
13,5 до 27,9
5,6 до 13,5
3,7 до 5,6
3,4 до 3,7
1,9 до 3,4
0 до 1,9
Остальная территория РФ

Рис. 10.

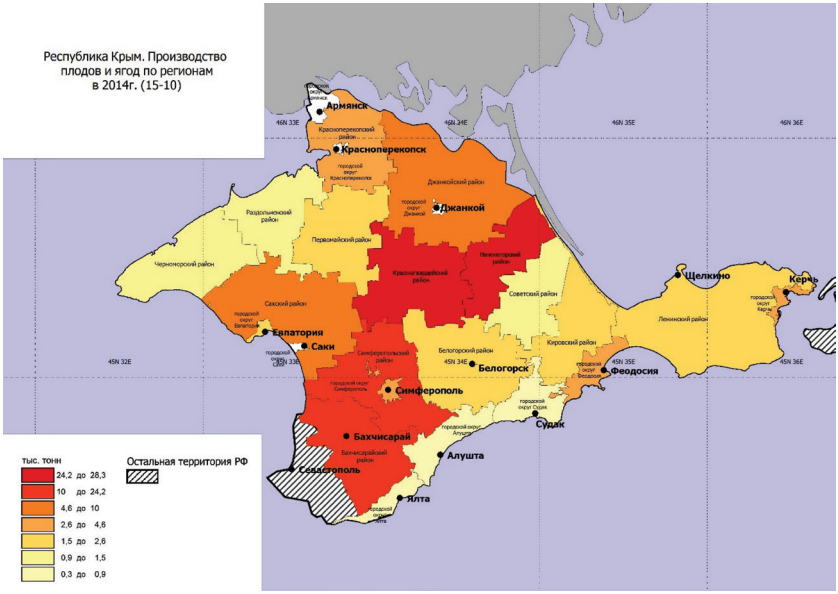

Республика Крым. Производство плодов и ягод по регионам в 2014г. (15-10)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
24,2 до 28,3
10 до 24,2
4,6 до 10
2,6 до 4,6
1,5 до 2,6
0,9 до 1,5
0,3 до 0,9
Остальная территория РФ

Рис. 11.

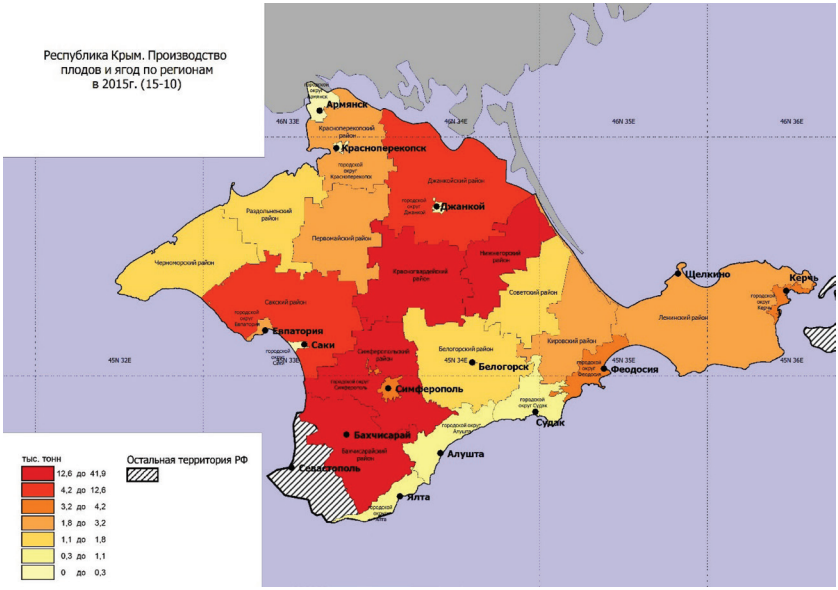

Республика Крым. Производство плодов и ягод по регионам в 2015г. (15-10)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
12,6 до 41,9
4,2 до 12,6
3,2 до 4,2
1,8 до 3,2
1,1 до 1,8
0,3 до 1,1
0 до 0,3
Остальная территория РФ

Рис. 12.

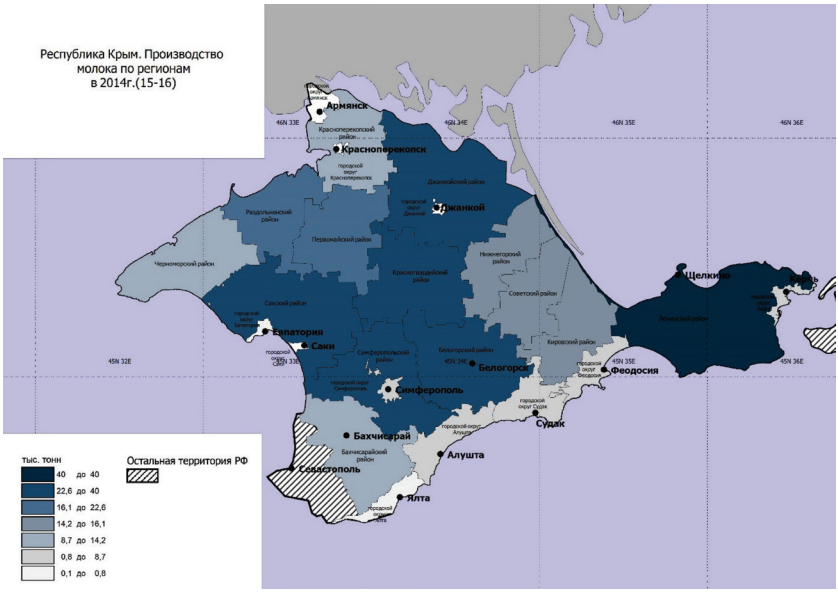

Республика Крым. Производство молока по регионам в 2014г.(15-16)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
40 до 40
22,6 до 40
16,1 до 22,6
14,2 до 16,1
8,7 до 14,2
0,8 до 8,7
0,1 до 0,8
Остальная территория РФ

Рис. 13.

