



Федеральный исследовательский центр  
КАРЕЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ  
КарНЦ РАН

П. В. Дружинин  
Г. Т. Шкиперова  
О. В. Поташева

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ: МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ РАСЧЕТОВ



Федеральный исследовательский центр  
«Карельский научный центр Российской академии наук»  
Институт экономики КарНЦ РАН

**П. В. Дружинин, Г. Т. Шкиперова, О. В. Поташева**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ  
И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ:  
МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ РАСЧЕТОВ**

Петрозаводск  
2019

УДК 332.142.6+338.2 : 502.7  
ББК 65.28  
Д76

**Рецензенты:**

к.ф.-м.н. *В. Б. Ефлов*, д.э.н. *О. В. Толстогузов*

**Ответственный редактор**

д.э.н. *П. В. Дружинин*

*Издание профинансировано РФФИ,  
проект № 17-02-00449-ОГН «Исследование влияния развития  
экономики российских регионов на окружающую среду»*

**Дружинин, П. В.**

Д76

Исследование взаимосвязи экологических и экономических показателей: моделирование и анализ расчетов / П. В. Дружинин, Г. Т. Шкиперова, О. В. Поташева ; отв. ред. П. В. Дружинин ; Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук», Институт экономики КарНЦ РАН. – Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2019. – 127 с.

ISBN 978-5-9274-0870-2

В книге исследуется влияние экономического развития на состояние окружающей среды. Предложены достаточно простые модели, позволяющие анализировать влияние региональной и федеральной экономической политики на экологические показатели, исследовать различные сценарии развития экономики и оценивать возможные изменения окружающей среды в перспективе. Приведены результаты расчетов по предложенным моделям по данным Российской Федерации, ее регионов и стран ЕС.

Книга предназначена для студентов, аспирантов, преподавателей вузов, научных работников, сотрудников государственных и муниципальных органов и всех интересующихся вопросами экологии и экономики.

УДК 332.142.6+338.2 : 502.7  
ББК 65.28

ISBN 978-5-9274-0870-2

© Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т., Поташева О. В., 2019  
© ФИЦ «Карельский научный центр РАН», 2019  
© Институт экономики КарНЦ РАН, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение ( <i>П. В. Дружинин</i> ) . . . . .	4
Глава 1. Методика оценки влияния развития экономики на экологические показатели ( <i>П. В. Дружинин</i> ) . . . . .	15
Глава 2. Описание данных и их источников ( <i>П. В. Дружинин</i> ) . . . . .	28
Глава 3. Анализ данных и выявление эколого-экономических зависимостей ( <i>П. В. Дружинин, Г. Т. Шкиперова, О. В. Поташева</i> ) . . . . .	31
Глава 4. Изменения экологической политики и ее влияние на загрязнение окружающей среды ( <i>Г. Т. Шкиперова</i> ) . . . . .	63
Глава 5. «Зеленая» экономика и «зеленый» рост: возможности и перспективы ( <i>Г. Т. Шкиперова</i> ) . . . . .	75
Глава 6. Результаты расчетов функций загрязнения и их обсуждение ( <i>П. В. Дружинин, Г. Т. Шкиперова, О. В. Поташева</i> ) . . . . .	91
Заключение ( <i>П. В. Дружинин</i> ) . . . . .	111
Литература . . . . .	114

## ВВЕДЕНИЕ

В монографии представлено исследование влияния развития экономики на окружающую среду. Экономические и экологические процессы взаимосвязаны, создание новых и расширение действующих производств, их модернизация могут ухудшить или улучшить экологическую обстановку, значит, принимая инвестиционные решения, надо знать, как они скажутся на экологическом состоянии территории. Поэтому важной научной проблемой является оценка возможного воздействия экономического развития на окружающую среду для отдельных регионов и для страны в целом. Для ее решения необходимо развивать методологию оценки последствий инвестиционных решений на экологическую ситуацию, которая позволяла бы принимать более обоснованные решения, строить и сравнивать различные сценарии развития регионов. Исследование происходящих эколого-экономических процессов показало возможность выявления закономерностей, которые описываются специальными функциями загрязнения окружающей среды и могут использоваться для анализа и оценки перспектив развития территорий.

В последние два десятилетия был предложен и успешно развивался подход на основе эконометрических моделей IPAT и STIRPAT, связывающих экономическое развитие и уровень загрязнения окружающей среды. Данный подход позволил для разных стран и регионов оценить влияние изменения различных экономических показателей на экологическую ситуацию. В Институте экономики КарНЦ РАН был предложен новый подход, который основан на моделях (функциях загрязнения), позволяющих учитывать дополнительно экологическую и инвестиционную политику.

Постепенное накопление результатов исследований по разным странам и регионам РФ позволило поставить задачу оценки зависимости вида модели и ее параметров от структуры и уровня развития экономики и от внешних шоков, что можно сделать

на материалах российских регионов. Представляет интерес и сравнение моделей соседних территорий, находящихся в схожих природно-климатических условиях, но различающихся по уровню развития экономики и экологическому законодательству. Еще один аспект проблемы – оценка влияния изменения законодательства в сфере охраны окружающей среды, что также можно сделать, используя предложенный подход на основе функций загрязнения по данным стран ЕС.

Полученные методики и количественные оценки можно использовать для прогнозирования и разработки стратегических документов РФ и регионов, расширения возможностей оценки влияния разных путей развития экономики регионов на окружающую среду. Развитие предложенного подхода и введение новых показателей, прежде всего отражающих изменение экологического законодательства, очень важно для РФ, которая постепенно переходит к нормативно-правовой базе на основе наилучших доступных технологий (НДТ). Продолжение исследований и построение новых моделей позволяет оценить возможное влияние изменения законодательства на эколого-экономические процессы. В данном случае важен сравнительный анализ российского и зарубежного опыта на основе моделей по данным разных стран, поскольку РФ переходит к законодательству, которое уже достаточно давно действует в развитых странах.

Российские регионы сильно различаются по уровню социально-экономического развития, поэтому актуальным было выявить, как данные отличия влияют на вид и параметры используемых моделей, а значит, и на эколого-экономические процессы, что будет способствовать получению более обоснованных прогнозов эколого-экономических процессов и региональных стратегий развития.

Цель представленных в монографии исследований – разработка методик и оценка влияния экономической и экологической политики на состояние окружающей среды. Для достижения данной цели решались следующие задачи:

1. Развитие предложенного подхода, уточнение построенных ранее и разработка новых математических моделей и методик, которые на основе выявляемых взаимосвязей

экономических и экологических показателей позволяют оценивать влияние различных факторов на загрязнение окружающей среды.

2. Проведение по российским регионам и РФ в целом расчетов функций загрязнения, включая новые для моделей показатели и новые данные.
3. Сравнительный анализ влияния развития экономики на окружающую среду российских регионов и сопредельных к ним стран (регионов) со схожими природно-климатическими условиями и с близкой структурой экономики на основе построенных функций загрязнения.
4. Разработка методики и исследование влияния изменения экологического законодательства на экологические показатели и взаимосвязь экономических и экологических показателей на основе построенных функций загрязнения.
5. Построение типологии российских регионов по взаимосвязи экономических и экологических показателей и построение функций загрязнения по панельным данным по полученным региональным секторам, что позволяет оценить различие влияния факторов на состояние окружающей среды в зависимости от структуры и уровня развития экономики российских регионов.

Начиная с работ Дж. Форрестера, М. Месаровича и Е. Пестеля большое внимание уделяется экологическим последствиям развития экономики. С конца 80-х годов бурно развивается экологическая экономика, включающая и разработку специальных математических моделей. Среди современных исследований в области эколого-экономических взаимодействий широко известны работы Т. А. Акимовой, С. Н. Бобылева, И. П. Глазыриной, А. А. Гусева, В. И. Данилова-Данильяна, М. Ф. Замятиной, Г. Е. Мекуш, Н. В. Пахомовой, И. М. Потравного, Р. И. Хильчевской, А. В. Шевчука и других. Для оценки взаимовлияния экономических и экологических процессов разрабатываются специальные модели, которые в совокупности описывают поведение эколого-экономических систем и позволяют выявлять ключевые факторы изменения экологической ситуации и делать количественные оценки.

Среди работ по моделированию и прогнозированию эколого-экономических процессов надо выделить работы В. И. Гурмана и Е. В. Рюминой, которые охватывают их различные стороны и особенности, что позволило получать множество сценариев регионального развития, включая сценарии устойчивого развития (Гурман, Рюмина, 2003; Рюмина, 1991; Моделирование ..., 2003). Построенные модели могут использоваться для сравнения различных вариантов развития региона, поиска оптимального варианта, нормирования антропогенных нагрузок, исходя из допустимых отклонений состояния природы от естественного. Воздействие структурных сдвигов в экономике на окружающую среду анализируется на основе моделей в работах А. В. Лотова, И. Г. Поспелова, Н. Н. Оленева и других (Лотов, 2005; Оленев, Петров, Поспелов, 1998; Дэмбэрэл, Оленев, Поспелов, 2003). Распределение ресурсов между двумя секторами экономики и охраной окружающей среды при некоторых ограничениях рассматривалось Е. Э. Васильевой (Васильева, 2012). Р. И. Хильчевская, используя специальные модели, показывает необходимость экологизации экономики (Хильчевская, 1996). Вопросы агрегирования моделей с экологической составляющей и влияния экономики на окружающую среду с учетом особенностей инвестиционной политики рассматриваются в работах А. Смирнова, И. Комарова, Н. Чепурных и других.

В целом, описание эколого-экономических систем обычно производится путем синтеза достаточно сложных моделей из экологии и экономики, что часто приводит к громоздким конструкциям, трудоемким для проведения расчетов и сложным для теоретического анализа.

Второе направление связано с разработкой относительно простых моделей IPAT и STIRPAT, понятных и имеющих определенный экологический и экономический смысл, расчеты по которым за ретроспективный период позволяют делать разумные выводы и способны привести к относительно небольшому количеству альтернативных управленческих решений. В работах Е. Дейтца, З. Йорка, У. Роза, К. Крамера, М. Коле, Е. Неймайера, И. Мартинец-Зарзоро, А. Мариотти и других постепенно развивался данный подход, вводились новые экономические факторы, исследовались различные страны, развивалось теоретическое обоснование моделей.



В 70-х годах для исследования влияния экономики на экологию было предложено тождество IPAT, в котором анализируется влияние на динамику загрязнений трех взаимосвязанных факторов – численности населения, производства на душу населения и технологического уровня по отношению к загрязнениям (технологический уровень повышается при снижении данного показателя) (Ehrlich, Holdren, 1971; Commoner, Corr, Stamler, 1971):

$$E(t) = N(t) \times Y(t) \times T(t), \quad (1)$$

$$E(t) = A \times N^\alpha(t) \times Y^\beta(t) \times \check{T}^\gamma(t), \quad (2)$$

где:  $E$  – уровень загрязнений,  $N$  – численность населения,  $Y$  – валовой внутренний продукт (ВВП) на душу населения,  $T$  – технологический уровень,  $A, \alpha, \beta, \gamma$  – константы,  $t$  – год.

Тождество (1) используется для получения технологического уровня. Статистический анализ по формуле (2) с показателем  $T$ , определенным как соотношение загрязнений и ВВП невозможен, поскольку при построении регрессионного уравнения статистические пакеты приводят к решению с параметрами равными единице. В случае (2) показатель  $T$  определяется особым образом. В то же время можно построить и проанализировать линейное уравнение, аналогичное (1).

Если рассматривать технологический уровень по загрязнениям как соотношение загрязнений и производства, то аналогично разложению производительности труда можно представить его изменение как изменение уровня загрязнений в отраслях экономики и структурных сдвигов:

$$\Delta e(t) = \sum_i \frac{Y_i(t-1)}{Y(t-1)} \times (e_i(t) - e_i(t-1)) + \sum_i e_i(t) \times \left( \frac{Y_i(t)}{Y(t)} - \frac{Y_i(t-1)}{Y(t-1)} \right), \quad (3)$$

где:  $e(t)$  – отношение загрязнений к объемам производства,  $\Delta z(t)$  – изменение отношения загрязнений к объемам производства в год  $t$ ,  $Y(t)$  – объемы производства,  $i$  – отрасль,  $t$  – год. В формуле первое слагаемое – влияние изменения отношения загрязнений к объемам производства в отраслях (индекс модернизации), второе – влияние структурных сдвигов.

Исходя из уравнения (3), можно в уравнение (2) вместо технологического уровня поставить два индекса – индекс модернизации

и индекс структурных сдвигов. Поскольку уровень загрязнений в отраслях очень сильно различается, то большинство отраслей при построении индексов можно не учитывать. Для каждого из экологических показателей можно выделить 2–4 отрасли, которые определяют динамику загрязнений. Тогда индекс модернизации можно определять через динамику инвестиций в эти отрасли (или инвестиций в машины и оборудование), а индекс структурных сдвигов – через динамику доли данных отраслей в ВВП или в объеме промышленного производства.

Появление модели STIRPAT позволило рассматривать различные факторы, влияющие на динамику загрязнений, кроме выделенных ранее основных – численности населения, богатства (ВВП на душу населения) и технологического уровня, определение которого составляет сложную задачу (Dietz, Rosa, 1994; Dietz, Rosa, 1997; York, Rosa, Dietz, 2003):

$$E(t) = A \times N^{\alpha}(t) \times Y^{\beta}(t) \times \bar{T}^{\gamma}(t) \times X^{\eta}(t), \quad (4)$$

где:  $E$  – уровень загрязнений,  $N$  – численность населения,  $Y$  – ВВП на душу населения,  $T$  – технологический уровень,  $X$  – дополнительный исследуемый показатель,  $A, \alpha, \beta, \gamma, \eta$  – константы. В уравнении (4) может быть несколько дополнительных показателей одновременно.

Анализ данных привел к появлению гипотезы, что под воздействием структурных сдвигов и модернизации экономики с ростом ВВП на душу населения до определенного уровня объем загрязнений на душу населения растет, а затем снижается, и данная зависимость описывается экологической кривой Кузнеца (ЭКК), которая представляет перевернутую U-образную кривую (Selden, Song, 1994; Panayotou, 1997). Было показано, что инновационная деятельность может вести не только к росту экономики, но и к снижению нагрузки на окружающую среду (Гурман, 2003).

До конца 1970-х годов в большинстве развитых стран ЕС (кроме Бельгии) с ростом экономики еще быстрее росли выбросы  $\text{CO}_2$  в атмосферу. Начиная с 1980-х годов рост экономики стал опережать рост выбросов, а в нескольких странах рост экономики сопровождался снижением выбросов углекислого газа. Значительное влияние на смену тенденции оказал энергетический кризис. Максимальных

значений выбросы достигают в 1970-х годах, а затем медленно начинают снижаться, хотя рост экономики продолжился. Наиболее заметное снижение произошло в Германии после объединения двух немецких государств.

Для объяснения эффекта улучшения экологической ситуации при росте экономики в некоторых работах были предложены теоретические модели ЭКК (Bertinella, Strobl, Zou, 2008; Müller-Fürstenberger, Wagner, 2007). Зависимость выбросов от роста ВВП в форме ЭКК обычно оценивается по панельным данным по странам по квадратичной функции, хотя иногда используются и более сложные функции, поскольку снижение выбросов, как правило, замедляется (Auci, Vecchetti, 2006). Несколько работ по ЭКК было выполнено по данным РФ и ее регионов (Бобылев, 2007; Глазырина, Брезгин, 2003; Лабузова, 2009).

Исследование факторов, которые влияют на изменение динамики загрязнений, проводилось по данным различных стран и регионов (Rosa, Serrano, 2007; Шкиперова, 2013; Лабузова, 2009). В первую очередь выделялись показатели, связанные с ростом экономики – ВВП, ВВП на душу населения, валовой региональный продукт (ВРП), ВРП на душу населения, промышленное производство, численность населения, уровень урбанизации, численность городского населения, динамика доходов населения и инвестиции в основной капитал. Снижение уровня загрязнений связывалось с несколькими факторами, из которых обычно выделяли технологический уровень и структурные сдвиги. Технологический уровень связывался с несколькими показателями – энергопотребление (электропотребление), энергопотребление на единицу ВВП, отношение экспорта к ВВП, доля экспорта топливно-энергетических ресурсов в общем объеме экспорта и инвестиции в модернизацию предприятий. Фактор изменения структуры экономики обычно учитывался через долю сельского хозяйства в ВВП, долю добычи полезных ископаемых в ВВП, долю промышленности в ВВП и долю сферы услуг.

Исследования (Fried, Getzner, 2003) выявили, что форма зависимости загрязнений от ВРП может быть разной и определяется особенностями страны, прежде всего технологическим прогрессом, активностью структурных сдвигов и воздействием внешних

шоков. Расчеты, проведенные в работе (Lantz, Feng, 2006), привели к выводу, что для канадских регионов зависимость загрязнений от ВВП отсутствует, но есть зависимость от численности населения и технологий, а также доли индустрии, доли экспорта, доли импорта, цены сырой нефти и других факторов.

Множество исследований посвящено выявлению факторов, связанных с воздействием экономики на окружающую среду, и оценке их влияния. В развитых странах и в Китае чаще анализируется влияние различных факторов на выбросы парниковых газов, прежде всего CO<sub>2</sub>, меньше внимания уделяется выбросам других веществ и другим видам загрязнений (Mazzanti, Montini, 2010; Wang et al., 2013).

Так, Д. Крамер (Cramer, 1998), изучая влияние численности населения на загрязнение воздуха в штате Калифорния, установил корреляционную зависимость лишь для некоторых видов загрязняющих веществ. Результаты исследований по модели STIRPAT в разрезе различных провинций Китая показали, что наибольшее антропогенное воздействие оказывают рост численности населения и уровня доходов (ВВП на душу населения) (Dai et al., 2015; Jia et al., 2009).

Ричард Йорк и соавторы (Rosa et al., 2004; Yurk, 2008; York et al., 2003) исследовали в контексте модели IPAT эмиссию CO<sub>2</sub> и потребление энергии и пришли к выводу, что рост численности населения на 1 % приводит к увеличению выбросов примерно на 1 % (показатели эластичности выбросов и потребления энергии близки к единице). Приведенные в работе Э. Неумайера (Neumayer, 2004) результаты исследований панельных данных по 86 странам мира подтвердили эти выводы. Кроме того, авторы выявили, что влияние численности населения на выбросы CO<sub>2</sub> усиливается с ростом уровня урбанизации и снижением среднего размера домохозяйств как в развитых, так и в развивающихся странах.

Например, в работе Дж. Марина и М. Мазанти (Marin, Mazzanti, 2010) рассматривается взаимосвязь экономического роста и показателей загрязнения воздуха на уровне отдельных секторов экономики Италии, используются панельные данные за 1990–2007 гг. Результаты показывают, что могут наблюдаться различные тенденции: от достижения эффекта абсолютного

декаплинга до прямо пропорциональной зависимости между объемом производства и выбросами в атмосферу. Развитие сферы услуг, как правило, сопровождается более выраженным снижением нагрузки на окружающую среду, чем рост производства обрабатывающей промышленности. В работе выделены наиболее проблемные сектора экономики.

В большинстве работ в качестве факторов, отражающих влияние экологической политики на уровень загрязнения окружающей среды, рассматриваются экологические налоги, цены на топливо и на энергоносители, оценка источников экономического роста, частные и государственные инвестиции. Например, Марк Жермен в своей работе по исследованию институциональных ограничений и возможностей перехода к устойчивому развитию на основе модели экономического роста Рамсея использует в качестве инструмента экологической политики налог на природные ресурсы. Автор приходит к выводу о том, что технический прогресс делает производство менее загрязняющим, а максимально допустимый уровень налога при наличии технического прогресса должен быть ниже (Germain, 2017).

В последние годы были получены интересные результаты по сравнению степени влияния разных секторов экономики на изменение выбросов. Стало больше исследований по региональным данным разных стран. Например, Дж. Хи исследовал китайские регионы и оценил влияние изменения технологий на выбросы  $SO_2$  при росте производства (He, 2010). Расчеты, проведенные В. Ланцем и К. Фенгом для канадских регионов, привели к выводу, что для них зависимость загрязнений от ВРП отсутствует, но есть зависимость от численности населения и технологий, а также доли индустрии, доли экспорта, доли импорта, цены сырой нефти и некоторых других факторов (Lantz, Feng, 2006).

В работе Т. Джексона показано, что взаимосвязь между расходами на смягчение последствий изменения климата и адаптацию к ним и темпами экономического роста во многом зависит от того, как другие расходы будут перераспределены. Например, если произойдет значительное сокращение инвестиций в модернизацию производства, поскольку средства будут отвлекаться на сокращение и улавливание выбросов парниковых газов, то темпы

экономического роста снизятся (Jackson, 2009). В прикладных исследованиях П. Виктора представлены результаты оценки влияния политики сокращения выбросов парниковых газов на ряд макроэкономических показателей Канады (экономический рост, государственные расходы и занятость) (Victor, 2012).

В исследованиях условий перехода к «зеленой» экономике особая роль уделяется частным инвестициям, однако подчеркивается, что инвестиции в экологическую модернизацию и в охрану окружающей среды должны быть привлекательными для бизнеса. Задача экологической политики состоит в создании условий для притока частных инвестиций в эту сферу.

В рамках концепции «зеленой» экономики рассматривается также влияние таких факторов как доля «зеленых» инвестиций в ВВП, соотношение «зеленых» и «коричневых» инвестиций, увеличение «зеленых» кредитов, низкоуглеродные инвестиции и др. В условиях нашей страны также необходимо учитывать текущие затраты на природоохранную деятельность. Это объясняется тем, что все изменения экологических стандартов и требований экологического законодательства, как правило, требуют дополнительных природоохранных затрат, которые предприятия-загрязнители учитывают по статье «текущие (эксплуатационные) затраты на охрану окружающей среды». В работе Е. Клевакиной и И. Забелиной показано, что именно величина текущих затрат на охрану окружающей среды является наиболее значимым фактором снижения отдельных видов загрязнения для регионов РФ (Клевакина, Забелина, 2017).

В то же время недостаточны исследованы вопросы, связанные с влиянием инвестиций в охрану окружающей среды. Анализ экологической политики редко увязывается с построением моделей, которые позволили бы оценить влияние принимаемых решений, хотя именно ужесточение экологической политики в развитых странах способствовало снижению нагрузки на окружающую среду. Поскольку STIRPAT слабо учитывает изменения экологической политики, то был предложен новый подход, использующий имеющиеся в российской статистической отчетности показатели. На основе данного подхода были построены на российских данных функции загрязнения (Дружинин, 2010).