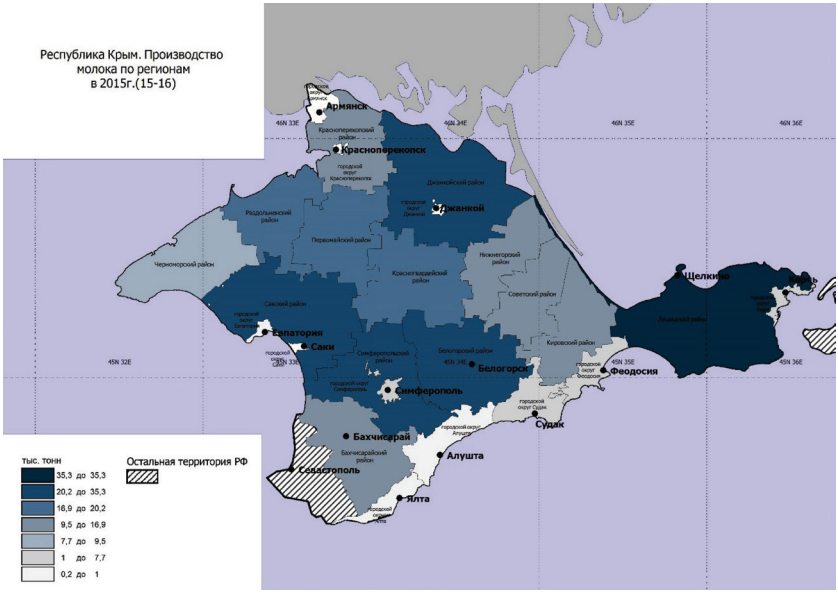

Республика Крым. Производство молока по регионам в 2015г.(15-16)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
35,3 до 35,3
20,2 до 35,3
16,9 до 20,2
9,5 до 16,9
7,7 до 9,5
1 до 7,7
0,2 до 1
Остальная территория РФ

Рис. 14.

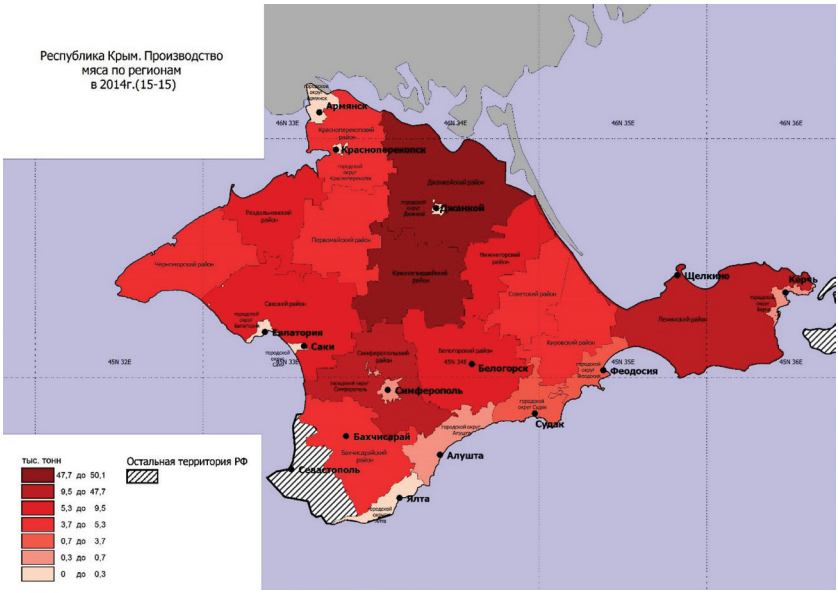

Республика Крым. Производство мяса по регионам в 2014г.(15-15)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
47,7 до 50,1
9,5 до 47,7
5,3 до 9,5
3,7 до 5,3
0,7 до 3,7
0,3 до 0,7
0 до 0,3
Остальная территория РФ

Рис. 15.

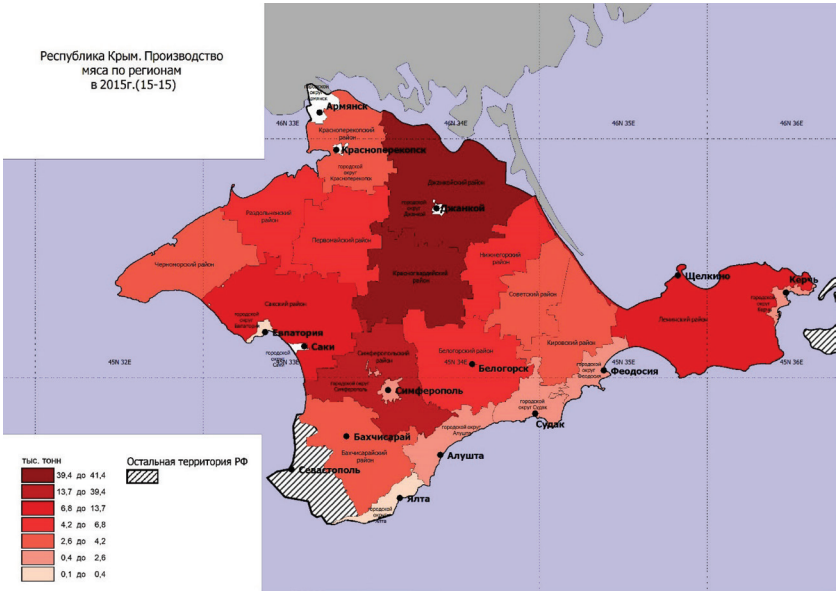

Республика Крым. Производство мяса по регионам в 2015г.(15-15)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
39,4 до 41,4
13,7 до 39,4
6,8 до 13,7
4,2 до 6,8
2,6 до 4,2
0,4 до 2,6
0,1 до 0,4
Остальная территория РФ

Рис. 16.

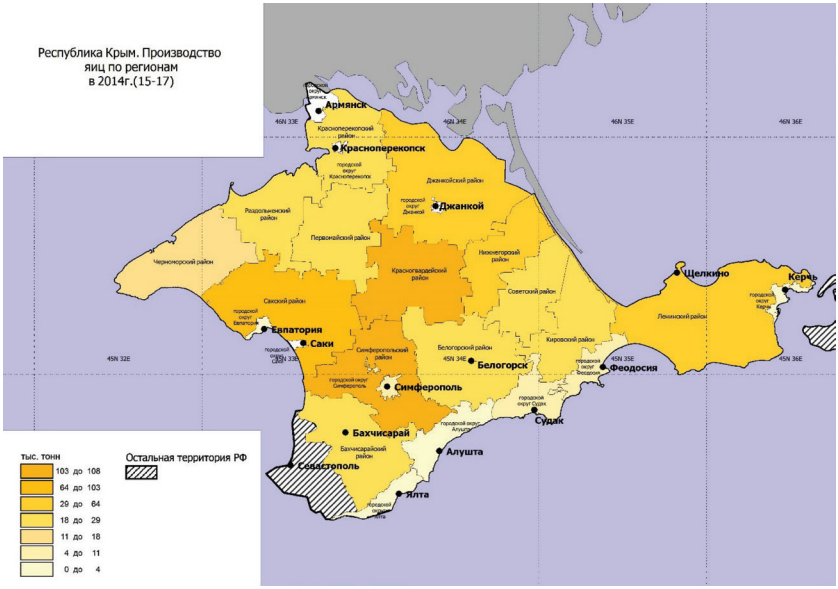

Республика Крым. Производство яиц по регионам в 2014г.(15-17)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
103 до 108
64 до 103
29 до 64
18 до 29
11 до 18
4 до 11
0 до 4
Остальная территория РФ

Рис. 17.

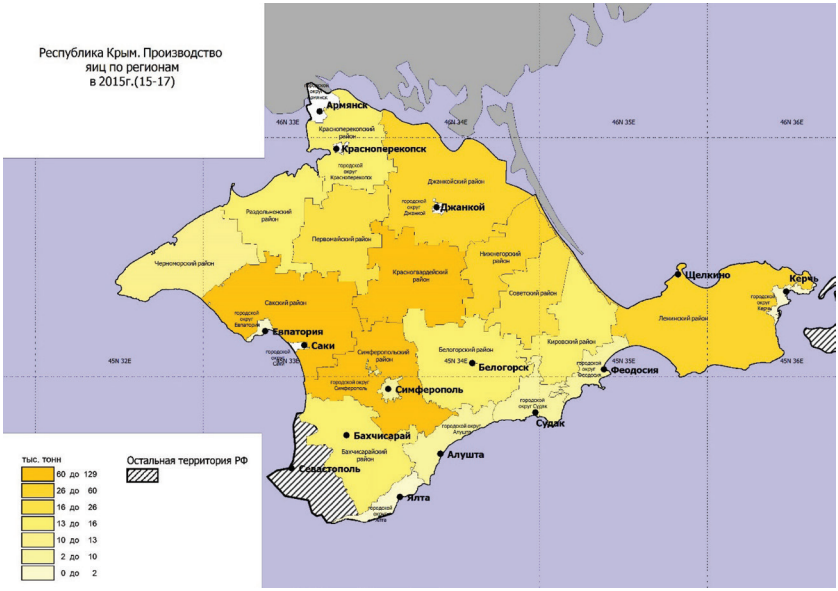

Республика Крым. Производство яиц по регионам в 2015г.(15-17)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. тонн
60 до 129
26 до 60
16 до 26
13 до 16
10 до 13
2 до 10
0 до 2
Остальная территория РФ