Недостаток функции STIRPAT в том, что она ориентирована на использование панельных данных или единовременных данных (cross-section) по странам или регионам, и при этом мало учитываются особенности стран и регионов, связанные в первую очередь с разной структурой экономики и уровнем их развития, а также с различной инвестиционной и экологической политикой. Группируя страны или регионы можно показать, что в зависимости от особенностей экономики влияние факторов будет сильно различаться. Возможно, в разных группах оно будет разнонаправлено различаться по знаку. В то же время динамика и структура инвестиций является важнейшим показателем, определяющим динамику экономики, ее структуру и степень модернизации производства, что особенно важно для прогнозирования.

Таким образом, многочисленные исследования не позволяют выделить факторы, способствующие снижению негативного воздействия развития экономики на окружающую среду и поддающиеся корректировке со стороны органов государственной власти или бизнеса. В зарубежных исследованиях чаще используется модель STIRPAT, однако она не позволяет оценить влияние такого фактора, как инвестиции, который является ключевым показателем, используемым в прогнозировании.

## ГЛАВА 1

### МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

На основе проводившихся в Институте экономики КарНЦ РАН исследований эколого-экономических процессов был предложен подход, основанный на построении функций, позволяющих оценивать экологическое состояние территории в зависимости от различных факторов, отражающих развитие экономики и экологическую политику. Данный подход в первую очередь ориентирован на использование временных рядов, анализ протекания эколого-экономических процессов в одной стране или в одном регионе. Проведенное исследование на данных РФ, Кыргызстана и Республики Карелия подтвердило обоснованность развиваемого подхода и позволило выявить зависимость между экологическими и экономическими показателями. В результате были построены функции, которые позволяют исследовать взаимосвязь экологических и экономических показателей в ретроспективном периоде, и могут быть использованы при долгосрочном и дальнесрочном прогнозировании (Дружинин, Шкиперова, Морощкина, 2009, 2010).

Предложенный подход основан на функциях загрязнения, которые позволяют анализировать различные варианты распределения инвестиций, оценивать влияние изменения структуры экономики и учитывать влияние экологической политики, рассматривая динамику инвестиций и затрат, связанных с охраной окружающей среды:

$$E(t) = A(t) \times X_1^{\mu}(t) \times X_2^{-\eta}(t), \quad (5)$$

$$E(t) = A(t) \times X_1^{\mu}(t) \times X_2^{-\eta}(t) \times X_3^{\nu}(t), \quad (6)$$

где:  $E(t)$  – исследуемый экологический показатель (выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, концентрация загрязняющих веществ, сброс загрязненных сточных вод, образование отходов и другие показатели);  $X_i(t)$  – фактор, отражающий



развитие экономики и, как правило, отрицательно влияющий на окружающую среду (инвестиции в экономику, инвестиции в новое строительство, ВВП, ВРП, основные фонды и другие показатели);  $X_2(t)$  – фактор, отражающий природоохранную деятельность и положительно влияющий на окружающую среду (инвестиции в охрану окружающей среды, текущие затраты на охрану окружающей среды и другие показатели);  $X_3(t)$  – фактор, отражающий развитие экономики, который может влиять и положительно, и отрицательно на окружающую среду в зависимости от осуществляемой эколого-экономической политики (инвестиции в модернизацию экономики, в машины и оборудование, индекс структурных сдвигов в экономике и другие показатели);  $A(t)$  – нейтральный экологический прогресс (снижение уровня загрязнений за счет других факторов, прежде всего структурных сдвигов);  $\mu, \eta, \nu$  – постоянные параметры (факторные эластичности);  $t$  – год.

Кроме мультипликативных функций (5) и (6) использовались и более сложные зависимости (Дружинин, Шкиперова, Морошкина, 2009). Расчеты проводились на основе стандартных пакетов методом наименьших квадратов. Нейтральный экологический прогресс при отсутствии данных по структуре экономики определяется через экспоненту с показателем  $p$ :  $A(t) = A_1 \times \exp(p \times t)$ . При наличии данных по секторам экономики нейтральный экологический прогресс определяется через изменение доли секторов с разным уровнем загрязнения, например, для двухфакторной функции (5):

$$p = \sum_i p_i \times \frac{E_i(t)}{E(t)} + \varepsilon_0, \quad (7)$$

$$\varepsilon_0 = \sum_i (\varepsilon_{1,i} \times (I_{1,i} - I_1) + \varepsilon_{2,i} \times (I_{2,i} - I_2)) \times \frac{E_i(t)}{E(t)},$$

где:  $E(t)$  – исследуемый экологический показатель,  $I_1$  – логарифмическая производная экономического показателя,  $I_2$  – логарифмическая производная природоохранного показателя,  $t$  – год,  $i$  – сектор.

В некоторых случаях строились функции, где в качестве зависимой переменной рассматривался прирост или темп прироста

загрязнений, что позволяло использовать в качестве факторов объем инвестиций за год или за несколько лет, чтобы учесть лаг строительства. Тогда, например, аналогом для мультипликативной функции будет следующая:

$$E(t) / E(t-1) = A(t) \times X_1^\mu(t) \times X_2^{-\eta}(t) \times X_3^\nu(t), \quad (8)$$

где:  $X_1(t)$ ,  $X_2(t)$ ,  $X_3(t)$  – инвестиции соответственно в новое строительство, природоохранную деятельность и модернизацию за год  $t$ , или их сумма за несколько лет. Надо отметить, что статистические характеристики в данном случае обычно оказывались хуже, чем при расчетах по абсолютным данным.

Анализ эколого-экономических процессов показал, что сложившиеся тенденции иногда резко меняются под воздействием внешних шоков (экономических кризисов и изменений законодательства), в результате связь загрязнений с некоторыми показателями остается стабильной, а с другими меняется. В таком случае целесообразно использовать сплайн-функцию, которая непрерывна, но имеет разрыв первой производной.

При расчетах использовалось два подхода, в первом последовательно рассматривались внешние шоки (изменение природоохранного законодательства, начало экономического кризиса), выделялись те, которые могли привести к изменению тенденций и строились два периода, до года внешнего шока и после. Расчеты проводились отдельно по получившимся периодам, и строилась общая сплайн-функция. Во втором подходе исследовалась взаимосвязь экологических и экономических показателей, строились графики взаимосвязей показателей и динамики их соотношений, и в ходе их анализа выделялся год, когда сложившиеся тенденции изменились. Затем проводились расчеты отдельно по получившимся периодам и общей сплайн-функции и анализировалось, какие события могли привести к изменению сложившихся тенденций.

Далее в обоих случаях проводилось сравнение полученных параметров за разные периоды. Если полученные параметры по одному из показателей оказывались близкими, то для него рассматривалось не два ряда, а один общий, и снова проводились расчеты, в итоге получался один параметр.

В соответствии с выделенными годами для расчетов рассматриваемые показатели разбивались на два ряда (в первом периоде значения второго ряда равны единице, во втором значения первого ряда равны единице), и коэффициент  $A_1$  во втором периоде умножается на  $A_2$ . При выделении двух периодов в каждом из них могут быть свои параметры:

$$E(t) = A_1 \times A_2 \times X_{11}^{\mu_1}(t) \times X_{12}^{\mu_2}(t) \times X_{21}^{-\eta_1}(t) \times X_{22}^{-\eta_2}(t), \quad (9)$$

где:  $A_1$  равно единице во втором периоде,  $A_2$  равно единице в первом периоде;  $X_{11}(t)$  равно единице во втором периоде;  $X_{12}(t)$  равно единице в первом периоде;  $X_{21}(t)$  равно единице во втором периоде;  $X_{22}(t)$  равно единице в первом периоде. Часть расчетов проводилась по неполной формуле, например, показатель  $A_2$  был равен единице или полученные параметры по одному из показателей для двух разных периодов оказывались близкими, тогда ряды данного показателя объединялись, рассматривалось не два ряда, а один общий и соответственно получался один параметр.

На данном этапе исследования предлагается в качестве фактора, отражающего природоохранную деятельность и положительно влияющего на окружающую среду, рассматривать полные экологические затраты (сумму кумулятивных инвестиций в охрану окружающей среды и текущих затрат на природоохранную деятельность). Данное решение объясняется тем, что выполненные ранее исследования показали необходимость учета изменений экологической политики. Ранее в расчетах для учета природоохранной деятельности рассматривались только инвестиции в охрану окружающей среды. Однако все изменения экологических стандартов и требований экологического законодательства, как правило, требуют дополнительных природоохранных затрат, которые предприятия – загрязнители учитывают по статье «текущие (эксплуатационные) затраты на охрану окружающей среды».

Согласно данным Росстата, текущие (эксплуатационные) затраты на охрану окружающей среды включают следующие затраты: по содержанию и эксплуатации основных фондов природоохранного назначения; на мероприятия по сохранению и восстановлению качества природной среды, нарушенной в результате произ-

водственной деятельности; на мероприятия по снижению вредного воздействия производственной деятельности на окружающую среду; по обращению с отходами производства и потребления; на организацию контроля за выбросами (сбросами), отходами производства и потребления в окружающую среду и за качественным состоянием компонентов природной среды; на научно-исследовательские работы и работы по экологическому образованию кадров. Было показано, что именно величина текущих затрат на охрану окружающей среды является наиболее значимым фактором снижения отдельных видов загрязнения для регионов РФ (Клевакина, Забелина, 2017).

Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, включают затраты на новое строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение и модернизацию объектов. Для учета временного лага проявления эффекта строительства новых объектов природоохранного назначения и модернизации оборудования представляется целесообразным в расчетах использовать кумулятивные инвестиции за 3 или 5 лет. Соответственно, полные экологические затраты будут включать сумму инвестиций в охрану окружающей среды за три или пять лет и текущие затраты на природоохранную деятельность.

Построение функций должно начинаться с тщательного анализа данных, надо понять происходящие процессы, выявить существующие взаимосвязи, уловить основные тенденции и определить периоды, когда стабильны взаимосвязи экономических и экологических показателей. Также необходимо определить моменты смены тенденций, когда изменяется взаимосвязь экономических и экологических показателей, выявить точки бифуркации и понять причины происшедших изменений, указать, какие события привели к смене тенденций.

Для оценки параметров функций проводится предварительный анализ данных – строятся графики показателей и их соотношений, анализируются их возможные взаимосвязи, выявляются лаги зависимостей, анализируется связь изменений тенденций с изменениями экономической или эколого-экономической политики, влиянием мировой экономики. Проведенная в результате

периодизация позволяет выделить временные периоды со стабильными параметрами функций загрязнения (Дружинин, Шкиперова, Поташева, 2018; Шкиперова, 2016).

В ходе анализа данных строятся графики равных загрязнений (изовасты) с учетом однородности функций. Как показали предыдущие исследования, однородность функций загрязнения существенно меньше единицы, для отдельных видов загрязнений даже можно рассматривать функции с нулевой однородностью. Изовасты также помогают уточнить границы периодов со стабильной зависимостью между показателями. Для их построения для двухфакторных функций (5) для каждого года вычисляются новые значения показателей  $X_1$  и  $X_2$ , при которых объем загрязнений в данном году будет совпадать с объемом загрязнений в первом году. Для этого старые значения показателей умножаются на соотношение  $(E(1)/E(t))^{1/\gamma}$ , где  $\gamma$  – степень однородности.

Для мультипликативных функций важной характеристикой являются факторные эластичности  $\varepsilon_j$ , являющиеся логарифмически производными по факторам (в данном случае для фактора  $j$ ). Параметры  $\varepsilon_1 = \mu$  и  $\varepsilon_2 = -\eta$  для функции (5) можно определить как эластичности загрязнения по фактору, определяющие его эффективность. Они характеризуют степень влияния факторов: при увеличении ВРП (или иного экономического показателя) на 1 % изучаемый экологический показатель возрастает на  $\varepsilon_1$  %, а при увеличении инвестиций на охрану окружающей среды (или иного природоохранного показателя) на 1 % – изменяется на  $\varepsilon_2$  %, точнее уменьшается, поскольку эластичность  $\varepsilon_2$  отрицательна.

Для определения факторных эластичностей строятся приближенные оценки их динамики по сглаженным данным, используя то, что однородные функции степени  $\gamma$  можно записать через логарифмические производные, например, для функции (5):

$$\delta_E = \varepsilon_1 \times \delta_1 + (\gamma + \varepsilon_1) \times \delta_2 + \delta_0, \quad (10)$$

где:  $\delta_0$  – темп нейтрального экологического прогресса,  $\delta_E = \frac{E}{E}$ ,

$\delta_1 = \frac{X_1}{X_1}$ ,  $\delta_2 = \frac{X_2}{X_2}$ , – логарифмические производные,  $\varepsilon_1 = \mu$ ,  $\varepsilon_2 = -\eta$ .

При условии нулевого темпа нейтрального экологического прогресса эластичность по первому фактору выражается через отношение разности логарифмических производных:

$$\varepsilon_1 = \frac{\delta_E - \gamma \times \delta_2}{\delta_1 + \delta_2}, \quad (11)$$

Если перейти к приростам показателей по сглаженным данным (причем сглаживание надо проводить отдельно по периодам), то получается следующее соотношение, которое позволяет приближенно оценить динамику эластичности по факторам:

$$\varepsilon_1 = \frac{(E(t) - E(t-1)) / E(t-1) + \gamma \times (X_2(t) - X_2(t-1)) / X_2(t-1)}{(X_1(t) - X_1(t-1)) / X_1(t-1) - (X_2(t) - X_2(t-1)) / X_2(t-1)}, \quad (12)$$

Выбор вида зависимости определялся в ходе построения и анализа графиков, которые позволяли выявить существующие связи показателей или их характеристик, например, приростов или темпов прироста, также изучались сглаженные данные. Выбор факторов также зависел от доступности данных, возможности получить достаточно длинные временные ряды, вместо некоторых факторов приходилось использовать близкие по смыслу, в частности сложно получить статистические данные по стоимости природоохранных фондов по видам в сопоставимых ценах, особенно в разрезе отраслей. В таком случае использовались кумулятивные инвестиции.

В основном использовались мультипликативные функции, в которых в качестве основных факторов рассматривались кумулятивные инвестиции (в основной капитал и природоохранные), ВВП или ВРП. Было показано на данных по РФ, что выделяются два периода (1990 и 2000-е годы) с заметно различающимся поведением факторов и параметров функций (Дружинин, 2010). Соответственно введенные характеристики (эластичности загрязнения по факторам и эластичности компенсации) существенно различались по периодам и влияние природоохранной деятельности также менялось. Было показано, что при введении понятия «экологического нейтрального прогресса» (оценивается через активность структурных сдвигов в экономике) возможно построение функции, охватывающей весь период с начала 90-х годов для российских регионов и РФ в целом (Дружинин, Шкиперова, Морошкина, 2010).

Функцию STIRPAT для большого количества факторов можно представить в следующем виде:

$$E_i(t) = A(t) \times \prod_{j=1}^M X^{\alpha_j}_{i,j}(t), \quad (13)$$

где:  $E_i(t)$  – экологический показатель региона  $i$  в год  $t$ ;  $X_{i,j}(t)$  – фактор  $j$  региона  $i$  в год  $t$ ;  $\alpha$  – константы (факторные эластичности),  $M$  – количество факторов.

По трем основным видам загрязнений (выбросы загрязняющих веществ в атмосферу  $E_1$ , сброс загрязненных сточных вод  $E_2$  и образование отходов производства и потребления  $E_3$ ) рассчитывались индексы к начальному году, данные за который брались за 100 %, и строился комплексный показатель  $E_0$ , как среднеарифметическое:

$$E_0(t) = (E_1(t) + E_2(t) + E_3(t)) / 3, \quad (14)$$

Зарубежные авторы основное внимание уделяют парниковым газам, большинство статей посвящено именно исследованию факторов, влияющих на изменение их выбросов. В последнее время и в России стали исследовать их динамику, выходят доклады и оценивается объем выбросов по РФ в целом и отдельным секторам. Но точность данных невелика, оценки за предыдущие годы меняются в сторону увеличения, данные по регионам отсутствуют. РФ подписала Киотский протокол, но активных действий не предпринималось, механизмы Киотского протокола не заработали, у предприятий стимулов для инвестиций для снижения выбросов парниковых газов не появилось. Поэтому влияние природоохранных инвестиций на снижение выбросов парниковых газов пока незначительно. Тем не менее, ситуация будет меняться, и можно рассмотреть данные выбросы в составе комплексного экологического показателя. В таком случае формула (14) изменится и по четырем основным видам загрязнений, включая выбросы парниковых газов  $E_4$ , рассчитывались индексы к начальному году, данные за который брались за 100 %, и для РФ строился комплексный показатель  $E_0$ , как среднеарифметическое:

$$E_0(t) = (E_1(t) + E_2(t) + E_3(t) + E_4(t)) / 4, \quad (15)$$

Полученные два варианта комплексного показателя анализировались и рассматривалась их взаимосвязь с динамикой инвестиций в охрану окружающей среды в целом.

Построенные функции позволяют исследовать, как изменятся экологические показатели при различной экономической политике при оценке динамики выпуска продукции на основе производственных функций при различных сценарных условиях. Также можно оценить влияние изменения экологической политики, задавая различную динамику природоохранных инвестиций и затрат на природоохранную деятельность. Динамику природоохранных затрат можно связать с изменениями экологического законодательства.

В ходе исследований были предложены различные виды функций, исследованы их свойства, характеристики основных параметров. Для основных видов функций проведены расчеты по данным РФ, Карелии и других регионов, Кыргызстана и других стран, что позволило сформулировать гипотезы о границах изменения параметров, выявить периоды, в которых параметры построенных функций стабильны, понять причины перехода от одного периода к другому.

Использование подобных функций загрязнения ранее было апробировано в работах (Дружинин, 2010; Дружинин, Шкиперова, Морошкина, 2010), а также при оценке влияния развития экономики на динамику выбросов парниковых газов в РФ (Шкиперова, Дружинин, 2014). В качестве экономических факторов, оказывающих влияние на экологические показатели, чаще рассматривались ВРП и инвестиции (в основной капитал, новое строительство, модернизацию и природоохранные). Полученные результаты показали, что основными факторами, способствующими снижению негативного воздействия на окружающую среду, являются модернизация производств и структурные сдвиги в экономике. Влияние природоохранных инвестиций оказалось менее значимым. Для оценки влияния структурных сдвигов проводились также расчеты по отдельным видам экономической деятельности по данным РФ и Республики Карелия. Показано, что структурные сдвиги определяли снижение загрязнений до середины 2000-х годов, затем их положительное влияние существенно ослабевает.



Поскольку предложенные функции используют как факторы инвестиции, то можно искать их оптимальное распределение при ограничении на общий объем. Возможно перераспределение инвестиций в определенных пределах по направлениям (новое строительство, модернизация и природоохранные) или по секторам экономики (они имеют очень разный уровень загрязнений на рубль продукции). Оптимальное распределение может быть связано с максимизацией темпов роста экономики при заданной динамике загрязнений или наоборот минимизация загрязнений при заданном темпе роста экономики.

Для трехфакторных экологических инвестиционных функций и двухфакторных функций загрязнения можно построить оптимизационные модели двух типов. В первом случае, когда инвестиции разделяются на три составляющих – новое строительство, модернизация и охрана окружающей среды, возникает задача оптимального распределения инвестиций по трем направлениям. Оптимальное решение минимизирует загрязнения при обеспечении определенного объема производства  $Y_0(t)$ .

$$E(t) = F(X_1(t), X_2(t), X_3(t), t) \rightarrow \min \quad (16)$$

$Y(t) = G(X_1(t), X_3(t)) \geq Y_0(t)$  – ограничение роста производства,

$X_1(t) + X_2(t) + X_3(t) = U(t)$  – ограничение объема инвестиций,

$$X_1(t) \geq 0, \quad X_2(t) \geq 0, \quad X_3(t) \geq 0, \quad \varepsilon_1 > 0, \quad \varepsilon_2 \leq 0,$$

где:  $G$  – функция роста экономики от объема инвестиций по направлениям, в расчетах использовалась линейная функция.

Три исследуемых направления распределения инвестиций (новое строительство, модернизация и охрана окружающей среды) имеют разную эффективность с точки зрения минимизации загрязнений. Инвестиции в новое строительство, как правило, ведут к росту загрязнений, модернизация в настоящее время чаще немного уменьшает объем загрязнений, и природоохранная деятельность в большинстве случаев наиболее эффективна и всегда ведет к снижению загрязнений. В качестве функции  $Z(t)$  рассматривалась мультипликативная функция в абсолютных величинах и в темпах роста. В первом случае исследуются кумулятивные инвестиции за несколько лет, во втором случае – инвестиции за один год, что легче с точки зрения расчетов.

Без ограничений ситуация достаточно простая, все ресурсы направляются в наиболее эффективное направление с точки зрения критерия, имеющее максимальное по модулю отрицательное значение полученного по функции (6) параметра (это или природоохранное, или модернизация). Если есть ограничение на рост производства или его темпы, зависящее от объемов нового строительства и модернизации, то решение определяется по изложенной ниже процедуре. Определять формулы и проводить расчеты удобнее для функции в темпах.

Первый случай – влияние модернизации на загрязнения отрицательно (параметр  $\nu$  отрицателен). Тогда максимум вложений делается в модернизацию, и если нужный темп достижим, то остальные инвестиции направляются на охрану природы или модернизацию в зависимости от величины соответствующего параметра. Если заданный темп недостижим за счет вложений только в модернизацию, то определяем соотношение инвестиций между направлениями на новое строительство и модернизацию, обеспечивающее достижение нужного темпа роста.

Второй случай – модернизация ведет к росту загрязнений (параметр  $\nu$  положителен). Как правило, коэффициент в новое строительство больше, чем в модернизацию, по крайней мере, иной результат пока при расчетах не был выявлен. Тогда получаем, что мы вкладываем максимально в модернизацию, и если заданный темп достижим, то все, что останется, вкладываем в охрану природы. Если заданный темп недостижим, то определяем соотношение инвестиций между направлениями на новое строительство и модернизацию, обеспечивающее достижение нужного темпа роста экономики.

Во втором варианте исследуется перераспределение факторов между секторами с целью минимизации загрязнений. Рассматривать все виды деятельности сложно из-за проблем с доступностью информации и существенного улучшения прогноза данное усложнение не дает. Выделяется сектор с высоким относительным уровнем загрязнений, в который включаются для выбросов в атмосферу обычно добывающий сектор, производство бумаги, энергетика, металлургия и в зависимости от региона возможно другие виды деятельности. Для сбросов загрязненных сточных вод и других видов загрязнений выделение секторов может отличаться. Сектора

могут формироваться и по комплексному экологическому показателю. Другие виды деятельности объединяются в один или два сектора. Оптимальное решение минимизирует загрязнения без ограничений или могут вводиться ограничения на изменение экономических показателей. Если фактор один, а секторов несколько, то методика поиска оптимального решения повторяет предыдущую.

Для двухфакторной функции оптимальное распределение минимизирует загрязнения:

$$\begin{aligned}
 E(t) &= \sum_i E_i(t) = \sum_i F_i(X_{1,i}(t), XU_{2,i}(t), t) \rightarrow \min, & (17) \\
 X_1(t) &= \sum_i X_{1,i}(t), \quad X_2(t) = \sum_i X_{2,i}(t), \\
 X_{1,i}(t) &\geq 0, \quad X_{2,i}(t) \geq 0, \quad \varepsilon_{1i} > 0, \quad \varepsilon_{2i} \leq 0, \quad \overline{i = 1, N},
 \end{aligned}$$

где:  $i$  – сектор,  $N$  – количество секторов.

Данную модель можно строить для двухфакторных и трехфакторных функций, также возможно найти оптимальное решение в общем случае и при некоторых ограничениях.

Условие  $\varepsilon_{1i} > 0$  выполняется не всегда. Если экономика региона достигает достаточно высокого уровня, то ее развитие может описываться экологической кривой Кузнецца, когда с ростом ВРП объем загрязнений падает (Дружинин, Морошкина, 2013). В случае, если для всех секторов обе факторные эластичности отрицательны, то, построив Лагранжиан на основе (5), получаем условия оптимального распределения ресурсов:

$$\begin{aligned}
 \frac{\varepsilon_{1i} \times E_i(t)}{X_{1i}} &= \frac{\varepsilon_{1j} \times E_j(t)}{X_{1j}}, & \overline{i, j = 1, N}, & (18) \\
 \frac{\varepsilon_{2i} \times E_i(t)}{X_{2i}} &= \frac{\varepsilon_{2j} \times E_j(t)}{X_{2j}}, & \overline{i, j = 1, N}, &
 \end{aligned}$$

где:  $i, j$  – сектора,  $N$  – количество секторов.

Подставив в (18) мультипликативные функции (5) и балансовые соотношения из (17), получим систему двух нелинейных уравнений с двумя неизвестными, легко решаемую стандартными методами. Если принять, что сумма факторных эластичностей секторов одинакова (при расчетах функций можно ввести такое ограничение), данная система преобразуется в уравнение относи-

тельно соотношения двух факторов. В результате оптимальное распределение ресурсов находится при последовательном решении нелинейных уравнений. Для других видов функций, а также при более сложных критериях получается система нелинейных уравнений, что несколько затрудняет расчеты. В зависимости от вида ограничений получаются либо последовательно решаемые нелинейные уравнения, либо системы нелинейных уравнений.

Чаще возникает ситуация, когда знаки разные. Имеется несколько секторов (отраслей) и два ресурса, причем экономическое развитие увеличивает объем загрязнений (параметр  $\mu$  положителен). В данном случае для двух секторов получается функция, имеющая седловую точку и минимумы вблизи угловых точек. На самом деле, неважно, сколько секторов, факторы концентрируются в одном, имеющем минимальную однородность (сумму эластичностей)  $\mu - \eta$ . Немного иная ситуация в случае одинаковой однородности для секторов, тогда: количество решений совпадает с количеством секторов, но это тоже крайние решения, когда факторы сосредотачиваются в одном секторе. Если есть ограничения на темп роста, то решение смещается к седловой точке по траектории, которая отклоняется от диагонали в зависимости от соотношения параметров функций.

Проведенные расчеты показали, что можно рассмотреть еще несколько оптимизационных задач, которые будут ближе к реальности. Можно, учитывая, что для функций (5) рассматриваются кумулятивные инвестиции или объемы производства, что усложняет перемещение ресурсов (затраченные несколько лет назад инвестиции неперемещаемы), перейти к функциям приростным или темповым. Тогда можно будет искать решение для любых положительных значений факторов (инвестиций).

Оптимальное решение может найдено и в общем случае, когда инвестиции можно распределять и по направлениям, и по секторам, но для него пока практически невозможно собрать информацию:

$$\begin{aligned}
 E(t) &= \sum_i E_i(t) = \sum_i F_i(X_{1,i}(t), X_{2,i}(t), X_{3,i}, t) \rightarrow \min, \\
 X_1(t) &= \sum_i X_{1,i}(t), \quad X_2(t) = \sum_i X_{2,i}(t), \quad X_3 = \sum_i X_{3,i}(t), \\
 Y(t) &= G(X_1(t), X_3(t)) \geq Y_0(t), \\
 X_{1,i}(t) &\geq 0, \quad X_{2,i}(t) \geq 0, \quad X_{3,i}(t) \geq 0, \quad \varepsilon_i > 0, \quad \varepsilon_{2i} \leq 0, \quad \overline{i=1, N},
 \end{aligned}$$

## ГЛАВА 2

### ОПИСАНИЕ ДАННЫХ И ИХ ИСТОЧНИКОВ

Для расчетов использовались данные по регионам РФ, стране в целом, ЕС, Финляндии и некоторым другим странам за 1990–2018 гг. Была также собрана информация об изменении законодательства по экологическим вопросам в РФ, ЕС и Финляндии, анализировалась информация о природоохранной деятельности предприятий Карелии.

Для анализа изменения состояния окружающей среды использовались данные по следующим основным показателям, характеризующим воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду и природные ресурсы – выбросы парниковых газов, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в целом и по отдельным веществам, сброс загрязненных сточных вод в целом и по отдельным веществам, использование свежей воды, образование отходов производства и потребления, в т. ч. по классам опасности. Поскольку собираемые статистическими органами в разных странах показатели различаются, то для сравнения по возможности выбирались экологические показатели, имеющиеся в международной статистике.

В моделях обычно рассматриваются выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников вместе или в отдельности. Статистика выбросов от стационарных источников в РФ доступна с 1990 г., от передвижных – с 2000 г. Среди загрязняющих веществ выделяются следующие – оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, летучие органические соединения и твердые вещества. Большинство работ зарубежных ученых посвящено исследованию влияния развития экономики на выбросы парниковых газов, прежде всего  $\text{CO}_2$ .

Развитие экономики характеризуют следующие основные показатели: инвестиции в экономику, инвестиции в новое строительство, инвестиции в модернизацию, инвестиции в машины и оборудование, ВВП, ВРП, основные фонды. Также для экономики РФ и ее

регионов исследовалось влияние изменения численности населения, уровня урбанизации, ВВП на душу населения, доли промышленности, доли добычи полезных ископаемых, доли сельского хозяйства, доли услуг в ВВП, уровня электропотребления, удельного электропотребления, объема экспорта, отношения экспорта к ВВП, доли экспорта топливно-энергетических ресурсов в общем объеме экспорта. При анализе временных рядов в первую очередь рассматривались динамика экономики в целом и основных секторов (промышленность, сфера услуг), динамика инвестиций в целом, по видам и по направлениям.

Природоохранную деятельность характеризуют следующие показатели – инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, в т. ч. по направлениям природоохранной деятельности, текущие затраты на охрану окружающей среды, в т. ч. по направлениям природоохранной деятельности и другие показатели.

Данные для расчетов по РФ и регионам были взяты с сайта ФСГС<sup>1</sup>, статистических справочников<sup>2</sup>. Данные для расчетов по ЕС были взяты с официального сайта Евростата и статистических справочников<sup>3</sup>. Данные по Финляндии были взяты с сайта Статистического управления Финляндии и статистических справочников<sup>4</sup>. Данные по Кыргызстану были взяты с официального сайта Национального статистического комитета Кыргызской Республики<sup>5</sup>. Надо отметить, что методики ФСГС меняются, и если сопоставимые ряды некоторых данных не приводились в справочниках, то они пересчитывались на основе, имеющейся на сайте ФСГС информации, в частности, показатель доли промышленного производства.

---

<sup>1</sup> Сайт ФСГС <http://www.gks.ru> (дата обращения 11.06.2019).

<sup>2</sup> Охрана окружающей среды в России. 2018: Стат. сб. / Росстат. – М., 2018. 125 с., Основные показатели охраны окружающей среды. Стат. бюл. / Росстат. – М., 2017. 114 с., Регионы России. Социально-экономические показатели. 2017: стат. сб. М.: Росстат, 2017. 1402 с.

<sup>3</sup> Официальный сайт Евростата. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (дата обращения 11.06.2019).

<sup>4</sup> Сайт Статистического управления Финляндии [info@tilastokeskus.fi](mailto:info@tilastokeskus.fi). (дата обращения 11.06.2019). Statistical Yearbook of Finland. 2017. Helsinki, 2018. 581 p.

<sup>5</sup> Сайт Национального статистического комитета Кыргызской Республики <http://www.stat.kg/ru/> (дата обращения 11.06.2019).

Кроме статистических данных, собираемых ФСГС, существуют данные, собираемые Росгидрометом и научными институтами различных ведомств<sup>1</sup>. Сеть станций Росгидромета собирает информацию о качестве атмосферного воздуха и уровне его загрязнения. Используя данную информацию, можно оценивать влияние развития экономики на такие характеристики загрязнения воздуха городов России, как средние концентрации загрязняющих веществ и количество городов с превышением предельно допустимых концентраций (ПДК). Доступна информация с 2000 г. по различным веществам, наибольший интерес представляют оксид углерода СО, диоксид серы, оксиды азота и взвешенные (твердые) вещества.

Рассматривался период с 1990 г. по 2018 г., но данные по отдельным показателям имеются только с 1994 г. или 2000 г., по некоторым показателям данные за последние годы пока отсутствуют. Проведение расчетов осложнялось тем, что органы государственной статистики в переходный период часто меняли методики расчета экономических и экологических показателей, поэтому был проведен дополнительный анализ для построения сопоставимых рядов данных. Инвестиции и затраты пересчитывались в сопоставимые цены, рассчитывались индексы к начальному году (1990 г., 1994 г. или 2000 г.), данные за который брались за 100 %. К опасным отходам отнесены отходы 1–4 класса опасности.

---

<sup>1</sup> Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2016 г. Ежегодник. – Санкт-Петербург, ФГБУ «ГГО», 2017. – 227 с. Качество воздуха в крупнейших городах России за десять лет. 1998–2007 гг. Аналитический обзор. Санкт-Петербург: ГГО. 2009. – 133 с. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2017 год. Обзор. Москва. Росгидромет. 2018. – 206 с.

### ГЛАВА 3

## АНАЛИЗ ДАННЫХ И ВЫЯВЛЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

*Эколого-экономические процессы в РФ.* Для РФ анализировались данные за 1990–2018 гг. по основным экологическим показателям, на основе графиков экономических и экологических показателей выявлялось наличие их взаимосвязи. Анализ данных по РФ показывает, что для большинства загрязняющих воздух и воду веществ основное влияние на изменение их тенденций оказали изменения экономической политики. Экологическое законодательство менялось слабо, а реализация решений, которые могли заметно повлиять на деятельность предприятий, отодвигалась на будущее (Шкиперова, 2018; Дружинин и др., 2009; Дружинин и др., 2018). Снижение выбросов до 1999 г. было в РФ связано со спадом в экономике, поэтому наибольший интерес представляет период с 2000 г., когда большинство выбросов снижалось при росте экономики.

Выбросы парниковых газов снижаются с 1990 по 1998 гг. при спаде в экономике, затем они медленно растут, а ВВП вырастает более чем вдвое (рис. 3.1). На графике выделяются три периода,

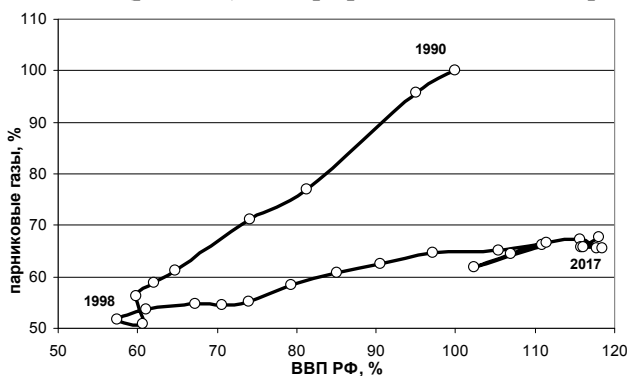


Рис. 3.1. Взаимосвязь выбросов парниковых газов (1990 г. – 100 %) и динамики ВВП РФ (1990 г. – 100 %)



в 1998 г. тенденция резко меняется, кризис 2009 г. приостанавливает рост выбросов, но и ВВП растет медленно и неустойчиво. Если учитывать нейтральный экологический прогресс, то тенденция меняется в 2009 г., в этот год величина нейтрального экологического прогресса резко изменилась.

Расчеты линий равного загрязнения (изоваст) показали, что для периода 1998–2017 гг. можно построить функцию загрязнения по ВВП РФ и инвестициям в модернизацию экономики при степенях однородности  $\gamma$  от 0,1 до 0,9 (Дружинин, Морощкина, 2018). Для данного периода наблюдается эффект компенсации – рост экономики для сохранения объемов выбросов сопровождается ростом инвестиций в модернизацию. Для периода 1992–1998 гг. при степени однородности больше 0,5 объем выбросов мог бы сохраняться при снижении инвестиций в модернизацию и небольшом росте ВВП, что противоречит экономическому смыслу. В то же время, при степени однородности от 0,1 до 0,3, изменение ВВП сопровождается соответствующим компенсирующим изменением инвестиций в модернизацию (рис. 3.2). Для каждого из трех периодов зависимость близка к линейной, но углы наклона несколько отличаются.

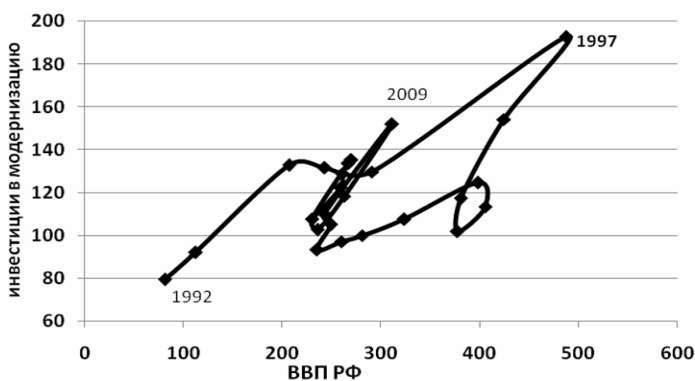


Рис. 3.2. Линия равных выбросов парниковых газов, динамика ВВП РФ (1990 г. – 100 %) и кумулятивных инвестиций в модернизацию экономики (1990 г. – 100 %) обеспечивают сохранение выбросов на уровне 1992 г. при степени однородности  $\gamma = 0,2$

По сглаженным данным проводилась оценка динамики факторных эластичностей при разных степенях однородности от 0 до 1. Для периода 1992–1998 гг. не удалось получить приемлемых значений эластичностей, видимо, этот период может быть описан однофакторной функцией, влияние модернизации и природоохранной деятельности, скорее всего, было несущественно. Для периода с 1999 г. было получено, что однородность может быть от 0 до 0,3, тогда параметры уравнений будут иметь смысл (рост экономики ведет к росту выбросов, модернизация – к снижению).

Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу близка к динамике выбросов парниковых газов (рис. 3.3), есть лишь небольшой рост выбросов в начале 2000-х годов, затем они снижаются. В первом периоде выбросы значительно падают, пропорционально снижению ВВП на душу населения, другие, включенные в IPAT показатели (численность населения и технологический уровень), слабо меняется. Можно сказать, что их влияние очень слабо, или даже отсутствует. В первом периоде так и происходит – снижение ВВП ведет к пропорциональному снижению выбросов в атмосферу. Это определяющий фактор, о чем говорят хорошие статистические характеристики ( $R = 0,99$ ).

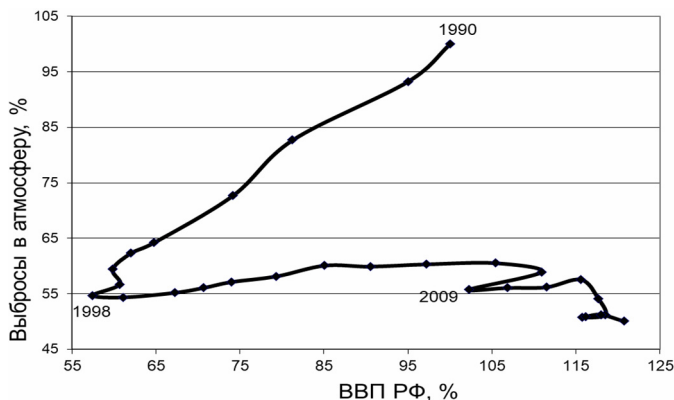


Рис. 3.3. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в зависимости от ВВП РФ (1990 г. – 100 %)

Во втором периоде загрязнения немного растут до 2007 г. (примерно на 10 %), а затем снижаются до прежнего уровня. При этом быстро растет ВВП на душу населения, что компенсируется снижением численности населения и ростом технологического уровня производства. В первом периоде падение производства примерно на 40 % объясняет чуть большее снижение выбросов в атмосферу, во втором стабилизация выбросов может объясняться технологическими изменениями.

Влияние изменения численности населения, скорее всего, несущественно для РФ, снижение численности населения до 2009 г. и рост в дальнейшем никак не сказываются на изменении выбросов (рис. 3.4). В итоге можно сказать, что функция IPAT не подходит для объяснения изменения выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников за 1990–2018 гг. Во втором периоде влияние динамики ВВП есть, но оно компенсируется другими факторами, снижающими выбросы в атмосферу. В результате получается кривая, немного напоминающая экологическую кривую Кузнецца. Регрессионное уравнение имеет очень плохие статистические характеристики ( $R^2 = 0,07$ ), значит, нужно найти и добавить другие факторы, которые бы объясняли причины происходивших изменений. Влияние роста экономики компенсируется другими факторами, возможно, – структурными сдвигами.

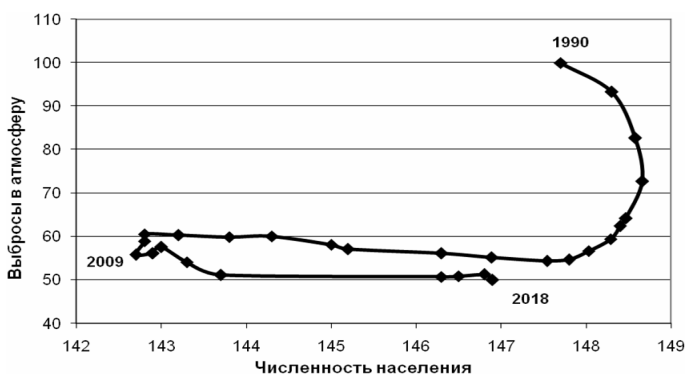


Рис. 3.4. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в зависимости от численности населения РФ (1990 г. – 100 %)

График для промышленности очень похож на график для ВВП. В первом периоде также происходит снижение промышленного производства, что ведет к немного меньшему снижению выбросов в атмосферу. Это также значимый фактор, который может быть представлен в итоговом уравнении для РФ вместо ВВП. Статистические характеристики немного хуже, но говорят о высокой значимости фактора ( $R = 0,98$ ). Во втором периоде изменение выбросов слабо зависит от динамики промышленного производства, значит, другие факторы определяют ее изменение, компенсируя влияние роста промышленности.

Следующий фактор – доля промышленности в ВВП, график радикально меняется, есть некоторая зависимость для первого периода, о втором периоде сложно что-то сказать. В первом периоде происходит снижение доли промышленного производства в ВВП, что ведет к снижению выбросов в атмосферу, но четкой зависимости нет. Это менее значимый фактор, чем предыдущие ( $R = 0,89$ ).

Доля сельского хозяйства в ВВП также имеет, возможно, связь с динамикой выбросов в атмосферу в первом периоде, о втором периоде сложно что-то сказать. В первом периоде происходит снижение доли сельского хозяйства в ВВП и одновременно снижение выбросов, но четкой зависимости нет. Это также менее значимый фактор, чем два первых ( $R = 0,90$ ).

Доля добычи полезных ископаемых в ВВП, возможно, имеет связь с динамикой выбросов в атмосферу в первом периоде, о втором периоде сложно что-то сказать. При расчетах в сопоставимых ценах 2008 г. в первом периоде при росте доли добычи полезных ископаемых в ВВП одновременно снижаются выбросы. Это менее значимый фактор, чем три первых ( $R = 0,89$ ). Изменение структуры экономики должно влиять на динамику загрязнений, значит, – лучше не выделять какой-то один сектор, а строить комплексный показатель, отражающий изменение структуры экономики, учитывающий уровень выбросов в разных секторах экономики.

В некоторых исследованиях анализируется связь численности городского населения и уровня загрязнения. Для РФ данная связь отсутствует. В первом периоде с 1992 г. снижение численности городского населения сопровождается уменьшением выбросов в атмосферу, затем при продолжающемся снижении численности

городского населения немного растут выбросы, а в последние годы при росте численности городского населения выбросы практически не меняются. Близкий результат получается, если рассматривать связь уровня урбанизации (доля городского населения) и уровня загрязнения. В данном случае даже невозможно выделить первый период, уже с 1994 г. доля городского населения меняется, что никак не отражается на выбросах в атмосферу.

В некоторых работах анализируется влияние экспорта на уровень загрязнений. Для РФ данное влияние на выбросы в атмосферу отсутствует. В первом периоде с 1991 г. снижение выбросов происходит при слабо меняющемся объеме экспорта, затем экспорт быстро растет, падает, снова растет, но это практически никак не сказывается на выбросах в атмосферу. При исследовании влияния соотношения экспорта к ВВП на выбросы в атмосферу выделяются те же два периода. В первом периоде с 1991 г. снижение выбросов происходит при небольшом росте соотношения, в дальнейшем изменения соотношения практически не влияют на выбросы в атмосферу.

Еще один из факторов, который может оказать влияние – доля топливно-энергетических ресурсов в экспорте. В российской статистике данный показатель отсутствует, но выделяется близкий показатель – доля минеральных продуктов. В первом периоде с 1991 г. снижение выбросов происходит при слабо меняющейся доле минеральных продуктов, в дальнейшем рост доли и небольшое падение практически не влияют на выбросы в атмосферу.

С экологическими показателями тесно связано энергопотребление. В российской статистике выделяется показатель – потребление электроэнергии. В первом периоде существует определенная связь данного показателя с объемом выбросов в атмосферу ( $R = 0,99$ ). В дальнейшем рост электропотребления не сказывается на выбросах, хотя потребление электроэнергии практически достигает уровня 1990 г. Если рассмотреть близкий показатель – электропотребление к ВВП, результат будет аналогичным. В первом периоде существует обратная связь данного показателя с объемом выбросов в атмосферу ( $R = 0,99$ ). В дальнейшем снижение электропотребления к ВВП практически не сказывается на выбросах.