Рис. 18

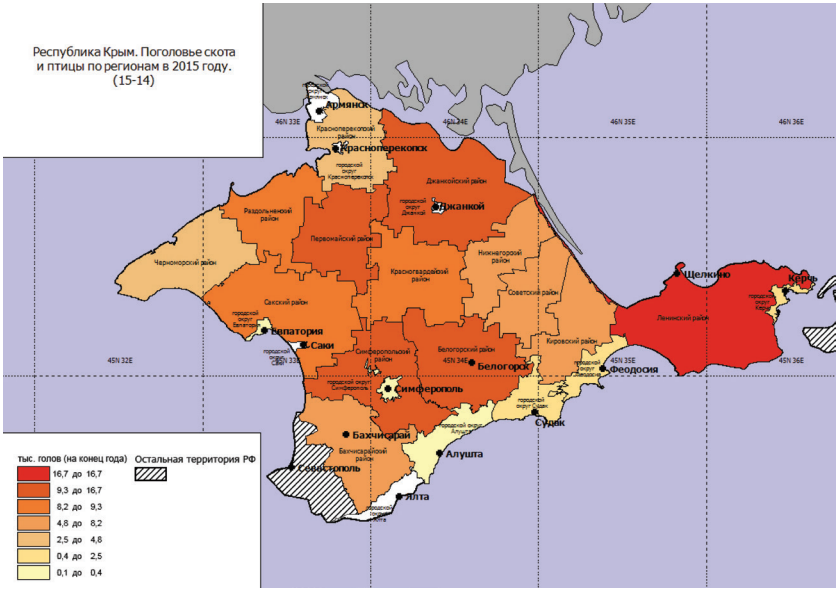

Республика Крым. Поголовье скота и птицы по регионам в 2015 году. (15-14)
Армянск
Красноперекопск
Джанкой
Щелкино
Керчь
Евпатория
Саки
Белогорск
Феодосия
Симферополь
Судак
Бахчисарай
Алушта
Севастополь
Ялта
тыс. голов (на конец года)
16,7 до 16,7
9,3 до 16,7
8,2 до 9,3
4,8 до 8,2
2,5 до 4,8
0,4 до 2,5
0,1 до 0,4
Остальная территория РФ

Рис. 19

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(к параграфу 1.9. Устойчивое развитие территорий на примере Новой Москвы)

Рынок новостроек в Новой Москве

	Наименование жилого комплекса	Этажность домов в жилом комплексе	Год сдачи
Поселение Внуковское			
1	ЖК «Рассказово»	8, 11, 22	2021
2	ЖК «Городские истории»	19, 23	2020
3	ЖК «Переделкино Ближнее»	12, 25	2021
4	Микрорайон «Солнцево парк»	13	2020
5	ЖК «Внуково 2016»	14, 17	2016
Поселение Воскресенское			
6	Квартал таунхаусов «Кронбург»	3	2015
Поселение Десеновское			
7	ЖК «Андерсен»	3, 7, 8, 9	2019
8	Квартал таунхаусов «Новые Ватутинки»	3	2014
9	ЖК «Новые Ватутинки»	5, 17	2022
10	ЖК «Кленовые аллеи»	15, 17	2021
11	ЖК «Russian Design District»	13	2021
Поселение Киевский			
12	ЖК «Филатов Луг»	12, 22	2020
Поселение Кокошкино			
13	ЖК «Кокошкино»	14,15, 17, 18	2015
Поселение Краснопахорское			
14	ЖК «Остров Эрин»	3	2018
15	ЖК «Ирландский квартал»	4	2019
Поселение Крекшино			
16	ЖК «Баркли Медовая долина»	4, 7	2020
Поселение Марушкинское			
17	ЖК «Внуково парк» (Зеленая Москва-2)	14, 19	2017
18	ЖК «Зеленая Москва-3»	6, 17	2020

Продолжение прил. 2

	Наименование жилого комплекса	Этажность домов в жилом комплексе	Год сдачи
19	ЖК «Пригород Западная долина»	2, 3	2014
Поселение Московский			
20	ЖК «Первый Московский»	17, 25	2021
21	ЖК «Саларьево парк»	25	2021
22	ЖК «Позитив»	16, 25	2021
23	ЖК «Румянцево парк»	13, 22	2022
24	ЖК «Татьянин парк»	10, 11, 12, 13, 15	2018
Поселение Николо-Хованское			
25	ЖК «Испанские кварталы А101»	7, 15	2021
Поселение Первомайское			
26	ЖК «Ново-Никольское»	3, 5, 7, 9	2018
27	ЖК «VNUKOVO SPORT VILLAGE»	4, 6	2018
28	ЖК «Экопарк «Горчаково»	3, 4, 5	2015
29	ЖК «Изумрудная аллея»	2, 3	2015
Поселение Рязановское			
30	ЖК «Остафьево»	10, 14	2020
Поселение Сосенское			
31	Квартал таунхаусов «Вяземское»	2	2015
32	ЖК «Дубровка»	2, 3 , 7, 8	2019
33	ЖК «Новая Звезда»	11, 17, 21, 24	2020
34	ЖК «Аквилон парк»	14	2022
35	ЖК «Скандинавия»	9, 16	2022
36	ЖК «Москва А101»	9, 16	2020
37	ЖК «Москвичка»	9, 15	2020
38	ЖК «Южное Бунино»	12, 14	2020
39	ЖК «Белые ночи»	12, 15	2019
40	ЖК «Бунинские луга»	9, 18	2020
Городской округ Троицк			
41	Квартал таунхаусов «Лесная Сказка»	3	2018
42	Апарт-комплекс «Вилла Рива»	2, 3	2018
43	ЖК «Солнечный»	6	2014
Поселение Филимоновское			
44	ЖК «Спортивный квартал»	3, 12	2018
45	ЖК «Цветочные поляны»	6, 9	2020