В исследованиях влияния экономики на экологию в РФ было проанализировано множество факторов, большая часть которых

была рассмотрена выше. Если для первого периода, периода спада было выделено несколько факторов, которые влияли, или могли влиять на динамику выбросов в атмосферу, то для второго периода влияние этих факторов было слабым, оно компенсировалось другими факторами. Рост ВВП (в первую очередь промышленного производства) ведет к росту загрязнений, уменьшить это влияние могут модернизация производства, изменение структуры экономики и природоохранная деятельность. Поэтому для выделения влияния данных факторов были построены новые модели и введены специальные показатели.

Теперь рассмотрим выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников и инвестиции в охрану атмосферного воздуха. Зависимость в данном случае меньше заметна, для кумулятивных инвестиций за три года даже при лаге в четыре года  $R = -0,14$ . Лишь для кумулятивных инвестиций за пять лет появляется зависимость на графиках и  $R = -0,45$ , а для кумулятивных инвестиций за шесть лет связь ясно видна и  $R = -0,61$ . Немного лучше результаты будут, если не рассматривать первую половину 90-х годов, когда снижение выбросов определялось промышленным спадом, и влияние природоохранных инвестиций было незначительным (Дружинин, Шкиперова, 2012).

Выбросы от передвижных источников в статистических справочниках приводятся с 2000 г., их динамика слабо связана с ВВП, но и с показателями развития транспорта тоже связь неочевидна (рис. 3.5). Количество транспортных средств у граждан постоянно растет, у организаций оно стабильно в последние 10 лет, каких-либо колебаний в 2012–2013 гг., когда резко менялись выбросы, не наблюдалось. У организаций количество грузовых машин меньше, чем всех транспортных средств у граждан в 1000 раз, а автобусов – в 300 раз.

Надо отметить, что в целом график похож на N-образную кривую, которая иногда встречается, до определенного момента зависимость соответствует экологической кривой Кузнецца, а затем рост экономики не сопровождается значительными технологическими изменениями, не происходит структурных сдвигов и возобновляется рост загрязнений (рис. 3.5).

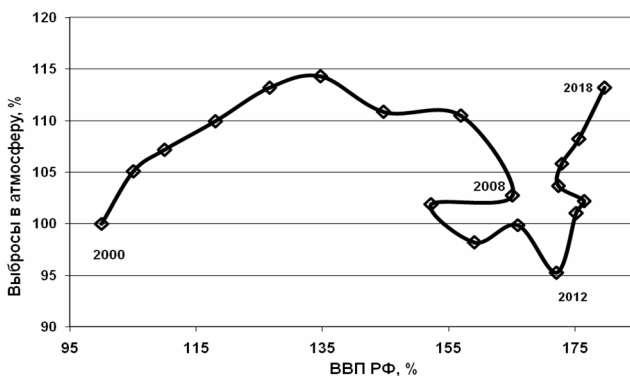


Рис. 3.5. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников в зависимости от ВВП РФ (2000 г. – 100 %)

Динамика выбросов большинства загрязняющих веществ мало отличается от выбросов твердых веществ, представленных на рис. 3.6. Лишь выбросы углеводородов растут и превышают уровень 1992 г. в полтора раза. Выбросы остальных веществ сейчас в несколько раз ниже, чем в 1990–1993 гг.

Объем выбросов на единицу ВВП и ВРП за время реформ значительно снизился как на уровне РФ, так и на уровне регионов. Динамика загрязнений десяти регионов СЗФО на единицу ВРП в период роста российской экономики представлена на рисунке 3.7. Пять более южных регионов имеют относительно невысокие уровни выбросов в атмосферу в зависимости от уровня ВРП, более северные пять регионов, имеющие значительную долю промышленности, и в первую очередь добывающий сектор, имеют более высокие выбросы. Уровень загрязнений в большинстве регионов снижается, исключение составляет Псковская область. В 7 регионах уровень загрязнений снизился примерно в два раза, в Архангельской области – более чем в три раза, в Калининградской – более, чем в четыре раза. Также отдельные колебания происходят при смене методики учета и в период кризисов.

Динамика сброса загрязненных сточных вод несколько отличается от предыдущих графиков, поскольку она зависит не только от деятельности предприятий, но и от демографических показателей (рис. 3.8). Спад в экономике 1990-х годов не сразу привел к сниже-

нию сбросов, и это снижение было заметно меньше, примерно на 20 % за 1990–1998 гг. Но в период роста российской экономики сброс загрязненных сточных вод продолжил уменьшаться, и за 1999–2018 гг., при росте ВВП более чем в два раза, сбросы загрязненных сточных вод упали на 40 %. Практически по всем веществам также происходит снижение загрязнений, кроме нитратов, поступление которых с 1993 по 2009 гг. выросло почти в три раза и пока не снижается.

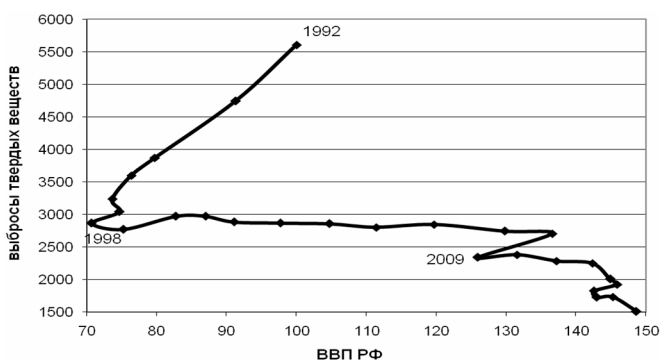


Рис. 3.6. Выбросы твердых веществ в атмосферу от стационарных источников (тыс.т) в зависимости от ВВП РФ (1992 г. – 100 %)

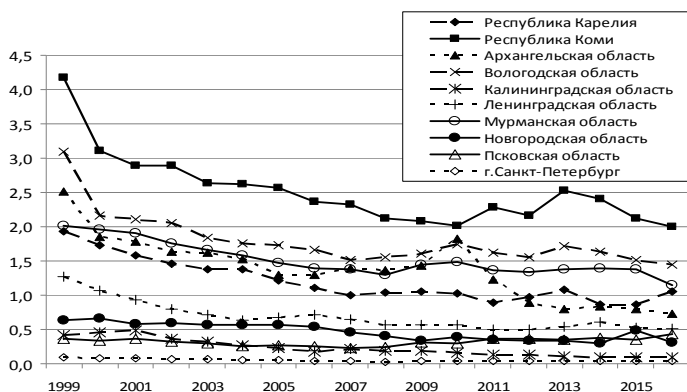


Рис. 3.7. Динамика отношения выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников и ВРП в 1999–2016 гг. по регионам СЗФО (тыс.т/млрд руб.)



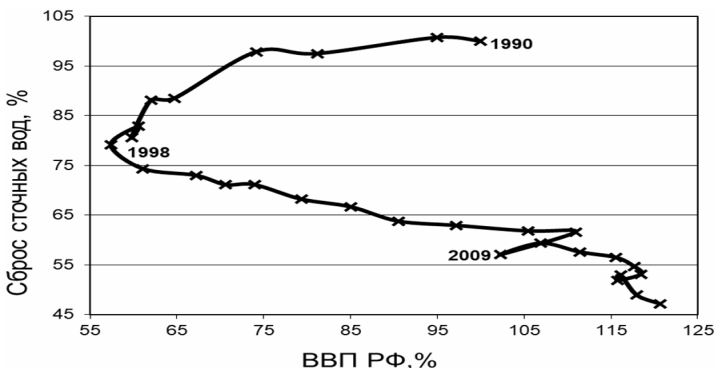


Рис. 3.8. Сброс загрязненных сточных вод в зависимости от ВВП РФ (1990 г. – 100 %)

Для объяснения сложившихся тенденций необходимо исследовать влияние структурных сдвигов и модернизации экономики. Влияние изменения численности населения, как и для выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, оказалось несущественным.

Анализ влияния водоохраных инвестиций показал, что в 1990-х годах это влияние было незначимым, снижение сброса загрязненных сточных вод определялось экономическим спадом. Экономический рост в 2000-х годах позволил выделять больше средств на природоохранную деятельность, и начавшийся рост водоохраных инвестиций сопровождался уменьшением сбросов загрязненных сточных вод (рис. 3.9). Значит, при проведении расчетов необходимо границу первого и второго периодов перенести в начало 2000-х годов. Для кумулятивных инвестиций за три года даже без учета лага связь показателей очень сильная,  $R = -0,89$ , а для кумулятивных инвестиций за пять лет коэффициент корреляции достигает  $R = -0,93$ . Влияние водоохраных инвестиций на динамику сбросов велико, что и подтвердили расчеты по модели (5) по данным РФ и отдельных регионов.

Более сложная ситуация с образованием отходов производства и потребления. Объемы образования отходов растут за счет добывающей промышленности: за 15 лет они выросли в 3,6 раза при росте ВВП в 1,6 раза, особенно быстро они росли в последние три года. В то же время объемы опасных отходов (1–4 класса

опасности) в последние годы снижаются, они росли во время спада экономики в 1990-х годах, с 2002 г. этот рост приостановился, а с началом кризиса 2008–2009 гг. образование опасных отходов стало снижаться (рис. 3.10). График почти соответствует экологической кривой Кузнеца.

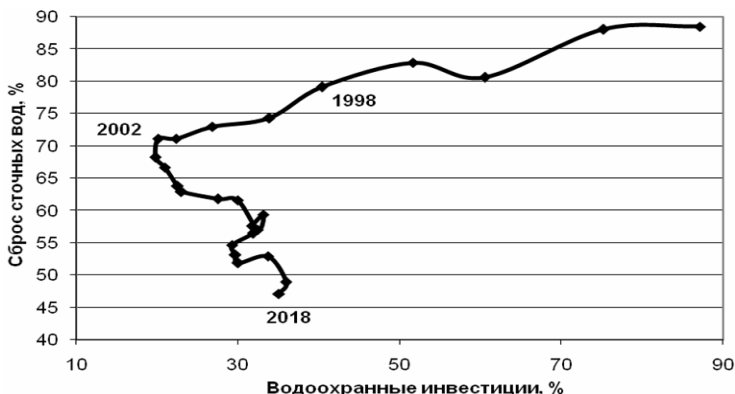


Рис. 3.9. Сброс загрязненных сточных вод в зависимости от кумулятивных водоохраных инвестиций за три года с лагом в два года (1990 г. – 100 %)

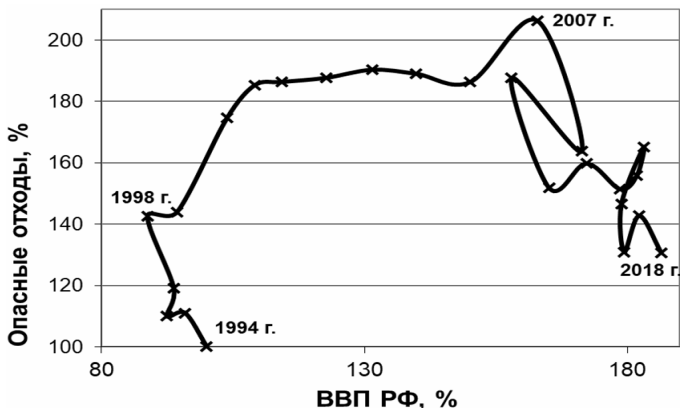


Рис. 3.10. Образование отходов производства и потребления I–IV классов опасности (1994 г. – 100 %) в зависимости от ВВП РФ (1990 г. – 100 %)

Можно отметить, что у всех четырех графиков взаимосвязь экологических и экономических показателей меняется в конце 1990-х годов и в конце 2000-х годов. Такая же ситуация и с большинством загрязняющих веществ. Значит, возможно, изменение тенденций связано не с какими-то частными решениями в области тех или иных загрязнений, а с экономическими кризисами и изменением экономической политики в РФ, поэтому определенный интерес представляет комплексный экологический показатель.

В РФ и подавляющем большинстве регионов экономические показатели снижались с 1991 г. по 1998 г., затем стали расти. Период роста закончился в конце 2000-х годов. Большинство экологических показателей также уменьшалось в 1990-х годах, увеличивалось лишь образование отходов. В период экономического роста поведение экологических показателей заметно различалось, сброс сточных вод продолжал снижаться, выбросы в атмосферу немного выросли, затем стали снижаться, выбросы парниковых газов были относительно стабильны, рост опасных отходов прекратился, а затем они стали уменьшаться (рис. 3.11). При достижении экономикой в 2007 г. докризисного уровня 1990 г. выбросы парниковых газов были в два раза меньше, а два других показателя – на треть меньше.

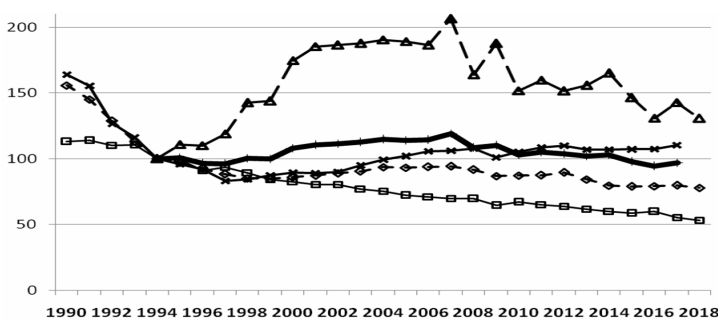


Рис. 3.11. Динамика основных экологических показателей РФ в 1990–2017 гг. в % к 1994 г. (ромб – выбросы в атмосферу, квадрат – сбросы сточных вод, крестик – парниковые газы, треугольник – опасные отходы, толстая линия – комплексный экологический показатель)

По используемым четырем показателям построен комплексный показатель как их среднеарифметическое (15) по данным с 1994 по 2017 гг. Показатель в 1994 г. равен 100 %, затем он убывает до 96 %, с 1998 г. начинает расти до 2007 г., достигая 119 %, и затем снова убывает до 97 %. Если не учитывать выбросы парниковых газов, то рост начинается уже в 1997 г., и в 2007 г. показатель достигает 124 %, а затем он падает до 87 % в 2018 г.

Инвестиции и текущие затраты на охрану окружающей среды в 1990-х годах снижались, затем стали расти, но тенденции этих показателей, особенно инвестиций, отличались нестабильностью. В отдельные годы инвестиции могли упасть на 30–40 %, а затем вернуться к прежнему уровню, поэтому анализ зависимостей приростов и темпов приростов показателей велся по сглаженным данным.

Сравнительный анализ динамики комплексного показателя и инвестиций в охрану окружающей среды не показывает наличия существенной связи, видимо, между ними существует заметный временной лаг: от окончания строительства до начала полноценной работы проходит длительное время, природоохранные объекты не являются первоочередными для предприятий и их строительство часто затягивается. Кроме того, нужно рассматривать инвестиции за несколько лет, в этом случае кумулятивные инвестиции соответствуют основным фондам, введенным за последние годы, наиболее технологически совершенным, и значит, – эффективным. Как правило, используют кумулятивные инвестиции за 3–5 лет.

Если анализировать динамику комплексного показателя, то его связь с динамикой инвестиций в охрану окружающей среды проявляется с лагом в четыре года, коэффициент корреляции составляет  $R = -0,61$ . Если взять кумулятивные инвестиции за три года, то при лаге в три года  $R = -0,68$ , а при лаге в 4 года  $R = -0,73$ . При увеличении длительности суммирования инвестиций статистические характеристики улучшаются незначительно. Также уменьшается лаг, при котором статистические характеристики наиболее высокие. При кумулятивных инвестициях за четыре года и при лаге в три года  $R = -0,75$ , при кумулятивных инвестициях за пять лет и при лаге в два года  $R = -0,77$ , кумулятивных инвестициях за шесть лет и при лаге в один год  $R = -0,76$ , а при лаге в два года  $R = -0,79$ .

На рисунке 3.12 видна почти линейная обратная зависимость комплексного экологического показателя и кумулятивных природоохранных инвестиций. Близкие результаты получаются и для показателя без учета парниковых газов, определяемого по формуле (14).

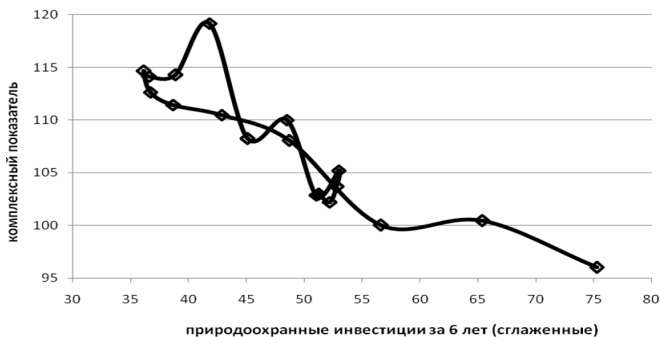


Рис. 3.12. Взаимосвязь комплексного экологического показателя и сглаженных кумулятивных природоохранных инвестиций за шесть лет с лагом два года за 1994–2017 гг.

**Сравнение данных ФСГС и Росгидромета.** В данном разделе исследуется на примере оксида углерода и взвешенных веществ (твердые вещества), насколько велики расхождения описания экологической ситуации в РФ по данным ФСГС и Росгидромета. Данные ФСГС основаны на статистической отчетности предприятий, а Росгидромета – на измерении уровня загрязнений воздуха и воды в городах.

На рисунке 3.13 показано, что связь выбросов и средней концентрации CO существует, но она не слишком сильная, более заметная связь средней концентрации CO и общих выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, поскольку учитываются и стационарные и передвижные источники, роль которых во многих городах велика (рис. 3.14). Рост выбросов до 2004 г. не сказывался на средней концентрации CO, хотя на вид графика могло повлиять то, что до 2006 г. не учитывались выбросы железнодорожного транспорта. В последние годы растут выбросы загрязняющих веществ, в частности CO, но одновременно снижается средняя концентрация CO в городах.

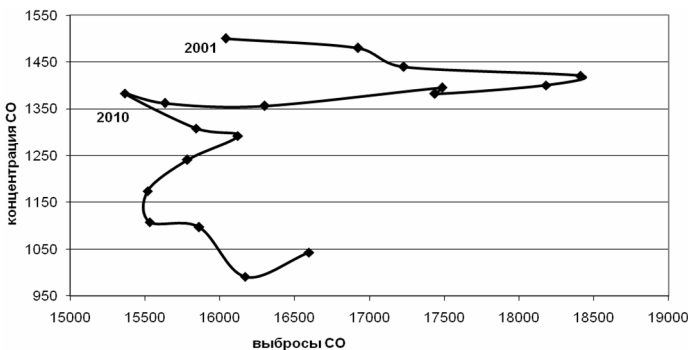


Рис. 3.13. Взаимосвязь выбросов оксида углерода CO в атмосферу от стационарных и передвижных источников (тыс.т) и средней концентрации CO в атмосфере городов России ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ )

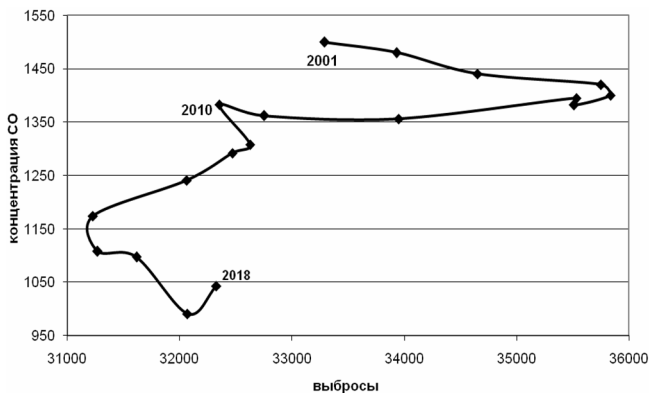


Рис. 3.14. Взаимосвязь выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников (тыс. т) и средней концентрации CO в атмосфере городов России ( $\text{мкг}/\text{м}^3$ )

Отчетливо видна связь между выбросами твердых веществ и средней концентрацией взвешенных веществ, хотя в последние годы при падении выбросов средняя концентрация растет (рис. 3.15). В то же время связь между выбросами загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников и средней концентрацией взвешенных веществ в последние годы очень четкая, но она отсутствует в первой половине 2000-х годов (рис. 3.16).

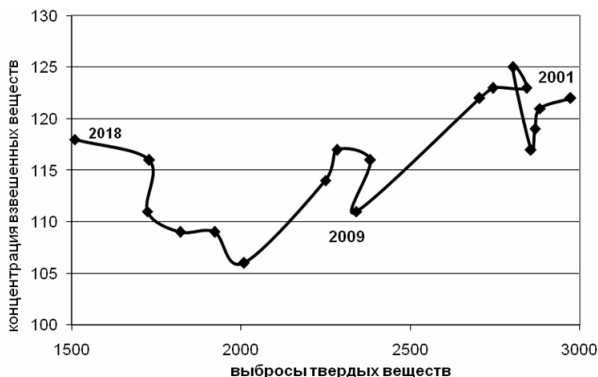


Рис. 3.15. Взаимосвязь выбросов твердых веществ в атмосферу от стационарных источников (тыс.т) и средней концентрации взвешенных веществ в атмосфере городов России (мкг/м<sup>3</sup>)

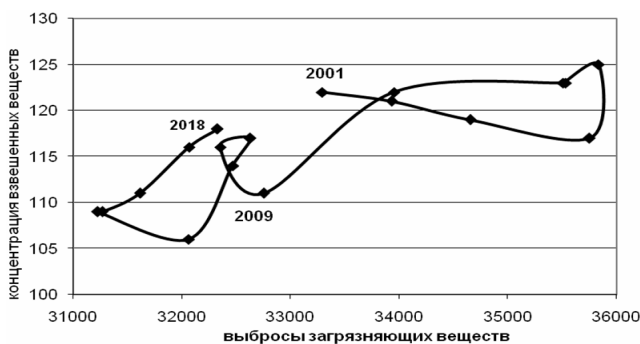


Рис. 3.16. Взаимосвязь выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников (тыс.т) и средней концентрации взвешенных веществ в атмосфере городов России (мкг/м<sup>3</sup>)

Теперь рассмотрим влияние развития экономики на загрязнение атмосферы. Как и в предыдущих работах по анализу влияния на выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (Дружинин, Шкиперова, Морошкина, 2009; Дружинин, Шкиперова, 2014), в данном случае анализируется влияние на среднюю концентрацию CO (рис. 3.17). Так же, как и для выбросов, – видно, что при быстром росте ВВП в 2000-х годах медленно снижается средняя концентрация CO. Это говорит об определяющем положительном влиянии модернизации

экономики, структурных сдвигов и природоохранной деятельности. В дальнейшем замедление роста ВВП приводит к быстрому падению средней концентрации  $\text{CO}$  в российских городах. Функции загрязнения позволяют разделить влияние трех выделенных факторов.

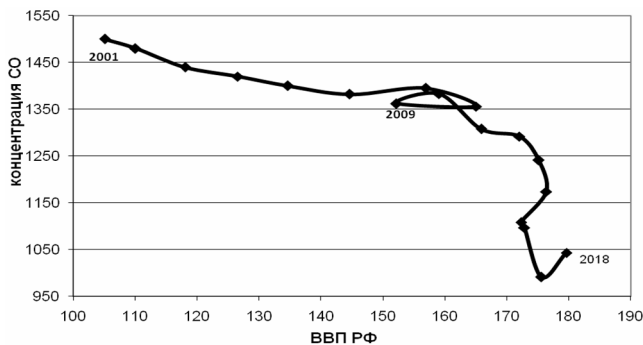


Рис. 3.17. Взаимосвязь изменения средней концентрации  $\text{CO}$  в атмосфере городов России ( $\mu\text{г}/\text{м}^3$ ) и динамики ВВП (2000 г. – 100 %)

Похожая картина наблюдается и для средней концентрации взвешенных веществ, хотя в данном случае данные по концентрации сильно колеблются, основная тенденция к снижению концентрации, но в последние годы концентрация быстро растет при небольшом увеличении ВВП (рис. 3.18). Проведенный ранее анализ

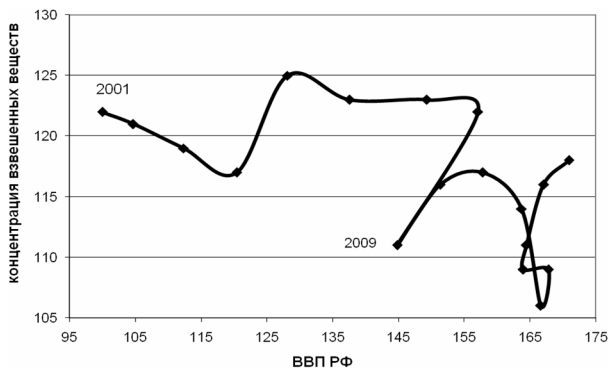


Рис. 3.18. Взаимосвязь изменения средней концентрации взвешенных веществ в атмосфере городов России ( $\mu\text{г}/\text{м}^3$ ) и динамики ВВП (2000 г. – 100 %)



экономических данных за 1990–2018 гг. показал, что в РФ происходили значительные структурные сдвиги: в 90-х годах началась модернизация экономики, в 2000-х годах стали активнее строиться новые объекты на принципиально новой технологической основе, поскольку модернизация устаревших производств стала малоэффективна.

Значительный интерес представляли бы расчеты на основе комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), который учитывает несколько примесей. ИЗА рассчитывается через отношение среднегодовых концентраций примесей к предельно допустимым концентрациям (ПДК), и характеризует уровень длительного загрязнения воздуха. К сожалению, данные до 2014 г. и после несопоставимы. В 2014 г. изменили ПДК формальдегида, что привело к резкому улучшению показателя ИЗА при мало изменившемся уровне загрязнения атмосферного воздуха.

**Региональные данные.** Исследование взаимосвязи экономических и экологических показателей проводилось также по данным российских регионов за 2000-е и 2010-е годы. Как и для временных рядов, рассматривались показатели, характеризующие уровень развития экономики, ее структуру и особенности регионов. Проведенный сравнительный анализ графиков показателей по регионам выявил наличие зависимости между экономическими и экологическими показателями, на рисунке 3.19 показана зависимость выбросов в атмосферу от ВРП. Зависимость для большинства регионов почти прямая – чем больше объемы производства, тем больше загрязняется окружающая среда: при более развитой экономике выше выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Особенно это характерно для северных регионов. Но с определенного уровня развития экономики, развивается сфера услуг и выбросы снижаются. Ситуация меняется по годам, но не очень сильно, если рассматривать близкие годы. За 10–15 лет изменения могут быть уже значительны (рис. 3.20). Поскольку дифференциация регионов очень велика, и такие регионы, как Москва, Санкт-Петербург и Тюменская область в десятки, а по отдельным показателям в сотни раз превосходят слаборазвитые регионы, то масштаб графиков выбирался так, чтобы на нем помещалось большинство регионов, и четко были видны имеющиеся тенденции.

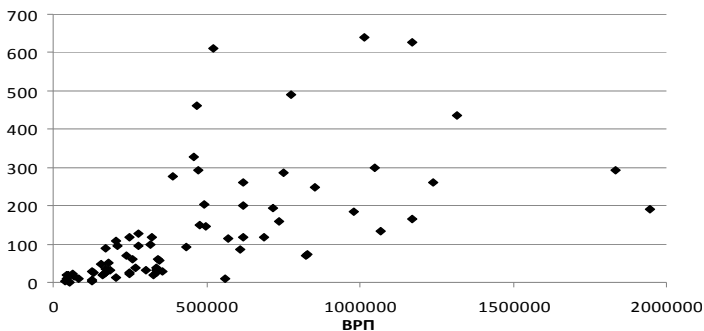


Рис. 3.19. Зависимость выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников (тыс. т) по российским регионам в 2015 г. в зависимости от ВРП (млн руб)

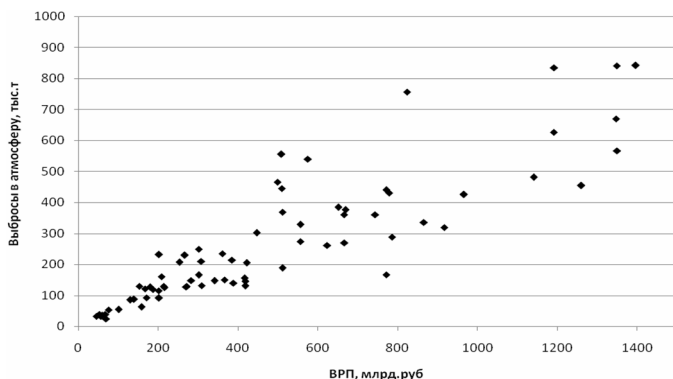


Рис. 3.20. Зависимость выбросов в атмосферу загрязняющих веществ (тыс. т) по 71 российскому региону в 2017 г. от ВРП (млрд руб)

У четырех российских регионов (Тюменская, Свердловская, Кемеровская области и Красноярский край) выбросы значительно превышают уровень, который можно было бы ожидать, исходя из сложившейся зависимости, поскольку основу их экономики составляют крупные добывающие и металлургические предприятия. У них выбросы превышают 1300 тыс.т., еще у пяти регионов (Москва, Московская область, Санкт-Петербург, Татарстан и Краснодарский край) высокий ВРП и относительно невысокие выбросы. Коэффициент корреляции по всем 80 регионам  $R = 0,53$ ,

а по 71 региону, представленному на графике  $R = 0,88$ . Еще у восьми регионов выбросы немного выше, чем должно было бы быть по сложившейся тенденции, эти регионы также имеют крупные добывающие и металлургические предприятия (Оренбургская, Иркутская, Вологодская, Липецкая, Челябинская области, республики Коми и Башкирия, Алтайский край).

Для загрязнений в большинстве развитых стран выполняются условия экологической кривой Кузнеца – в них меняются технологии и структура экономики, вредные производства переносятся в менее развитые страны и с определенного уровня экономический рост может сопровождаться уменьшением выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и сбросов загрязненных сточных вод. Для российских регионов это условие частично выполняется только, если не учитывать девять вышеперечисленных регионов с высокой долей металлургии и добывающей промышленности. В таком случае, если ВРП превышает 1500 млрд руб., то с ростом ВРП выбросы не растут, и можно было бы сказать, что в пяти регионах формируется постиндустриальная экономика. Но если посмотреть другие показатели по этим регионам, то данный вывод окажется преждевременным.

Прямая зависимость выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников сохраняется для промышленности – чем выше доля промышленности в ВРП, тем больше выбросы (рис. 3.21).

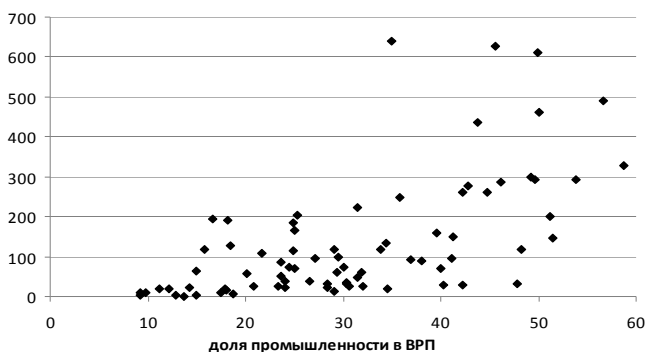


Рис. 3.21. Зависимость выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников (тыс. т) по российским регионам в 2015 г. в зависимости от доли промышленности в ВРП (%)

У отдельных регионов с высокой долей промышленности (Республика Коми – 49.9 %, Красноярский край – 55.5 %, Тюменская область – 63.1 % и другие) выбросы существенно больше, чем должно быть по тенденции, видимой по графику, что связано с большим удельным весом добывающего сектора или промышленности в целом. Для других исследуемых факторов графики выглядят примерно также, но в ходе расчетов оказалось, что не все факторы значимы.

Сброс загрязненных сточных вод также зависит от объемов производства и его структуры (рис. 3.22). На графике отсутствуют не вписывающиеся в общую тенденцию Санкт-Петербург и Московская область, сбросы в которых значительно больше, а также Москва и Тюменская область, имеющие сравнительно невысокие сбросы, но высокий ВРП. С ростом ВРП величина сбросов растет и можно отметить, что для большинства регионов этот рост постепенно замедляется. Коэффициент корреляции по всем 80 регионам  $R = 0,61$ , а по 76 регионам, представленным на графике  $R = 0,81$ . Но опять у 11 регионов сбросы выше, чем должны были быть по имеющейся зависимости, это регионы с металлургией, добывающей, химической промышленностью и производством бумаги (Свердловская, Челябинская, Иркутская, Кемеровская, Самарская, Нижегородская, Архангельская, Мурманская области, республики Коми и Карелия, Краснодарский край).

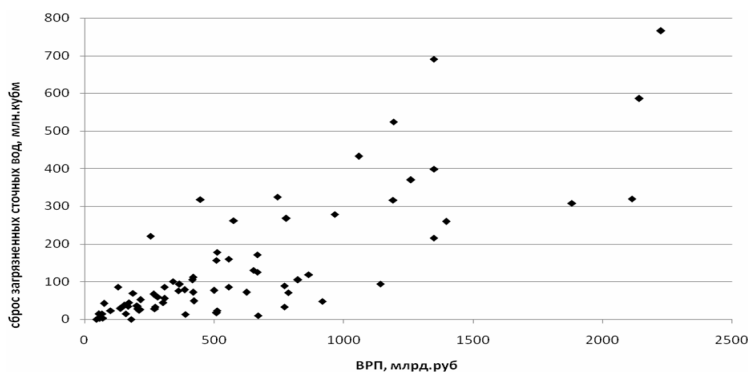


Рис. 3.22. Зависимость сбросов загрязненных сточных вод (млн куб.м) по 76 российским регионам в 2017 г. от ВРП (млрд руб)

Для выделенных 11 регионов зависимость почти линейная, для остальных 65 регионов зависимость близка к экологической кривой Кузнеця, но есть лишь левая часть кривой – замедление роста сбросов при росте производства, а правой пока нет, есть лишь один регион, у которого ВРП превышал бы 2500 млрд руб, а сбросы были бы меньше 300 млн куб.м – Тюменская область, добыча нефти и газа ведет к загрязнению водной среды лишь в случае катастроф. Говорить в данном случае о постиндустриальной экономике также не приходится.

По РФ ранее проводились расчеты по опасным отходам (1–4 класса опасности), но данные по опасным отходам по регионам отсутствуют в открытых справочниках, поэтому анализировали отходы всех пяти классов. В этом случае возникает огромная разница между регионами со значительной долей добывающего сектора (отходы 5 класса опасности) и другими регионами. В результате коэффициент корреляции по всем 80 регионам отсутствует ( $R = 0,01$ ), а по 51 региону, представленному на графике (рис. 3.23),  $R = 0,59$  (не учитывались кроме добывающих регионов имеющие высокий ВРП Москва, Санкт-Петербург, Московская и Тюменская области).

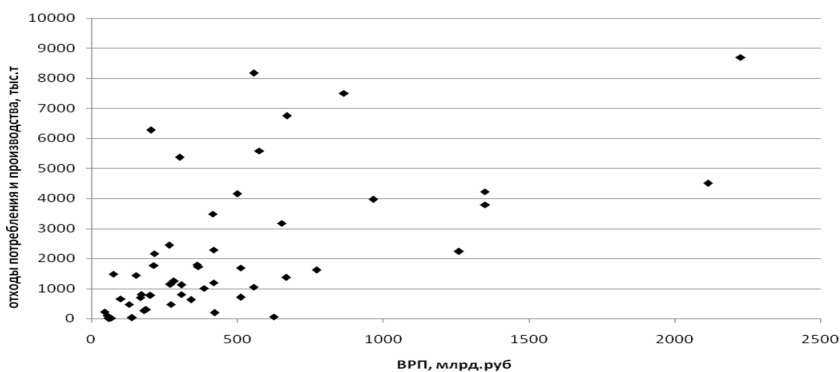


Рис. 3.23. Зависимость объемов отходов потребления и производства (тыс. т) по 51 российскому региону в 2017 г. от ВРП (млрд руб)

Для проведения в дальнейшем расчетов анализировались графики экологических показателей и вышеперечисленных факто-

ров. В качестве экологических показателей рассматривались три основных (выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сброс загрязненных сточных вод, отходы производства и потребления), их отношение к ВРП и к численности населения региона. Для большинства факторов связь отсутствовала, например, для доли обрабатывающей промышленности и доли сельского хозяйства в ВРП, отношения экспорта к ВРП.

При анализе выбросов в атмосферу было отмечено, что если доля промышленности в ВРП меньше 40 %, то связь отсутствует, если больше, то слабая зависимость есть (рис. 3.24). При урбанизации менее 50 % выбросы минимальны, при росте урбанизации выбросы могут быть большими, могут быть незначительными. Обратная ситуация с долей услуг, но опять-таки, при низкой доле услуг выбросы могут быть и небольшими, и значительными.

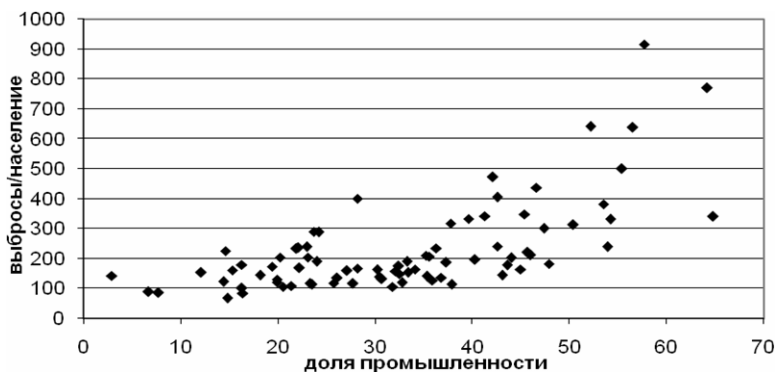


Рис. 3.24. Зависимость отношения выбросов в атмосферу загрязняющих веществ к численности населения (т/тыс. чел) по российским регионам в 2017 г. от доли промышленности в ВРП (%)

При анализе сбросов загрязненных сточных вод было отмечено, что связь с большинством показателей отсутствует, есть лишь связь с численностью населения,  $R = 0,80$  и более слабая с уровнем урбанизации –  $R = 0,49$  (рис. 3.25). Также есть слабая зависимость отношения сбросов загрязненных сточных вод к численности населения региона и уровню урбанизации ( $R = 0,51$ ).

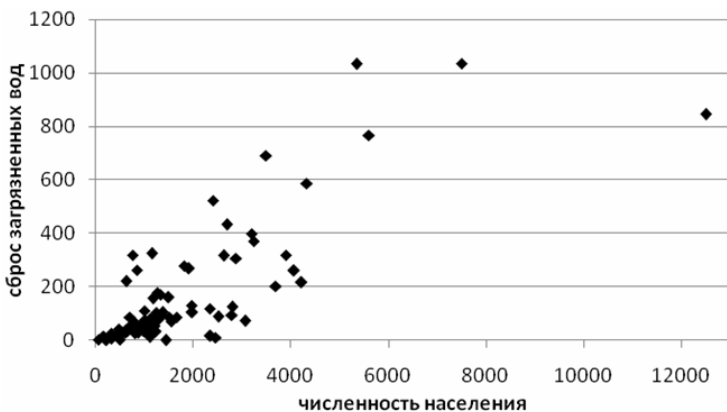


Рис. 3.25. Зависимость сбросов загрязненных сточных вод (млн куб.м) по российским регионам в 2017 г. от численности населения

Для отходов потребления и производства не удалось найти зависимость от одного фактора, четко выделяются три группы регионов, но даже внутри них сложно выделить связь с одним из факторов. Для регионов с невысокой долей добычи полезных ископаемых есть слабая зависимость объема отходов на душу населения от доли услуг в ВРП (рис. 3.26).

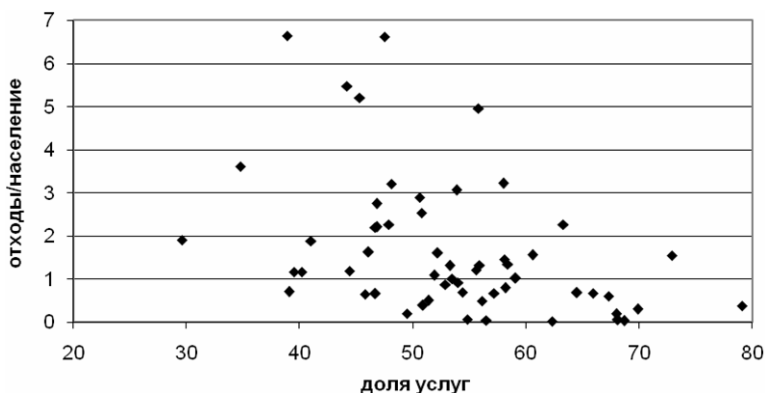


Рис. 3.26. Зависимость отношения отходов производства и потребления к численности населения (млн т/тыс. чел) по российским регионам в 2017 г. от доли услуг в ВРП (%)

**Сравнительный анализ данных по ЕС, Финляндии и РФ.** Активная экологическая политика стран ЕС в последние десятилетия позволила существенно повлиять на экологическую ситуацию в ЕС, но до энергетического кризиса 1970-х годов внимания экологии уделялось не так много. Дискуссии 1970-х годов, вызванные работами Меддоуза Д., Форрестера Дж. и других ученых, позволили осознать, что на пути дальнейшего экономического развития общества возникли новые лимитирующие факторы, которые можно условно обозначить как «экологические ограничители» экономического роста, отражающие масштабы и последствия негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду. Резкий рост цен на энергоресурсы в 1970-х годах заставил искать новые модели развития, основанные на снижении потребления и поиске альтернативных источников энергии. Динамика удельных выбросов CO<sub>2</sub> показывает, что в большинстве стран ЕС только в конце 1970-х годов произошли заметные изменения, выбросы стали расти медленнее, чем экономика (рис. 3.27).

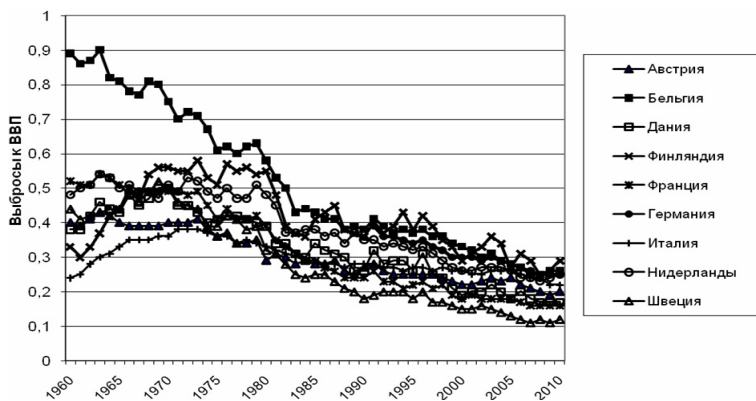


Рис. 3.27. Динамика отношения выбросов CO<sub>2</sub> к ВВП (т/тыс. евро) стран ЕС в 1960–2010 гг.

Финляндия считается одной из самых чистых экологических стран мира. Правительство Финляндии совместно с предпринимателями и некоммерческими организациями на протяжении многих лет активно разрабатывает экологическую политику, внедряет



новые технологии обращения с отходами, технологии очистки воды и воздуха от вредных выбросов, ведет постоянный мониторинг состояния окружающей среды.

В Финляндии после вступления в ЕС был принят в 1996 г. Закон об охране природы, он вступил в силу 1 января 1997 г. и с изменениями действует в настоящее время. На основе Директивы ЕС 1996 г. в Финляндии в 2000 г. были приняты изменения в действующее законодательство. В 2014 г. внесены изменения в законодательство в соответствии с Директивами ЕС 2008 и 2010 гг. Финляндия вступила в ЕС в 1995 г., когда в ЕС действовала пятая программа действий в области защиты окружающей среды «В направлении устойчивости», и ЕС взял на вооружение концепцию устойчивого развития. Финляндия последовательно ужесточала экологические требования в соответствии с решениями ЕС. Российское законодательство за рассматриваемый период практически не менялось, Федеральный закон № 219 пока фактически не действует.

В ходе исследований временных рядов по Финляндии было выделено два периода, которые значительно различались по виду зависимостей. Если для 90-х годов, периода спада, было выделено несколько факторов, которые влияли, или могли влиять на динамику выбросов парниковых газов, то для периода с 2003 г. влияние этих факторов было слабым, оно компенсировалось другими факторами. Финская экономика пережила серьезный кризис в 2008–2009 гг., из которого она с трудом выходит до сих пор. Лишь недавно объемы ВВП превысили уровень 2008 г.