Окончание прил. 2

	Наименование жилого комплекса	Этажность домов в жилом комплексе	Год сдачи
Поселение Щаповское			
46	ЖК «Акварель»	9	2014
Городской округ Щербинка			
47	ЖК «Прима-Парк»	10, 22	2017
48	Микрорайон «Овражный»	14, 19, 24	2017
49	ЖК «Белая звезда»	17	2018
50	ЖК «Калипсо-3»	17	2019

Источник: данные собраны автором на cian.ru.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

(к параграфу 2.9. Атомная энергетика в контексте устойчивого развития)

Отношение получаемой энергии от единицы продукции к затрачиваемой на ее добычу и обработку

		Источник	EROI = полученная энергия / затрачиваемая энергия	Затрачиваемая энергия / полученная энергия, %
Гидроэнергетика		Uchiyama 1996	50	2
		Held et al 1977	43	2,3
		Gagnon et al 2002	205	0,5
Атомная энергетика (центрифужное обогащение)	ВВЭР / КВР	Kivisto 2000	59	1,7
	ВВЭР	Inst. Policy Science 1977	46	2,2
	КВР	Inst. Policy Science 1977	43	2,3
	КВР	Uchiyama et al 1991	47	2,1
Атомная энергетика (диффузионное обогащение)	ВВЭР / КВР	Held et al 1977	20	5
	ВВЭР / КВР	Kivisto 2000	17	5,8
		Uchiyama 1996	24	4,2
	ВВЭР	Oak Ridge Assoc. Univ. 1976	15,4	6,5
	КВР	Oak Ridge Assoc. Univ. 1976	16,4	6,1
	КВР	Uchiyama et al 1991	10,5	9,5
Уголь		Kivisto 2000	29	3,5
		Uchiyama 1996	17	5,9
		Uchiyama et al 1991	16,8	6
	Неочищенный	Gagnon et al 2002	7	14
		Kivisto 2000	34	2,9

Окончание прил. 3

		Источник	EROI = полученная энергия / затрачиваемая энергия	Затрачиваемая энергия / полученная энергия, %
Природный газ	Трубопроводный газ высокого напряжения	Kivisto 2000	26	3,8
Природный газ	Трубопроводный газ высокого напряжения	Gagnon et al 2002	5	20
	СПГ	Uchiyama et al 1991	5,6	17,9
	СПГ (57% КИУП)	Uchiyama 1996	6	16,7
Солнечная энергия		Held et al 1997	10,6	9,4
Солнечная энергия (PV)	На крыше	Alsema 2003	12-10	8-10
	На земле	Alsema 2003	7,5	13
	Аморфный кремний	Kivisto 2000	3,7	27
Ветряная энергия		Resource Research Inst. 1983	12	8,3
		Uchiyama 1996	6	16,7
		Kivisto 2000	34	2,9
		Gagnon et al 2002	80	1,3
		Aust Wind Energy Assn 2004	50	2
		Nalukowe et al 2006	20,24	4,9
		Vestas 2006	35,3	2,8

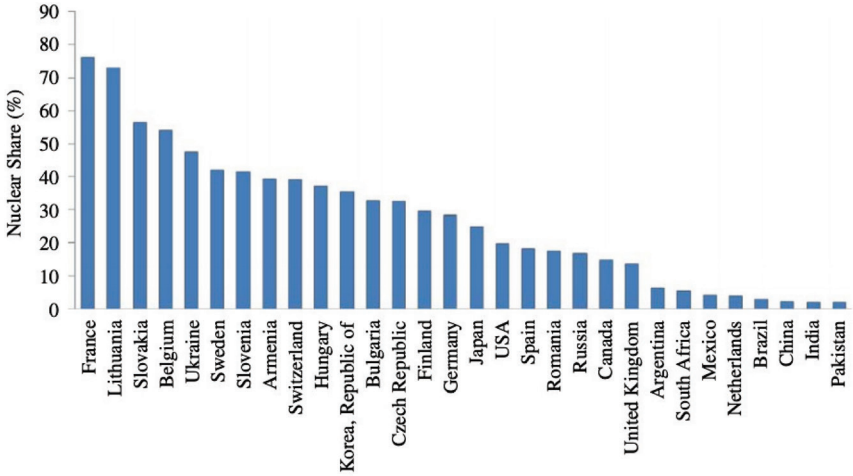


Рис. 1. Доля атомной энергии в структуре производства электроэнергии в разных странах, 2009 г.

Источник: WNA (World Nuclear Association), 2009a. World nuclear power reactors 2008–09 and uranium requirements.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

(к параграфу 3.3. Оценка влияния экономических и институциональных факторов на выбросы CO_2)

Таблица 1

Описательная статистика

Statistic	N	Mean	Min	Max
co2	2,119	5.497	0.027	36.092
GDP_const	2,119	16,494.740	133.322	175,249.800
fdi	2,119	5.447	−58.978	451.716
energy	2,119	2,447.647	113.091	18,178.140
export	2,119	112,074.400	0.373	2,462,902.000
FD	2,119	0.366	0.024	1.000
FM	2,119	0.277	0.000	1.000
FI	2,119	0.447	0.019	1.000
urbanization	2,119	61.518	11.350	100.000
corruption	2,119	0.101	−1.673	2.470
gov_eff	2,119	0.207	−1.746	2.437
pol_stab	2,119	−0.0003	−2.810	1.760
rule_of_law	2,119	0.122	−1.821	2.100
reg_qual	2,119	0.257	−2.344	2.233
voice_and_accountability	2,119	0.127	−2.233	1.801