В сфере охраны окружающей среды для европейских стран важнейшим является исследование выбросов парниковых газов и поиск инструментов государственного регулирования, наиболее эффективных в борьбе с изменением климата. Изменения выбросов парниковых газов странами-членами ЕС, по данным годовых отчетов Европейского сообщества по инвентаризации парниковых газов за 1990–2014 гг., показали, что выбросы парниковых газов в период с 1990 по 2014 гг. закономерно снижались. Так, за период с 1990 по 2000 г. это снижение составило 17,8 %, а за период с 1990 по 2014 г. снижение выбросов парниковых газов составило уже 24,4 %. Анализ данных по странам-членам ЕС про-

явил сильную дифференциацию в показателях снижения доли выбросов и выявил страны-лидеры по сокращению выбросов парниковых газов (в Литве за 1990–2014 гг. снижение составило 59,6 %, в Латвии – 56,9 %, в Румынии – 56,4 %). Для Финляндии сокращение выбросов парниковых газов составило – 17,1 %, что ниже среднего по странам-членам ЕС.

Отношение выбросов парниковых газов к ВВП в ЕС быстро снижается, оно уменьшилось в два раза с 1990 г., но примерно такое же снижение и в РФ, лишь в последние несколько лет выбросы не уменьшаются (рис. 3.28).

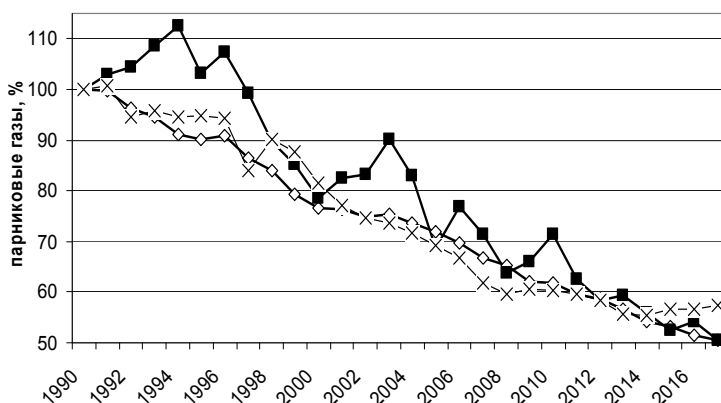


Рис. 3.28. Динамика отношения выбросов парниковых газов к ВВП (% к 1990 г.) стран ЕС (ромб без заливки), Финляндии (квадрат) и РФ (крестик) в 1990–2017 гг.

Для Финляндии вид зависимости выбросов от ВВП заметно отличается от российской, представленной на рис. 3.1. До 2003 г. выбросы парниковых газов росли при росте экономики (после кризиса начала 1990-х годов), в дальнейшем, при замедлении роста экономики выбросы стали уменьшаться (рис. 3.29). В сентябре 1996 г. принята Директива Совета ЕС 96/61/ЕС о комплексном предотвращении и контроле загрязнений, стал активнее стимулироваться переход к биотопливу. В последнее десятилетие финская экономика практически не растет и выбросы парниковых газов существенно уменьшились.

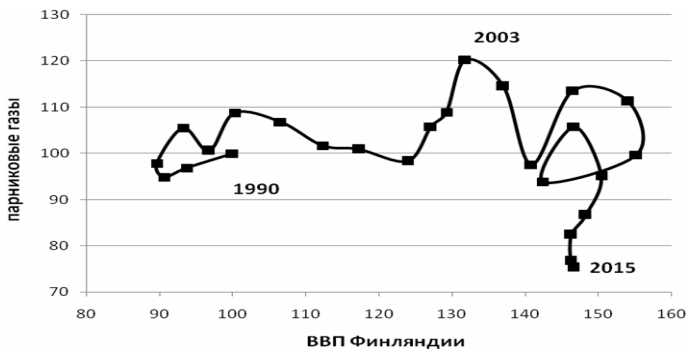


Рис. 3.29. Взаимосвязь выбросов парниковых газов (1990 г. – 100 %) и динамики ВВП Финляндии (1990 г. – 100 %),

Можно отметить сложившуюся зависимость – при снижении объемов инвестиций в охрану окружающей среды увеличивается объем выбросов парниковых газов. Максимальный уровень выбросов в 2003 году соответствует минимальному значению выделенных инвестиций на охрану природы (рис. 3.30).

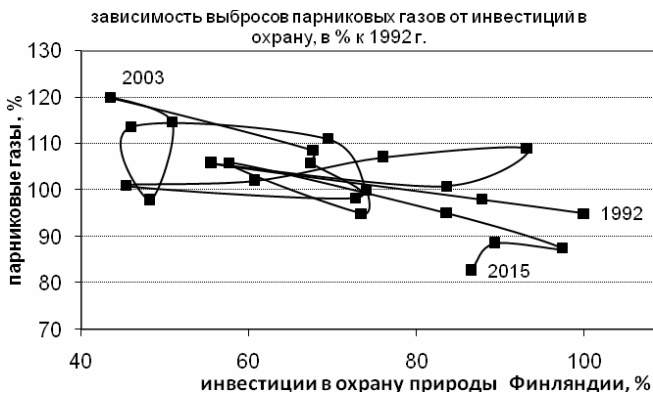


Рис. 3.30. Зависимость выбросов парников газов (%) в Финляндии в период 1992 по 2015 гг. от инвестиций в охрану окружающей среды (%)

Выбросы  $SO_2$  снижаются и в РФ, и в Европе, но в РФ существенно медленнее (рис. 3.31). В ЕС выбросы снижаются монотонно

но, а в Финляндии в отдельные периоды они росли, в частности, в начале 2000-х годов. В РФ снижение выбросов диоксида серы равномерное по годам и хорошо описывается экспонентой.

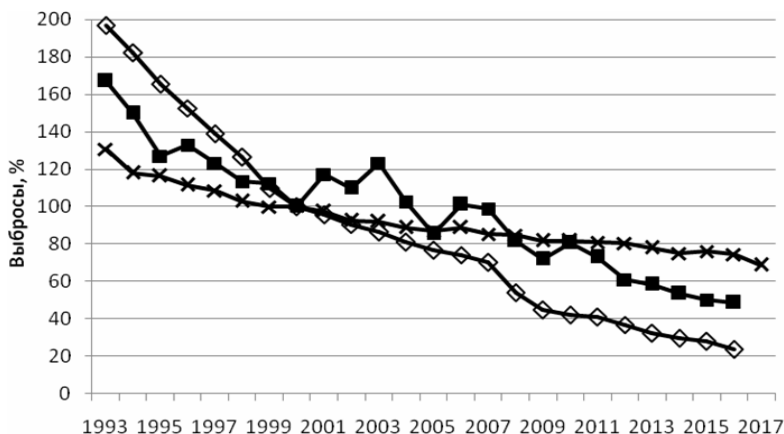


Рис. 3.31. Динамика выбросов  $\text{SO}_2$  стран ЕС (ромб без заливки), Финляндии (квадрат) и РФ (крестик) в 1993–2017 гг., 2000 г. – 100 %

Зависимость динамики выбросов  $\text{SO}_2$  от ВВП Финляндии достаточно сложная, в 2017 г. ВВП Финляндии еще не достиг уровня 2008 г. (в сопоставимых ценах), и при построении зависимости по формулам (5) и (6) неизбежно возникнут проблемы, если в качестве экологического показателя рассматривать выбросы. Если проводить расчеты с показателем отношения выбросов к ВВП, то влияние факторов легче выделить. Если рассматривать зависимость динамики выбросов  $\text{SO}_2$  от ВВП, то в РФ с ростом ВВП выбросы постепенно убывают, и тенденция практически не меняется. В ЕС выбросы снижаются очень быстро.

Если рассматривать отношение динамики выбросов к ВВП, то тенденции в РФ и Финляндии очень близки с конца 1990-х годов, за 16 лет данный показатель снизился на 60 % в обеих странах (рис. 3.32). Отличие состоит в том, что финская экономика до сих пор не вышла из кризиса 2008–2009 гг., а российская экономика растет, хотя и медленно. В ЕС с 1990 г. по 2016 г. отношение выбросов к ВВП уменьшилось более чем в десять раз.

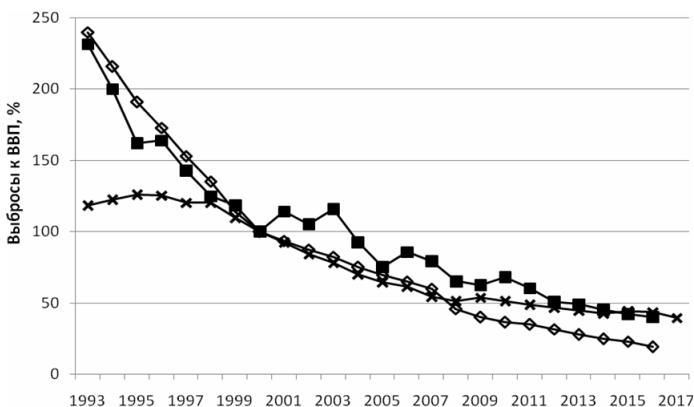


Рис. 3.32. Динамика соотношения выбросов  $\text{SO}_2$  к ВВП в ЕС (ромб без заливки), Финляндии (квадрат) и РФ (крестик) в 1993–2017 гг., 2000 г. – 100 %

Отношение выбросов оксидов азота к ВВП снижается в РФ, ЕС и Финляндии, но в РФ этот процесс приостановился в последние годы (рис. 3.33). В ЕС и Финляндии с 2000 г. отношение уменьшилось более чем в два раза, а в РФ сохраняется на уровне 2007 г.

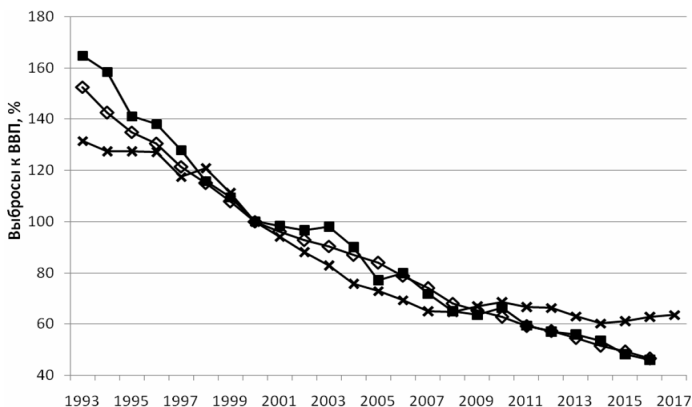


Рис. 3.33. Динамика соотношения выбросов оксидов азота к ВВП в ЕС (ромб без заливки), Финляндии (квадрат) и РФ (крестик) в 1993–2017 гг., 2000 г. – 100 %

Выбросы снижаются в Финляндии и ЕС, и составляют менее 40 % к 1990 г. и около 55 % к 2000 г. (рис. 3.34). В РФ в середине 2000 г. начался рост выбросов оксидов азота от стационарных источников и сейчас они на уровне середины 1990-х годов. Выбросы от передвижных источников снижаются.

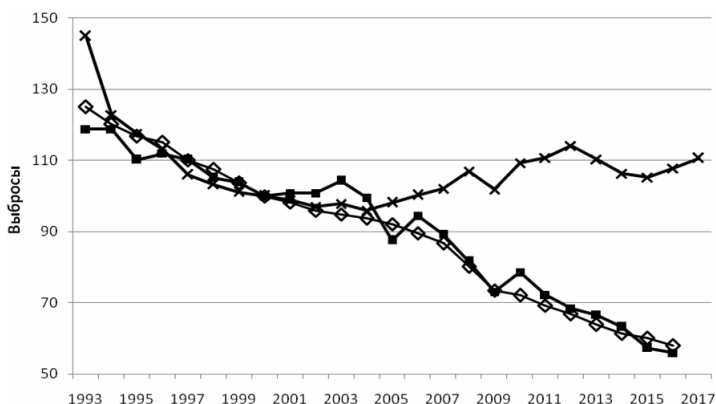


Рис. 3.34. Динамика выбросов оксидов азота стран ЕС (ромб без заливки), Финляндии (квадрат) и РФ (крестик) в 1993–2017 гг., 2000 г. – 100 %

Сбросы загрязненных сточных вод в РФ непрерывно снижались с 1992 г., и составляют примерно 50 % к уровню 1990 г. Поступление загрязняющих веществ со сточными водами уменьшилось еще сильнее, за исключением нитратов, сбросы которых за 25 лет выросли почти в 2.5 раза.

Рассматриваются сбросы азота, в доступной финской статистике выделяются еще фосфаты, в российской – более десяти различных веществ. До 1999 г. спад в экономике РФ сопровождался значительным уменьшением сбросов азота, затем при росте экономики снижение сбросов продолжилось, хотя и замедлилось. Теперь тенденции сбросов азота в РФ и Финляндии близки. В Финляндии сбросы сократились на 15 % за последние 15 лет, в РФ изменение показателя неустойчиво, в 2016 г. показатели снижения практически совпадают, а в 2017 г. он в РФ меньше 2000 г. на 30 % (рис. 3.35).

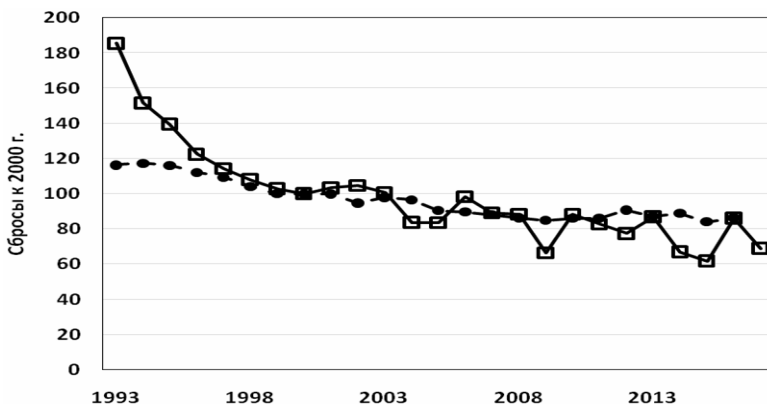


Рис. 3.35. Динамика поступления азота со сточными водами в водоемы РФ (сплошная линия) и Финляндии (прерывистая линия), 2000 г. – 100 %

В Финляндии в статистической отчетности сбросы азота разделяются на муниципальные и производственные, динамика которых заметно различается. В Финляндии более половины питательной нагрузки, которая отвечает за эвтрофирование вод, поступает из сельского хозяйства. В тех случаях, когда речь идет об азоте, муниципальные поселения по-прежнему являются существенными факторами, влияющими на экологическую нагрузку. Согласно оценке Финского института окружающей среды, на сельское хозяйство в настоящее время приходится около 70 % фосфорной нагрузки на воду и чуть меньше 60 % от нагрузки азота.

## ГЛАВА 4

# ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Перед современным обществом стоит дилемма: с одной стороны, продолжающийся экономический рост является экологически неустойчивым; с другой стороны, низкие темпы экономического роста или спад экономики сопровождаются неблагоприятными социальными последствиями. В периоды рецессии экологические проблемы имеют более низкий приоритет, что вызывает появление ошибочного представления о достижении сбалансированности эколого-экономического развития. Во время экономического подъема, наоборот, усиливается общественное внимание к экологическим проблемам, вводятся институциональные ограничения, требующие снижения нагрузки на окружающую среду вопреки экономическому росту (Victor, 2012; Porfirjev, 2018). В качестве основных направлений экологизации экономического развития традиционно рассматриваются: реструктуризация экономики с увеличением доли сферы услуг, внедрение новых технологий и рециркуляция отходов (Victor, 2015). Широко распространено мнение о том, что сочетание всех трех направлений позволяет продолжать экономический рост без ущерба для окружающей среды. Однако реализация на практике этих изменений в сторону «зеленого» роста экономики может быть вызвана только разумной государственной политикой в сфере охраны окружающей среды и лишь отчасти рыночными предпочтениями (Victor, 2012). Следовательно, существует потребность в исследовании институциональных условий экологически устойчивого экономического роста.

Европейский Союз (ЕС) был одним из первых, кто начал проводить реформы в рамках концепции «зеленой» экономики (Матвеева, 2010; Maas, Kruitwagen, van Gerwen, 2012). Соответственно



страны ЕС обладают богатым опытом, который может быть использован Россией на пути экологизации экономического развития. В последние годы в нашей стране активно проходит реформа законодательства в сфере охраны окружающей среды. Однако следует отметить, что процесс экологизации законодательства и перехода к «зеленой» экономике в России идет с существенным отставанием от мирового уровня. Поэтому одной из задач данной работы стал сравнительный анализ изменений экологической политики Евросоюза и России, определение периодов проводимых реформ и предварительная оценка их влияния на уровень загрязнения окружающей среды. Для решения поставленной задачи был выполнен контент-анализ основных законодательных актов РФ и ЕС, начиная с 1960-х годов, использовались методы сравнительного анализа и обобщения имеющейся информации.

***Сравнительный анализ изменений законодательства в сфере охраны окружающей среды в Евросоюзе и России*** (Шкиперова, 2019). Центральным экологическим документом в ЕС является среднесрочная Программа действий Сообщества в области окружающей среды, которая определяет конкретные и достижимые с точки зрения современной ситуации цели, задачи и приоритетные мероприятия в экологической сфере на ближайшую перспективу. За все время проведения ЕС экологической политики принято семь таких программ (первая – в 1973 г., ныне действующая, седьмая, – в 2013 г.). В Программах 1973, 1977, 1983 и 1987 годов основное внимание уделялось охране и снижению степени загрязнения атмосферы, оценке рисков от загрязнения атмосферы, разработке показателей и стандартов качества воздушной среды в отношении наиболее опасных загрязняющих веществ. Пятая программа (1993–2001 гг.) была принята сразу после Конференции ООН в Рио-де-Жанейро (РИО-92). Основные акценты в ней смещены в сторону достижения целей устойчивого развития. Принцип экологической ориентированности деятельности и соответствия концепции устойчивого развития был внесен в учредительный договор ЕС только в 1997 г. (Гусев, 2012).

Шестая программа (2002–2013 гг.) отличается тем, что она впервые была принята сроком на 10 лет. Основной акцент сделан на необходимости обновления экологического законода-

тельства ЕС, обеспечения его мерами правового принуждения, а также своевременной имплементации в законодательство государств – членов ЕС. Седьмая Программа действий ЕС в области окружающей среды (2014–2019 гг.) не только определяет конкретные приоритетные цели и мероприятия в сфере охраны окружающей среды на период до 2020 г., но и ставит задачи на перспективу до 2050 г.

В развитии экологической политики ЕС можно выделить несколько этапов, когда менялись не только инструменты и подходы к нормированию уровня загрязнений, но и сама идеология. Это так называемый путь от «конца трубы» к экономике замкнутого цикла. Смена подходов четко прослеживается не только в программных целях и задачах, но и в хронологии введения директив, которые являются основным источником экологического права в ЕС. Некоторые нормы экологического законодательства действуют по всему ЕС и сразу внедряются в законодательство на национальном уровне, например, Директива по химическим веществам REACH (EU REACH Regulation (EC) No 1907/2006). Большинство директив действуют только после принятия соответствующих законов на национальном уровне, при некоторой свободе интерпретации. Период имплементации таких директив в законодательство государств – членов ЕС в среднем составляет 2–4 года.

На начальном этапе регулирования охраны окружающей среды (1950–1970-е гг.) в большинстве европейских стран основные усилия были направлены на снижение уровня загрязнения путем установления предельно допустимых нормативов выбросов и сбросов и платы за негативное воздействие (подходы «на конце трубы»). На практике управление ограничивалось использованием административно-контрольных методов, причем в разных странах ЕС по-разному. В этот период общих нормативов загрязнения окружающей среды в Европе не было, регулирование осуществлялось только в отношении определенных объектов. В 1984 г. Совет ЕС принял Директиву 84/360 по борьбе с загрязнением воздуха промышленными установками, которая впервые предусматривала выработку нормативов выбросов для определенных объектов и определенных вредных веществ в рамках всего Сообщества.

Развитие технологических подходов связано со смещением основных акцентов экологической политики с ликвидации последствий загрязнения окружающей среды на его предотвращение путем внедрения сначала безотходных и малоотходных технологий, а впоследствии – наилучших доступных технологий (НДТ). В отдельных странах ЕС переход на НДТ был регламентирован уже в 1970-е годы. Например, в Швеции система выдачи комплексных экологических разрешений на основе НДТ начала внедряться в 1969 г., в Дании – в 1972 г., в Великобритании – в 1990 г. (Скобелев и др., 2018). Тем не менее, в 1995 г. Европейское агентство по окружающей среде признало, что для улучшения экологической ситуации в Европе характер и масштабы национальных мер недостаточны. В связи с этим в ЕС с середины 1990-х гг. начали активно внедряться механизмы регулирования загрязнения окружающей среды на наднациональном уровне. Одним из основополагающих документов стала Директива Совета ЕС 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 г. о комплексном предотвращении и контроле загрязнений (Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC) (Council Directive 96/61/EC...). После ее выхода основой для выдачи комплексных экологических разрешений (КЭР), которые содержат конкретные условия, включая нормативы предельно допустимых выбросов и сбросов, в государствах – членах ЕС считаются НДТ. Директивой IPPC был определен перечень промышленных установок ряда отраслей экономики и перечень загрязняющих веществ, на которые распространялись требования. Однако технологические показатели (показатели загрязнения, основанные на НДТ), установленные Директивой, не имели юридической силы, а служили лишь ориентирами для уполномоченных органов и предприятий.

Следующий важный этап в развитии экологической политики ЕС связан с принятием Директивы 2010/75/ЕС Европейского парламента и Совета от 24 ноября 2010 г. «О промышленных выбросах (интегрированное предотвращение и контроль загрязнения)» (Industrial Emissions Directive (IED) (Directive 2010/75/EU...)). Она заменяет директиву от 1996 г, процесс ее имплементации в национальное законодательство начался в 2015 г. Согласно IED достижение уровней загрязнений, основанных на НДТ, теперь является

обязательным для получения комплексного экологического разрешения во всех странах – членах ЕС. Начиная с 1996 г. около 52 тыс. предприятий I категории (объекты, оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду) в ЕС получили КЭР. В настоящее время идет вторая волна идентификации НДТ (с новыми процессами производства), расширяется спектр отраслей, регулируемых на основе НДТ.

Экологическое налогообложение в ЕС является одним из ключевых инструментов, который способствует стимулированию перехода к «зеленой» экономике, внедрению НДТ и сокращению эмиссии парниковых газов. Однако прогресс в этой области сталкивается с существенными препятствиями, поскольку наднациональное законодательство ЕС обладает очень ограниченными компетенциями в области налогообложения (Domenech, Bahn-Walkowiak, 2019). Поэтому доля доходов от экологических налогов сильно различается в государствах-членах ЕС. В качестве основных экологических налогов Евростат выделяет: транспортные, энергетические (включая налог на CO<sub>2</sub>), на загрязнение окружающей среды (включая налог на SO<sub>2</sub>) и налоги на природные ресурсы (кроме налогов на добычу нефти и газа) (Кирова, Безверхий, 2018). В России пока до конца не разработана политика экологического налогообложения, не действуют налоговые стимулы для внедрения экологических инноваций и снижения нагрузки на окружающую среду. Несмотря на то что все перечисленные выше экологические налоги стран ЕС присутствуют в российской системе налогообложения, их экологическая составляющая ничтожно мала (Макарова, 2017).

Система торговли выбросами (EU ETS) является краеугольным камнем политики ЕС по борьбе с изменением климата и ее ключевым инструментом для экономически эффективного сокращения выбросов парниковых газов в энергетике, авиации и других промышленных секторах. Она была запущена в 2005 г. и является первой – и до сих пор самой крупной – международной системой торговли квотами на выбросы парниковых газов, охватывающей более трех четвертей квот, продаваемых на международном углеродном рынке. В России этот инструмент экологической политики практически не используется.

Важное место в современной политической повестке дня в Европе также занимает тема циркулярной экономики (Circular Economy) или экономики замкнутого цикла. Ожидается, что она будет способствовать экономическому росту путем создания новых предприятий и новых рабочих мест, экономии материалов при одновременном снижении давления и воздействия на окружающую среду. В отличие от традиционного понятия рециклинга, в подходах, основанных на циркулярной экономике, важное внимание уделяется не только повторному использованию продуктов, материалов, отдельных компонентов, восстановлению ресурсов, но и переходу от ископаемого топлива к использованию возобновляемых источников энергии на протяжении всей цепочки создания стоимости и жизненного цикла товара (так называемый цикл «cradle-to-cradle» («от колыбели до колыбели»)) (Korhonen, Honkasalo, Seppälä, 2017). Циркулярная экономика направлена на то, чтобы как можно дольше поддерживать ценность продуктов, материалов и ресурсов, повторно возвращая их в продуктовый цикл в конце использования, одновременно сводя к минимуму образование отходов (Geissdoerfer и др., 2017). В ряде работ зарубежных авторов показано, что повышение эффективности использования ресурсов в различных цепочках создания стоимости может обеспечить экономию сырья на 17–24 %, а экономию затрат для предприятий ЕС – до 600 млрд Евро, в то же время сократив выбросы парниковых газов (Korhonen, Honkasalo, Seppälä, 2017; Kalmykova, Sadagopan, Rosado, 2017). Следуя этой перспективе, Европейская комиссия и правительства государств-членов ЕС разрабатывают повестки дня, программные документы и инвестиционные стратегии, которые будут способствовать циркулярной экономике. В 2015 г. Европейская комиссия приняла План действий по развитию циркулярной экономики (Closing the loop...), который включал конкретные меры, охватывающие весь цикл от производства и потребления до обращения с отходами и рынка вторичного сырья, а также пересмотр законодательной базы по отходам. План включал 54 мероприятия, которые были выполнены за три года. Основные достижения в результате реализации Плана были отражены в докладе Европейской комиссии (Report from the Commission ...) в марте 2019 г. Отмечается прогресс в четырех ос-

новых сферах циркулярной экономики: производство и потребление, утилизация отходов, вторичное сырье, конкурентоспособность и инновации. Пересмотренная законодательная база по отходам вступила в силу в июле 2018 г. Она устанавливает четкие цели по сокращению отходов и их переработке. Например, общая цель для ЕС включает требование переработки 65 % муниципальных отходов к 2035 г., 70 % отходов упаковки к 2030 г. и снижение объемов захоронения отходов до 10 % к 2035 г.

Таким образом, циркулярная экономика рекомендуется в качестве подхода к экономическому росту, который соответствует устойчивому экологическому и экономическому развитию, и становится основой стратегии устойчивого развития ЕС.

Развитие экологической политики России проходит по тому же сценарию, что и в странах ЕС, но существенно отстает во времени. Впервые закон «Об охране природы в РСФСР» был принят в 1960 г., в нем были определены объекты охраны, введены отдельные административные меры, включая меры по санитарной охране природы, основанные на нормативах предельно допустимых концентраций вредных веществ. В 1980-х гг. получила распространение концепция безотходных и малоотходных технологий, в которой особое внимание уделялось экономической целесообразности и применимости экологически приемлемых технологий в условиях конкретных предприятий. В 1988 г. Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О коренной перестройке дела охраны природы в стране» впервые была введена плата за природопользование. Далее в Законе РСФСР от 19 декабря 1991 г. «Об охране окружающей природной среды» был прописан экономический механизм охраны окружающей среды, установлены лимиты использования природных ресурсов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ, а также нормативы платы за негативное воздействие и размеры платежей за природопользование. Большинство законодательных актов о нормировании уровня загрязнения окружающей среды, принятые согласно вышеуказанному закону, действуют по настоящее время.

Следующий этап развития экологической политики в РФ начался только в 2014 г. в связи с принятием федерального закона № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон

«Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации», который вводит технические и технологические нормативы, регламентирует переход к системе нормирования негативного воздействия на окружающую среду на основе НДТ и получение крупными предприятиями КЭР (Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ...).

24.12.2018 г. Президиумом Совета по стратегическому развитию и нацпроектам утвержден Национальный проект «Экология», в состав которого входит проект «Внедрение НДТ» (Паспорт национального проекта «Экология»...). В качестве основной задачи и целевого показателя этого Проекта регламентирован поэтапный переход объектов I категории к системе регулирования по НДТ. В период 2019–2022 гг. 300 предприятий из 12 отраслей экономики в 64 регионах РФ должны будут получить КЭР на основе НДТ, до конца 2024 г. – еще 6900 действующих предприятий, а также все вновь создаваемые объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду. В настоящее время идет процесс формирования системы оценки и экспертного сообщества НДТ, утверждаются и актуализируются информационно-технические справочники по НДТ.

Предпосылками перехода к циркулярной экономике в нашей стране можно считать утвержденные в 2018 г. «Стратегию развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» (Стратегия развития промышленности ...) и федеральные проекты «Чистая страна» и «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами» в составе нацпроекта «Экология». Благодаря им в России должен появиться новый сектор экономики, который позволит существенно снизить объемы захоронения промышленных и коммунальных отходов, вовлекая их во вторичный оборот, и тем самым уменьшить негативное воздействие на окружающую среду (Пахомова, Рихтер, Ветрова, 2017).

Таким образом, наиболее значимые изменения в экологическое законодательство ЕС были внесены в 1992 г. (концепция более чистого производства), 1996 г. (директива IPPC), 2002 г. (Шестая программа действий Сообщества в области окружающей

среды), 2010 г. (IED, план ЕС «20-20-20»), 2015 г. (План действий по развитию циклической экономики). В качестве ключевых периодов изменения законодательства в России следует выделить 1991, 2002 и 2014 гг. Целью современной централизованной экологической политики, как в странах ЕС, так и в России является снижение негативного воздействия на окружающую среду путем не только установления жестких экологических стандартов на выбросы и сбросы загрязняющих веществ, но главным образом за счет интенсивного стимулирования всех субъектов экономики к внедрению ресурсосберегающих и экологически чистых технологий. Основными инструментами экологической политики ЕС являются: нормирование уровня загрязнения окружающей среды, структурные сдвиги в экономике, внедрение НДТ, переход от сжигания ископаемого топлива к возобновляемым источникам энергии, экологические налоги, развитие систем экологического и энергетического менеджмента, система торговли квотами на выбросы парниковых газов.

***Влияние изменений экологической политики на уровень загрязнения окружающей среды.*** Гипотеза дальнейшего исследования состоит в предположении о том, что: 1. Существует взаимосвязь между изменениями в экологическом законодательстве и уровнем загрязнения окружающей среды; 2. Влияние изменений в законодательстве является положительным и способствует «зеленому» росту экономики. При этом, чтобы показать эффективность экологической политики, следует отслеживать изменения нагрузки на окружающую среду, вызванные именно природоохранными мерами, а не спадом производства или более низкими темпами экономического роста.

В качестве показателей загрязнения окружающей среды в данном разделе исследовались выбросы парниковых газов в расчете на единицу экономического результата (ВВП). Динамика выбросов парниковых газов (в CO<sub>2</sub> эквиваленте) в целом по ЕС за период 1995–2016 гг. демонстрирует положительные тенденции. В абсолютных показателях объем эмиссии сократился с 5386,7 до 4440,8 млн т, или на 17,6 %. Пиковые периоды изменения выбросов в большинстве своем совпадают с периодами значимых изменений экологической политики ЕС (рис. 4.1).



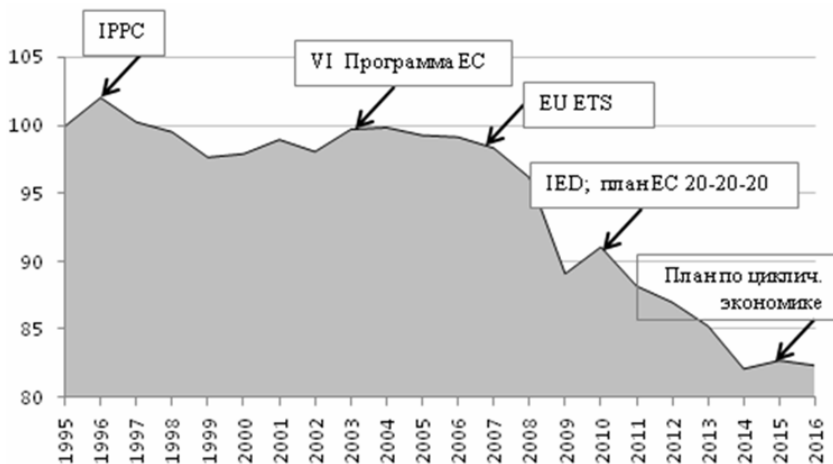


Рис. 4.1. Динамика выбросов парниковых газов в ЕС в 1995–2016 гг., % (1995 =100 %)

В целом для ЕС гипотеза о положительном влиянии изменений экологического законодательства на степень экологизации экономического развития подтверждается. Тем не менее следует отметить, что различные подходы к управлению охраной окружающей среды и природными ресурсами в государствах-членах ЕС показывают некоторую разнонаправленность вектора развития их экономик. Различия в значительной степени определяются в сфере налогообложения, инфраструктуры и развития инноваций (Domenech, Bahn-Walkowiak, 2019).

Ряд авторов ставит под сомнение возможность достижения поставленных в ЕС долгосрочных целей по сокращению эмиссии парниковых газов, особенно при сохранении прогнозируемых темпов роста экономики в 1,5–3 % ежегодно, утверждая, что между непрерывным экономическим ростом и защитой окружающей среды существует неизбежное противоречие (Victor, 2010; Naaranen, Tapiro, 2016; Jackson, 2009). Исследование П. Виктора показало, что в период 1966–2005 гг. более медленные темпы экономического роста в развитых странах соответствовали более значительному снижению интенсивности выбросов углекислого газа и сокращению энергоемкости (Victor, 2010).

По данным Европейского агентства по окружающей среде (Recent trends and projections...), в 2017 г. объем выбросов парниковых газов в ЕС вырос на 0,6 % по сравнению с 2016 г. и составил 4466 млн т., что ниже уровня 1990 на 21,9 %. Это значит, что текущие прогнозы по-прежнему указывают на то, что целевой показатель сокращения на 20 %, установленный на 2020 г., будет достигнут, но уже с меньшим преимуществом. Поскольку увеличение выбросов (на 0,6 %) в 2017 г. было не столь высоким, как рост ВВП (на 2,4 %), то интенсивность эмиссии парниковых газов в ЕС продолжала снижаться. Однако в разрезе отдельных стран прослеживается прямая зависимость между ростом экономики и объемом выбросов. Так, наибольшее увеличение эмиссии парниковых газов в 2017 г. наблюдалось на Мальте (на 13,1 % при росте ВВП на 6,6 %), в Эстонии (на 5,2 % при росте ВВП на 4,9 %), Португалии (на 6,5 % при росте ВВП на 2,7 %). Абсолютные объемы выбросов больше всего увеличились в Польше (+11,2 млн т) при росте экономики на 4,6 % и во Франции (+8,0 млн т) при росте ВВП на 1,8 %. В Польше наибольший рост выбросов наблюдался в транспортном секторе. Во Франции потребление ядерной энергии сократилось, а потребление угля сильно выросло. На Мальте увеличение произошло в основном за счет ввода в действие новой электростанции и сокращения импорта электроэнергии. В Португалии снижение производства гидроэлектроэнергии привело к более широкому использованию угля и газа. В Эстонии увеличение выбросов было обусловлено главным образом увеличением производства электроэнергии из горячего сланца и увеличением спроса на транспорт.

Снижение выбросов наблюдалось лишь в десяти странах ЕС. Наибольшее сокращение произошло в Великобритании (на 12,4 млн т) в связи с переходом на возобновляемые источники энергии. В Германии за счет вывода из эксплуатации угольных электростанций выбросы снизились на 4,7 млн т, однако в других секторах экономики наблюдалось увеличение выбросов, наиболее заметное – в промышленности и на транспорте.

В условиях нашей страны сложно говорить о влиянии изменений экологической политики на уровень загрязнения окружающей среды, поскольку основные реформы еще только

начинаются. Регламентированный переход на НДТ имеет ряд особенностей, которые могут снизить экологическую эффективность проводимых реформ. Например, при переходе на технологические нормативы общее количество нормативов качества окружающей среды снизилось с 2000 до 600, многие из них существенно выше ранее действующих значений и в десятки раз превышают нормативы, принятые в ЕС. Также в РФ не планируется разработка заключений по НДТ, которые в ЕС обязательны и содержат количественные показатели допустимого уровня загрязнения по каждому конкретному случаю. Кроме того, для включения в справочник по НДТ технология уже должна быть применена не менее чем на двух российских предприятиях. С одной стороны, этот подход позволяет учитывать в качестве НДТ доступные технологии. Но с другой стороны, появляется риск существенного отставания от технологического уровня развитых стран. Для большинства наших предприятий, чтобы вписаться в технологические нормативы, программа повышения экологической эффективности вполне может быть сведена к программе снижения уровня загрязнений «на конце трубы». Для того чтобы соответствовать международным стандартам, придется вновь и вновь возвращаться к процедуре актуализации справочников по НДТ. А предприятия в целях повышения своей конкурентоспособности вынуждены будут нести дополнительные расходы на новые технологии. В этих условиях НДТ следует рассматривать как переходный этап, а не цель. Это технологии, которые хорошо себя зарекомендовали и должны быть обязательно внедрены, а стремиться нужно к инновациям.

Оценка изменения вектора развития экономики стран ЕС и РФ с использованием модели «зеленого» роста представлена в разделе 5.

## ГЛАВА 5

### «ЗЕЛЕНАЯ» ЭКОНОМИКА И «ЗЕЛЕНый» РОСТ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ\*

В последние десятилетия во всем мире снижение темпов роста экономики, вызванное экономическими и финансовыми кризисами, сопровождается временным сокращением негативного воздействия на окружающую среду. Однако возвращение на путь динамичного экономического роста неуклонно ведет к усилению экологической нагрузки, причем зачастую превышающей уровни, зафиксированные до рецессии (Доклад об экологическом развитии Российской Федерации..., 2016; Шеломенцев, Дорошенко, 2018; Порфирьев, 2018; Дружинин, Шкиперова, 2012). Для решения этих проблем на конференции ООН «Рио + 20» в 2012 г. в Йоханнесбурге была предложена концепция «зеленой» экономики, которая воспринимается международными организациями, такими как Всемирный банк и Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП), как путь к устойчивости (Loiseau, 2016; Guoa, Qua, Wua, Wang, 2018). А «зеленый» рост стал рассматриваться как практический инструмент для достижения целей устойчивого развития (Kasztelan, 2017; Pitkanen, 2016). Сосуществование концепций «зеленой» экономики, «зеленого» роста и устойчивого развития представляется вполне оправданным из-за взаимодополняющего и синергетического характера взаимосвязей между ними (Loiseau, 2016).

Согласно определению, сформулированному ЮНЕП, «зеленая» экономика – это экономика, которая приводит к улучшению благосостояния людей и социальной справедливости, одновременно значительно снижая экологические риски и истощение природных ресурсов (Towards a GREEN economy..., 2011). В свою очередь, «зеленый» рост – это модель, направленная на стимулирование

---

\* Раздел подготовлен в рамках государственного задания КарНЦ РАН № 0218-2019-0089.

инвестиций и инноваций, которые будут способствовать устойчивому развитию, и предоставят новые экономические возможности (Loiseau, 2016; Modelling Global Green..., 2011).

В докладе ЮНЕП представлены пять сценариев развития мировой экономики в зависимости от изменения объема и распределения инвестиций. Согласно наиболее радикальному сценарию (G2) ежегодные инвестиции в сферу «зеленой» экономики должны составлять не менее 2 % мирового ВВП, что позволит снизить к 2050 г. интенсивность выбросов парниковых газов в 4,4 раза и обеспечит рост энергоэффективности в 2,5 раза (Modelling Global Green..., 2011; Luukkanen, 2019; Victor, Jackson, 2012).

В национальном масштабе многие страны разрабатывают стратегии и программы в области «зеленой» экономики. Например, Южная Корея еще в 2009 г. объявила о пятилетнем плане ежегодных инвестиций в размере 2 % ВВП в сферу «зеленого» роста. В Китае в 2011–2015 гг. также был реализован план инвестирования в ключевые сектора «зеленой» экономики – возобновляемую энергетику и «зеленые» технологии (Loiseau E., 2016). В Европейском Союзе (ЕС) ряд мер, связанных с концепцией «зеленой» экономики, интегрирован в стратегические документы, такие как Европа 2020 и Дорожная карта ресурсоэффективности (Mazza, ten Brink, 2012). В России в рамках перехода к «зеленой» экономике в 2018 г. были приняты «Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» и национальный проект «Экология», ключевыми направлениями которых стали разработка и внедрение технологий по переработке отходов и переход на принципы технологического нормирования на основе НДТ.

Многочисленные современные зарубежные исследования направлены на выявление и оценку факторов, способствующих или препятствующих переходу к «зеленой» экономике (He, Zhang, 2019; Pashle, 2016; Sandberg, 2019). Это обусловлено наличием достаточно длительного периода для анализа и большого количества практических примеров по внедрению «зеленой» экономики в развитых странах. В большинстве работ в качестве факторов влияния обычно рассматриваются экономические, рыночные

и технологические факторы, подчеркивается высокая роль политики и регулирования, а также необходимость своевременной и надежной оценки ожиданий и последствий воздействия.

В России пока такого опыта недостаточно, этап перехода к «зеленой» экономике только начинается. Наибольшую значимость на данном этапе приобретает оценка текущей ситуации, возможностей и перспектив перехода к «зеленой» экономике не только на национальном, но и на региональном уровне. Как правило, оценка и прогноз темпов «зеленого» роста на мировом и национальном уровнях строятся на основе глобальных моделей и средних темпов роста экономических и экологических показателей, т. е. без учета региональной дифференциации. Однако объемы загрязнений окружающей среды (выбросов, сбросов, образования отходов) растут разными темпами в разных регионах и странах. Поэтому оценки глобальных и национальных выбросов существенно отличаются от оценок, полученных при суммировании показателей по отдельным странам и регионам (Victor, Jackson, 2012; Yi, Liu, 2015). В ряде работ зарубежных авторов доказано, что выводы о «зеленом» росте, основанные на глобальных моделях, по меньшей мере, преждевременны (Victor, Jackson, 2012; Victor, 2012; Domenech, Bahn-Walkowiak, 2019; Geissdoerfer и др., 2017).

Оценка изменений эколого-экономических процессов, как правило, проводится путем сопоставления динамики основных экономических показателей и показателей загрязнения окружающей среды. Однако следует отметить, что простое снижение абсолютных показателей негативного воздействия на окружающую среду (выбросов, сбросов и образования отходов) не является индикатором улучшения экологической ситуации и «зеленого» роста экономики (Дружинин, Шкиперова, 2012). Эти показатели не признаны и не применяются на международном уровне для оценки и сравнительного анализа экологизации экономического развития. Хотя в нашей стране абсолютные показатели загрязнения окружающей среды, ввиду своей простоты и доступности, чрезвычайно распространены не только в разного рода отчетных и стратегических документах, но и при принятии управленческих решений в сфере природопользования.

Снижение негативного воздействия на окружающую среду возможно только в том случае, когда темпы экономического роста ниже темпов сокращения интенсивности загрязнения (Victor, 2010; Глазырина, Забелина, 2016; Шкиперова, 2019). В связи с этим наиболее показательной является оценка индикаторов экоинтенсивности. Стоимостные показатели экоинтенсивности определяют степень загрязнения окружающей среды в расчете на единицу экономического результата. В качестве экономических показателей могут использоваться ВВП или валовой региональный продукт (ВРП), объем отгруженной продукции, объем налоговых поступлений в бюджет, фонд заработной платы и другие показатели благосостояния. Также немаловажное значение имеют и часто используются при международных сравнениях социально-экологические индикаторы загрязнения окружающей среды, которые определяются в расчете на душу населения (натуральные показатели экоинтенсивности). Они позволяют дать оценку экологического обеспечения проживания на данной территории (Глазырина, Забелина, 2016).

При исследовании вектора развития экономики в контексте «зеленого» роста одним из наиболее значимых факторов становится технологический уровень, который в большинстве моделей определяется стоимостными или натуральными показателями экоинтенсивности. Так, в моделях IPAT и STIRPAT в качестве технологического фактора используются удельные показатели загрязнения окружающей среды в расчете на единицу экономического результата, чаще всего ВВП/ВРП (York, Rosa, 2003). Учитывая повышенный интерес к проблемам изменения климата и роста энергоэффективности производств, в работах зарубежных авторов экологическая нагрузка чаще оценивается показателями эмиссии парниковых газов и энергоемкости. Недостаточное внимание уделяется другим видам загрязнения окружающей среды. Натуральные показатели экоинтенсивности рассчитываются как отношение объема выбросов (сбросов или отходов) на единицу произведенной продукции в натуральном выражении, применяются для оценки эколого-экономического развития в отраслевом разрезе. Еще одним общепризнанным и распространенным индикатором «зеленого» роста экономики является эффект декарпинга, отражающий расхождение темпов роста экономики и уровня загрязнения окру-

жающей среды (Decoupling Natural...,2011). Проявление эффекта декарпинга свидетельствует о движении в сторону «зеленого» роста экономики, но является слабым и недостаточно устойчивым показателем (Забелина, 2019).