Список стран в исследовании: Люксембург, Норвегия, Швейцария, Австралия, Исландия, Дания, Швеция, Сингапур, Ирландия, Соединенные Штаты, Нидерланды, Канада, Австрия, Финляндия, Германия, Бельгия, Бруней, Великобритания, Япония, Кувейт, Франция, Новая Зеландия, Израиль, Италия, Испания, Кипр, Греция, Республика Корея, Бахрейн, Мальта, Словения, Саудовская Аравия, Оман, Португалия, Чехия, Тринидад и Тобаго, Эстония, Словакия, Уругвай, Литва, Латвия, Чили, Российская Федерация, Аргентина, Польша, Хорватия, Венгрия, Казахстан, Ливия, Бразилия, Панама, Ливан, Венесуэла, Малайзия, Турция, Габон, Коста-Рика, Мексика, Маврикий, Румыния, Суринам, Азербайджан, Беларусь, Колумбия, Болгария, ЮАР, Китай, Ботсвана, Доминиканская Республика, Перу, Эквадор, Таиланд, Намибия, Алжир, Иордания, Ангола, Ямайка, Босния и Герцеговина, Албания, Парагвай, Грузия, Монголия, Тунис, Украина, Сальвадор, Армения, Гватемала, Индонезия, Шри-Ланка, Республика Конго, Демократическая Республика Конго, Египет, Нигерия, Боливия, Филиппины, Гондурас, Молдова, Никарагуа, Вьетнам, Гана, Замбия, Индия, Йемен, Кения, Камерун, Пакистан, Мьянма, Кыргызская Республика, Бангладеш, Таджикистан, Камбоджа, Сенегал, Танзания, Непал, Того, Эфиопия, Мозамбик, Нигер.

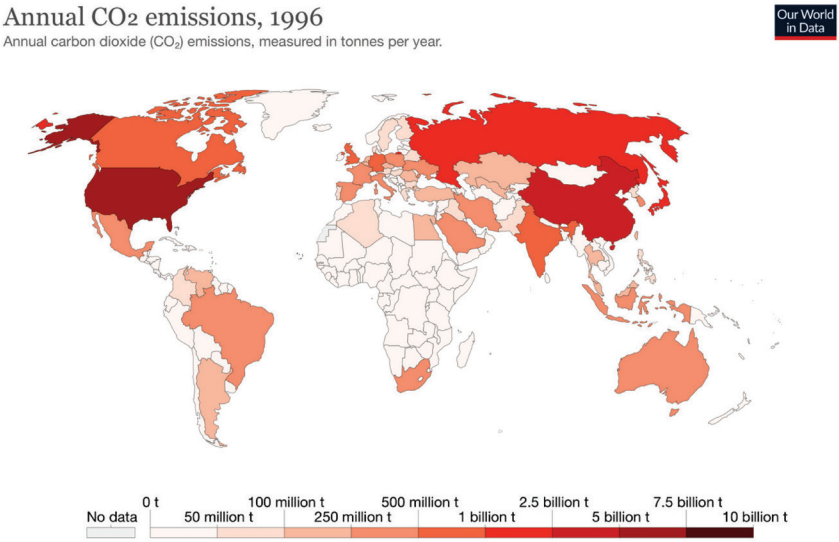


Рис. 1. Выбросы CO_2 за год в разных странах в 1996 г.

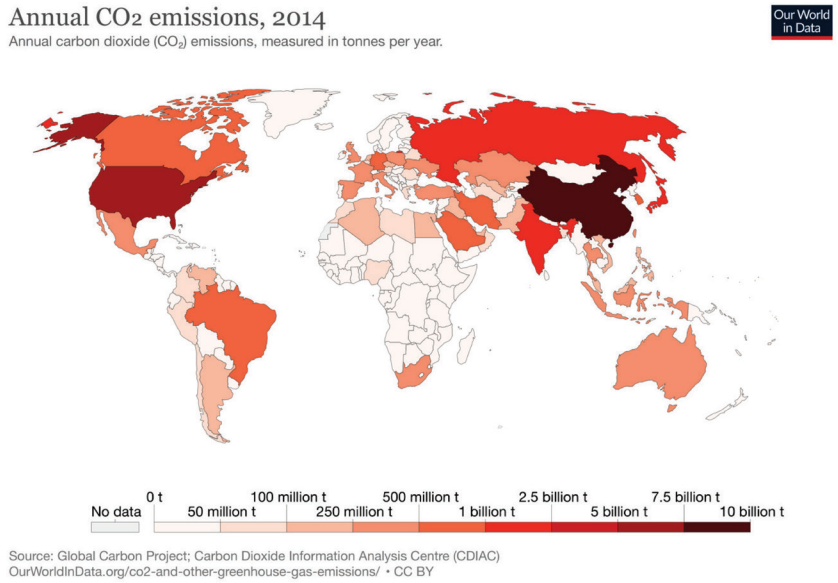


Рис. 2. Выбросы CO_2 за год в разных странах в 2014 г.

Таблица 2

Обобщенный метод моментов

	Зависимая переменная: log(co2)					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
const	-0.011***	−0.010***	−0.008**	−0.009***	−0.007*	−0.011**
	(0.004)	(0.003)	(0.004)	(0.003)	(0.004)	(0.004)
log(co2(-1))	0.733***	0.485***	0.485***	0.484***	0.502***	0.494***
	(0.008)	(0.009)	(0.011)	(0.009)	(0.012)	(0.015)
log(GDP)	0.430***	0.404***	0.398***	0.399***	0.408***	0.413***
	(0.008)	(0.011)	(0.013)	(0.011)	(0.015)	(0.015)
$(\log(GDP))^2$	−0.018***	−0.024***	−0.024***	−0.024***	−0.024***	−0.024***
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)
log(fdi)		0.003***	−0.001	0.003***	−0.001	−0.001
		(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)
log(energy)		0.730***	0.754***	0.736***	0.745***	0.757***
		(0.013)	(0.015)	(0.014)	(0.015)	(0.017)
log(export)		0.082***	0.074***	0.082***	0.074***	0.068**
		(0.004)	(0.005)	(0.005)	(0.006)	(0.006)
FM			0.058***		0.066***	0.061***
			(0.015)		(0.015)	(0.016)
FI			−0.356*		−0.358***	−0.335***
			(0.031)		(0.032)	(0.035)
FD				−0.065***		
				(0.023)		
urbanization					−0.003**	−0.002
					(0.001)	(0.001)
corruption						−0.025***
						(0.006)
rule_of_law						0.051***
						(0.008)
pol_stab						−0.014***
						(0.003)
voice_and_acc						0.038***
						(0.007)
Observations	1881	1881	1881	1881	1881	1881
Test for AR(1):	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Test for AR(2):	0.196	0.223	0.224	0.241	0.246	0.250
Sargan test: $\chi^2(152)$:	103.85	108.07	108.36	105.78	107.42	98.76
Wald joint test $\chi^2(3)$:	44878.6***	36516.5***	26424.4***	26424.4***	28359.6***	25700.4***

Note: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Таблица 3

Панельная модель с фиксированными эффектами

	Зависимая переменная:					
	log(co2)					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
log(GDP)	0.855***	0.541***	0.558***	0.551***	0.542***	0.532***
	(0.122)	(0.097)	(0.099)	(0.100)	(0.098)	(0.100)
$(\log(GDP))^2$	−0.039***	−0.033***	−0.034***	−0.034***	−0.033***	−0.032***
	(0.007)	(0.005)	(0.005)	(0.005)	(0.005)	(0.005)
log(fdi)		0.008*	0.006	0.007	0.006	0.005
		(0.005)	(0.005)	(0.005)	(0.005)	(0.005)
log(energy)		0.858***	0.852***	0.852***	0.835***	0.851***
		(0.099)	(0.101)	(0.101)	(0.103)	(0.102)
log(export)		0.074***	0.076***	0.076***	0.074***	0.066**
		(0.027)	(0.028)	(0.028)	(0.028)	(0.027)
FM			0.102*		0.089	0.095*
			(0.056)		(0.056)	(0.055)
FI			−0.008		0.018	−0.019
			(0.130)		(0.130)	(0.132)
FD				0.141		
				(0.123)		
urbanization					0.005	0.005
					(0.004)	(0.004)
corruption						0.031
						(0.029)
rule_of_law						−0.007
						(0.044)
pol_stab						0.008
						(0.019)
voice_and_acc						0.082**
						(0.039)
Observations	2,119	2,015	2,015	2,015	2,015	2,015
R^2	0.229	0.540	0.541	0.541	0.544	0.553
Adjusted R^2	0.175	0.506	0.507	0.506	0.509	0.517
F Statistic	293.610***	439.826***	315.662***	367.841***	279.168***	192.133***

Note: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

(к параграфу 3.7. Оценка влияния экономического и финансового развития на потребление возобновляемой энергетики)

Результаты оценивания модели, отражающей влияние экономического и финансового развития на потребление возобновляемой электроэнергетики, метод Ареллано—Бовера.

Сумма кв. остатков 232.4376

Ст. ошибка модели 0.371080

Количество инструментальных переменных = 261

Тест на AR(1) ошибки: z = –4.59926 [0.0000]

Тест на AR(2) ошибки: z = –2.0728 [0.0382]

Тест на сверхидентификацию Саргана (Sargan): Хи-квадрат(225) = 77.0432 [1.0000]

Совместный тест Вальда: Хи-квадрат(17) = 51268.8 [0.0000]

Вальд (фиктивные переменные для временных интервалов): Хи-квадрат(18) = 127.495 [0.0000]

Результаты оценивания модели экономического и финансового развития на потребление возобновляемой электроэнергетики для стран БРИКС, метод Ареллано—Бовера.

Сумма кв. остатков 1.946438

Ст. ошибка модели 0.226323

Количество инструментальных переменных = 123

Тест на AR(1) ошибки: z = –4.2328 [0.0000]

Тест на AR(2) ошибки: z = 0.586297 [0.5577]

Тест на сверхидентификацию Саргана (Sargan): Хи-квадрат(87) = 137.08 [0.0005]

Совместный тест Вальда: Хи-квадрат(17) = 13542.1 [0.0000]

Вальд (фиктивные переменные для временных интервалов): Хи-квадрат(18) = 66.2067 [0.0000]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, в предлагаемой монографии был представлен комплексный междисциплинарный подход, позволяющий взглянуть на проблемы устойчивости развития территорий с различных позиций. Книга объединила труды состоявшихся ученых и работающих с ними молодых исследователей.

Было рассмотрено устойчивое территориальное развитие сквозь призму низкоуглеродной экономики, циклической экономики, биоэкономики. Затронуты проблемы неравномерности развития российских регионов, моделирования устойчивого развития с применением современных информационных технологий анализа данных. Проводились учет потоков ресурсов, анализ экосистемных услуг. Обширное место было отведено устойчивому развитию энергетики. Также были затронуты институциональные и финансовые аспекты устойчивого развития.

Все эти направления находятся в постоянном движении и переплетении социальных, экономических и экологических процессов. Задача человечества в целом и каждого в отдельности — научиться жить полноценной жизнью, не разрушая основ своего существования. Данная книга — наша попытка внести свой вклад в решение этой проблемы.

СПИСОК АВТОРОВ

БОБЫЛЕВ
Сергей Николаевич
— заслуженный деятель науки РФ, профессор, заведующий кафедрой экономики природопользования экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, руководитель Центра биоэкономики и экоинноваций экономического факультета МГУ

ВЕРЕНИКИН
Алексей Олегович
— доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры политической экономии экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

ВЕРЕНИКИНА
Анна Юрьевна
— кандидат экономических наук, старший преподаватель РУДН

ГРЕЧУХИНА
Ирина Александровна
— кандидат экономических наук, руководитель проекта, Российско-Германская внешнеторговая палата

КИРЮШИН
Петр Алексеевич
— кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики природопользования экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, директор по развитию Центра биоэкономики и экоинноваций экономического факультета МГУ

КУДРЯВЦЕВА
Ольга Владимировна
— доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики природопользования экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, главный научный сотрудник Лаборатории инструментов программно-целевого управления Центра развития программно-целевого управления ФГБОУ ВО ВАВТ Минэкономразвития России

КУРДИН
Александр Александрович — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник экономического факультета МГУ имени Ломоносова, руководитель исследований Управления по ТЭК Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации, старший научный сотрудник РАНХиГС при Президенте РФ

МАЛИКОВА
Ольга Игоревна — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики природопользования экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

МОРГУНОВ
Евгений Владимирович — кандидат экономических наук, зав. Лабораторией социально-экономических проблем человеческого развития, ИСЭПН ФНИСЦ РАН

ПАЛТ
Михаил Викторович — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики природопользования экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, зам. декана экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

СИДОРЕНКО
Владимир Николаевич — кандидат экономических наук, кандидат физико-математических наук, кандидат юридических наук, доцент, доцент кафедры экономической информатики экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

СИТКИНА
Кира Сергеевна — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник экономического факультета МГУ имени Ломоносова

ТЕТЕРИНА
Нина Владимировна — инженер научно-исследовательской лаборатории возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

ХОВАВКО
Ирина Юрьевна — доктор экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник кафедры экономики природопользования экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

ЧЕРНЯВСКИЙ Владимир Сергеевич — кандидат экономических наук, Лаборатория финансово-кредитных механизмов ЦЭМИ РАН

ЧЕРНЯВСКИЙ Сергей Владимирович — доктор экономических наук, профессор, Лаборатория институциональной динамики ЦЭМИ РАН

ШАКУН Владимир Петрович — инженер научно-исследовательской Лаборатории возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

БАРАБОШКИНА Анастасия Валерьевна — аспирант кафедры экономики природопользования экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

ГОЛОВИН Максим Сергеевич аспирант кафедры агроэкономики экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

МИТЕНКОВА Елена Николаевна аспирант кафедры экономики природопользования экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

СОЛОДОВА Мария Александровна аспирант кафедры экономики природопользования экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова

ZHU XUAN сотрудник, Управление по иностранным делам муниципального правительства, г. Циндао, КНР

Студенты экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, г. Москва

БАТУРЕВИЧ Анна Анатольевна

ВАСИЛЬЕВ Сергей Владимирович

ДЕРКАЧ Александр Сергеевич

ЗОЛОТУХИНА Алина Олеговна

ИВАНОВА Екатерина Сергеевна

КАРЕВ Иван Олегович

КАРЕЛИНА Полина Витальевна

КОРЕНЕВСКАЯ Дарья Сергеевна

КУТУБАЕВА Роза Жаныбековна

ЛАРИНА Елизавета Игоревна

МАКСИМОВА Анна Алексеевна

МАНУШКО Семен Владимирович

МАХАНЬКОВА Наталья Александровна

НЕСВЕТОВ Федор Дмитриевич

НИКОЛАЕВА Надежда Владимировна

ОШМАРИНА Кристина Евгеньевна

ПЕКАРЕВ Сергей Владимирович

САЛИЙ Сергей Александрович

СЕМИНА Ирина Сергеевна

СОЛОВЬЕВА Полина Игоревна

СОЛОНИНА Дарья Олеговна

СПИРЕНКОВ Всеволод Дмитриевич

СТАХАНОВА Ксения Александровна

СУНГАТУЛЛОВА Анна Маратовна

ТИШКОВА Анна Александровна

УЛИТКИНА Анастасия Владимировна

ЧЕРКАСОВА Екатерина Сергеевна

ЧЕТВЕРТАКОВ Владислав Сергеевич

ШАБАЛИН Андрей Юрьевич

ЩЕВЬЕВА Любовь Сергеевна

МИЛЮТА Евгения Константиновна — студент филиала МГУ в г. Астана, Казахстан

ЮРЯВИЧУТЕ Александра — студент Вильнюсского университета, г. Вильнюс, Литва

Научное электронное издание

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ

ISBN 978-5-906932-73-0