В зарубежных исследованиях последних лет для оценки вектора развития экономики довольно часто используется модель «зеленого» роста П. Виктора, которая позволяет в динамике оценить изменения в уровне экологизации экономики с помощью удельных показателей загрязнения окружающей среды, отличается простотой, наглядностью и доступностью данных (Victor, 2010; Naaranen, Tapio, 2016; Jackson, 2009). Для выявления экологичности экономического развития П. Виктор графически исследовал взаимосвязь темпов роста ВВП и показателей интенсивности загрязнения окружающей среды парниковыми газами и выделил зоны, соответствующие «зеленому» (Green growth), «коричневому» (Brown growth) и «черному» (Black growth) росту экономики (Victor, 2010; Victor, 2015). Общая схема модели представлена на рисунке 5.1.

В основе модели лежит график зависимости показателей, отражающих экономические результаты (ER) – ВВП, ВРП, доходы бюджета, фонд заработной платы и др., и показателей экологической интенсивности (EI) – удельные выбросы, сбросы, отходы и др., который, как правило, строится в виде точечной диаграммы.

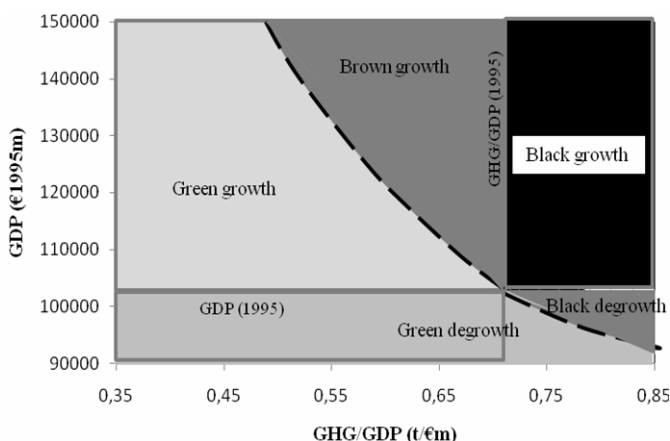


Рис. 5.1. Модель «зеленого» роста П. Виктора (Victor, 2010)



Для определения вектора развития экономики график дополняется двумя осями, которые соответствуют показателям начала исследуемого периода, – GDP(1995) и GHG/GDP(1995) на рис. 5.1, и кривой (выделена пунктиром), при построении которой соблюдается условие  $EI*ER=const$ . Любая комбинация ER и EI вдоль этой кривой соответствует экологической нагрузке начала периода. Точки, расположенные ниже этой линии, определяют соотношения ER и EI, при которых интенсивность загрязнения окружающей среды ниже, чем в начале периода. И, наоборот, в точках, которые выше кривой, негативное воздействие больше.

Таким образом, характер эколого-экономической динамики или цвет экономического роста согласно модели П. Виктора, определяется отклонением показателей от их начальных значений (табл. 5.1). Распределение по зонам во многом зависит от выбора начала периода. Несомненным достоинством модели является также возможность ее использования не только для временного, но и для пространственного анализа (Шкиперова, Курило, Прокопьев, 2019).

Таблица 5.1

Определение направления экономического развития в модели П. Виктора (Victor, 2010)

Динамика экономического показателя	Динамика экологической интенсивности	Особенности взаимосвязи эколого-экономических показателей	Характеристика экономического развития
Рост	Снижение	Темпы роста экономики ниже темпов снижения интенсивности загрязнения	«Зеленый» рост (Green growth)
Рост	Снижение	Темпы экономического роста превышают темпы снижения интенсивности загрязнения	«Коричневый» рост (Brown growth)
Рост	Рост	Одновременный рост	«Черный» рост (Black growth)
Снижение	Рост	Интенсивность загрязнения продолжает расти при спаде экономики	«Черный» спад (Black degrowth)
Снижение	Рост/ Снижение	«Абсолютно зеленый» спад возможен только при одновременном снижении экономического результата и интенсивности загрязнения	«Зеленый» спад (Green degrowth)

**Оценка интенсивности выбросов парниковых газов в ЕС и РФ.** В данном исследовании рассматривался период 1995–2016 гг. Выбор периода обусловлен активным изменением европейского и российского законодательства в сфере охраны окружающей среды, начавшимся в 1990-х гг. В связи с этим предполагается, что в этот период под влиянием изменений институциональных факторов будет заметно изменение вектора развития экономики в сторону «зеленого» роста. Для расчетов использовались данные Евростата (Официальный сайт Евростата...), Росстата (Основные показатели охраны..., 2017; Регионы России, 2017), национального доклада о кадастре антропогенных выбросов (Национальный доклад..., 2017), находящиеся в открытом доступе.

Динамика интенсивности эмиссии парниковых газов ЕС демонстрирует практически полное попадание в зону «зеленого» роста (рис. 5.2).

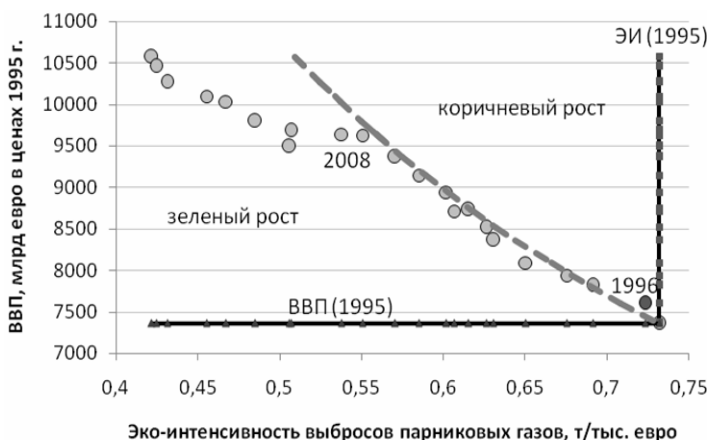


Рис. 5.2. Взаимосвязь интенсивности выбросов парниковых газов и ВВП ЕС в 1995–2016 гг.

Однако следует отметить, что значения показателей экоинтенсивности в период 1995–2007 гг. практически находятся на кривой (на графике выделена пунктиром), разделяющей зоны «зеленого» и «коричневого» роста экономики. Это означает, что темпы роста экономики в этот период превышали темпы снижения эмиссии

парниковых газов. В целом интенсивность выбросов за период снизилась лишь на 0,8 %. Такой результат объясняется разнонаправленностью вектора развития экономики в отдельных государствах-членах ЕС. Например, если в Германии наблюдается практически полное попадание в зону «зеленого» роста (2003–2016 гг.) или «зеленого» спада (1996–2002 гг.), то Финляндия, несмотря на всю благополучность эколого-экономической ситуации в стране, демонстрирует разнонаправленную динамику показателя интенсивности эмиссии парниковых газов. Изменение вектора развития экономики Финляндии в сторону устойчивого «зеленого» роста наблюдается только в 2011–2016 гг., начало периода соответствует зоне «черного» спада и «черного» роста (рис. 5.3). Германия же является одним из мировых лидеров не только в области возобновляемой энергетики, но и на рынке «зеленых» технологий. Значимые изменения в законодательство ЕС также вносились исходя из опыта их применения в таких странах как Германия, Швеция и Великобритания.

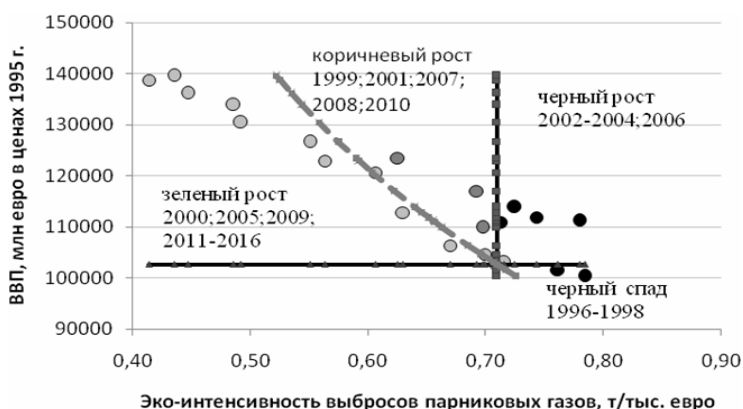


Рис. 5.3. Взаимосвязь интенсивности выбросов парниковых газов и ВВП Финляндии в 1995–2016 гг.

Анализ изменения эмиссии парниковых газов в России свидетельствует в целом о негативных тенденциях. Объем выбросов увеличился с 2144,9 млн т в 1995 г. до 2643,8 млн т в 2016 г., или на 20,3 %. Развитие экономики преимущественно соответствует области «коричневого» роста (рис. 5.4). Периоды снижения на-

грузки на окружающую среду совпадают с периодами спада в экономике. Интенсивность эмиссии парниковых газов имеет тенденцию к снижению, однако темпы роста экономики существенно выше темпов уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. В целом за период интенсивность выбросов сократилась на 35,7 % при росте ВВП (в ценах 1995 г.) на 87,0 %.

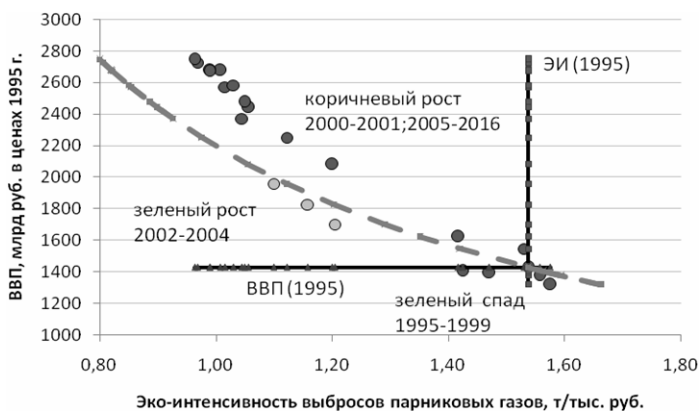


Рис. 5.4. Взаимосвязь интенсивности выбросов парниковых газов и ВВП России в 1995–2016 гг.

Результаты исследования по данным ЕС показали, что существует взаимосвязь между изменениями в экологическом законодательстве и уровнем загрязнения окружающей среды парниковыми газами. Влияние изменений в законодательстве является в целом положительным и способствует «зеленому» росту экономики. Изменения экологической политики в России проходят по такому же сценарию, как в странах ЕС, но с существенным отставанием во времени. Взаимосвязь между изменениями экологической политики и уровнем загрязнения окружающей среды не очевидна. Основными факторами, способствующими снижению негативного воздействия на окружающую среду в РФ в 1995–2016 гг., были спад в экономике и структурные сдвиги. Значимые реформы экологического законодательства в нашей стране находятся на этапе внедрения. Снижение интенсивности эмиссии парниковых газов в России обусловлено главным образом ростом экономических показателей

при практически неизменных показателях выбросов, что полностью соответствует зоне «коричневого» роста экономики. Наиболее значимыми для РФ являются изменения в экономической политике. В настоящее время экологизация экономики России возможна только при условии устойчивого экономического роста, который является единственным источником инвестиций для «зеленой» модернизации предприятий и их перехода на НДТ.

Результаты сравнительного анализа изменений вектора развития экономики свидетельствуют, что в государствах – членах ЕС, и в России, воздействие на окружающую среду на единицу ВВП уменьшается, но рост ВВП в целом увеличивает объемы эмиссии в абсолютном выражении. Поэтому при установлении целевых индикаторов снижения экологической нагрузки для обеспечения их достижимости наряду с технологическими усовершенствованиями необходимо учитывать и масштабы экономики.

***Экологическая интенсивность экономического развития регионов СЗФО.*** Выбор в качестве объекта исследования регионов Северо-Западного федерального округа (СЗФО) обусловлен тем, что для большинства из них проблема негативного воздействия экономики на окружающую среду становится все более актуальной. Показатели экологической интенсивности экономического развития по основным видам загрязнения существенно превышают среднероссийский уровень (Государственный доклад РФ, 2018). По объемам образования отходов Республика Карелия, Мурманская и Архангельская области входят в десятку самых загрязненных регионов России. Кроме того, СЗФО является единственным федеральным округом, имеющим границу с Европейским Союзом, где экологические стандарты существенно выше, чем в России. Фактор приграничности может оказывать существенное влияние на эколого-экономическое развитие крупных предприятий – загрязнителей окружающей среды.

В исследовании рассматривался период 2009–2017 гг. Выбор периода связан с начавшейся реформой природоохранного законодательства РФ в контексте концепции «зеленой» экономики и наличием полного набора показателей. Для расчетов использовались данные Росстата (Основные показатели охраны окружающей среды-2019; Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018)

и Государственного доклада о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации (Государственный доклад РФ, 2018). В качестве показателя экономического развития использовался ВРП в ценах 2009 г. Экологическая интенсивность рассчитывалась как отношение показателей загрязнения окружающей среды (выбросы от стационарных источников, сбросы загрязненных сточных вод, объемы образования отходов производства и потребления) к ВРП.

Распределение регионов СЗФО по интенсивности выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников относительно среднероссийского уровня в 2017 г. показывает, что четыре региона округа находились в зоне «черного» спада (рис. 5.5).



Рис. 5.5. Изменение экоинтенсивности выбросов в атмосферу в регионах СЗФО в 2017 г. относительно среднероссийского уровня 2009 г.

Наиболее неблагоприятная ситуация характерна для Вологодской области и Республики Коми: снижение экономических результатов на фоне существенного роста интенсивности выбросов в атмосферу. В зону абсолютно «зеленого» спада (снижение ВРП сопровождается уменьшением выбросов) традиционно попали регионы с наиболее низкими по округу показателями экологической нагрузки — Псковская, Новгородская и Калининградская области.

В Республике Карелия наблюдался незначительный рост абсолютных объемов выбросов (8,6 % к уровню 2009 г.), в результате экоинтенсивность снизилась на 1,6 %, что объясняет попадание региона в область «зеленого» спада. Перемещение г. Санкт-Петербурга в зону «зеленого» роста связано в первую очередь с высокими экономическими результатами относительно других регионов округа и среднероссийского уровня. Поскольку, рассматривая интенсивность загрязнения атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербурге в динамике, можно наблюдать абсолютно противоположную картину (рис. 5.6). Объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за 2009–2017 гг. вырос на 70,6 %, экоинтенсивность увеличилась на 34 % при росте ВРП на 27,4 % в ценах 2009 г., что полностью соответствует области «черного» роста.

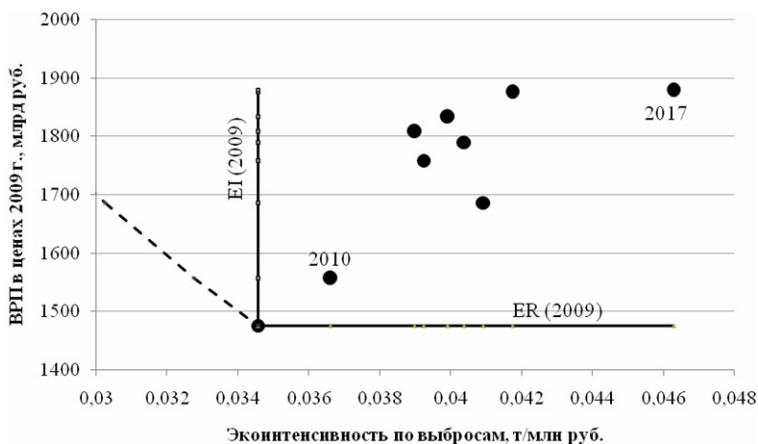


Рис. 5.6. Динамика ВРП и интенсивности выбросов в атмосферу от стационарных источников в г. Санкт-Петербурге за 2009–2017 гг.

Таким образом, мы видим, что анализ динамики эколого-экономического развития регионов дает более точные результаты, чем пространственный анализ показателей за один год. Региональные диспропорции больше выражены при использовании ненормированных показателей. В таблице 5.2 представлены результаты оценки динамики эколого-экономического развития регионов СЗФО за 2009–2017 годы.

Таблица 5.2.

Экологическая интенсивность и цвет экономического роста регионов  
СЗФО в 2009–2017 гг.

Регион	Экоинтенсивность		
	Выбросы в атмосферу от стационарных источников	Сбросы загрязненных сточных вод	Образование отходов производства и потребления
Республика Карелия	«Коричневый»	«Черный»	«Черный»
Республика Коми	«Черный»	«Черный»	«Черный»
Архангельская область	«Зеленый»	«Зеленый»	«Черный»
Вологодская область	«Коричневый»	«Коричневый»	«Коричневый»
Мурманская область	«Зеленый»	«Зеленый»	«Черный»
Калининградская область	«Зеленый»	«Коричневый»	«Черный»
Ленинградская область	«Коричневый»	«Зеленый»	«Черный»
Новгородская область	«Черный»	«Коричневый»	«Черный»
Псковская область	«Черный»	«Зеленый»	«Черный»
г. Санкт-Петербург	«Черный»	«Зеленый»	«Черный»
<i>РФ (справочно)</i>	«Зеленый»	«Зеленый»	«Черный»

По показателям загрязнения атмосферного воздуха наибольших успехов добилась Архангельская область, объем выбросов снизился на 41,1 %, в результате экоинтенсивность сократилась почти в два раза при росте ВРП в сопоставимых ценах на 14,7 %, что полностью соответствует зоне «зеленого» роста. Существенное снижение интенсивности выбросов в атмосферу также наблюдалось в Мурманской и Калининградской областях. Для Карелии, Вологодской и Ленинградской областей характерно превышение темпов роста экономики над темпами снижения экологической интенсивности по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу («коричневый» рост).

В зону «черного» роста по интенсивности загрязнения атмосферы кроме г. Санкт-Петербурга попали еще три региона



(табл. 5.2). В Республике Коми в целом за период наблюдается ухудшение ситуации. Спад в экономике региона начался еще в 2013 г., а существенное снижение интенсивности выбросов произошло лишь в 2017 г. В абсолютных показателях объем выбросов снизился в 2017 г. на 20,7 % по сравнению с 2016 г. и составил 451 тыс. т. Регион по-прежнему входит в десятку самых загрязненных в России, занимая седьмую позицию по объему выбросов в атмосферу от стационарных источников. В Новгородской области объем выбросов в целом за период увеличился на 41 %, экоинтенсивность возросла на 8,1 %. Наблюдаются негативные тенденции в изменении структуры выбросов: растут объемы эмиссии парниковых газов. В 2017 г. выбросы оксида углерода увеличились на 23,4 %, оксидов азота – на 39,2 %. Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят предприятия энергетики и производства минеральных удобрений. Объем выбросов от стационарных источников в Псковской области один из самых низких в СЗФО, но имеет тенденцию к росту. В 2017 г. всего было выброшено 35 тыс. т загрязняющих веществ, что на 69,1 % больше уровня 2009 г. На фоне низких темпов роста экономики в регионе интенсивность выбросов за рассматриваемый период увеличилась более чем на 50 %. В целом по СЗФО в качестве одной из положительных тенденций следует отметить, что самый высокий рост интенсивности выбросов наблюдался в регионах с низким уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

Более благополучная ситуация для всех регионов округа наблюдается в сфере водопользования. Увеличение сбросов наблюдалось только в Карелии, Коми и Вологодской области. В Республике Коми в 2017 г. объем сброса загрязненных сточных вод вырос в 2,4 раза преимущественно за счет предприятий энергетики и угледобычи (Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2017 году»). В результате экоинтенсивность по этому показателю также выросла. Наибольшее снижение (в 2,6 раза) сброса загрязненных сточных вод за период отмечается в Новгородской области. В остальных регионах ситуация стабильна, наблюдаются лишь незначительные отклонения от показателей начала периода.

Наиболее сложная ситуация сохраняется в сфере обращения с отходами производства и потребления. В абсолютных показателях по объему образования отходов традиционно «лидируют» горнопромышленные регионы – Мурманская область (213,1 млн т в 2017 г.) и Республика Карелия (139,7 млн т). Наибольший рост образования отходов за период наблюдался в Санкт-Петербурге (в 9,8 раза), Архангельской (в 7,9 раза) и Псковской (в 7,8 раза) областях. Темпы роста образования отходов существенно превышают темпы роста ВРП во всех регионах СЗФО (за исключением Вологодской области), что позволяет определять экономический рост как экстенсивный, соответствующий области «черного» роста.

Таким образом, результаты оценки выявили в целом низкий уровень экологизации экономического развития в регионах СЗФО по сравнению со среднероссийскими показателями. Для большинства регионов округа характерна разнонаправленная динамика показателей экоинтенсивности по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу и сбросу загрязненных сточных вод. По объемам образования отходов производства и потребления ситуация в целом схожа со среднероссийской, вектор развития экономики стабильно находится в области «черного» роста.

Существенные изменения эколого-экономической ситуации в сторону «зеленого» роста наблюдаются в Архангельской, Мурманской, Калининградской и Ленинградской областях. В немалой степени это связано с изменением структуры экономики, развитием высокотехнологичных производств, а также природоохранной деятельностью крупных компаний, составляющих не только основу экономики, но и являющихся основными загрязнителями окружающей среды этих регионов. Например, реконструкция действующего производства и закрытие старого Никелевого завода компании «Норникель» позволили снизить выбросы оксида серы в г. Норильске Мурманской области более чем на 30 %. В Архангельской области снижение негативного воздействия на окружающую среду во многом связано с переводом ряда котельных на биотопливо и прекращением деятельности Соломбальского ЦБК. Филиал АО «Группа «Илим» в г. Корьяжма благодаря природоохранным мероприятиям в 10 раз снизил количество сбрасываемых загрязняющих веществ в водоемы области. Архангельский ЦБК также реализует

масштабную программу по снижению негативного воздействия на окружающую среду и на протяжении нескольких лет является лидером по инвестициям в природоохранные мероприятия.

Устойчивые тенденции к постепенному улучшению эколого-экономической ситуации характерны также и для Вологодской области. Развитие региона по всем показателям экологической интенсивности соответствует области «коричневого» роста. Что можно расценивать как положительную тенденцию, поскольку в современных условиях только устойчивый экономический рост может быть источником инвестиций для «зеленой» модернизации предприятий – загрязнителей окружающей среды.

Выполненная оценка подтверждает, что более выраженные изменения в сторону «зеленого» роста наблюдаются в регионах расположения крупных компаний, работающих на международных рынках. Эти предприятия заинтересованы в снижении экологической нагрузки, и уже сегодня их производства в большинстве своем соответствуют технологическим нормативам, основанным на наилучших доступных технологиях. Растут объемы инвестиций, которые предприятия направляют в природоохранные мероприятия. В современных условиях главным инструментом «зеленой» экономики выступают модернизация оборудования и новые технологии, основанные на ресурсо- и энергосбережении, сокращении выбросов, сбросов и образования отходов.

Полученные результаты схожи с результатами зарубежных исследований, где также было показано, что лучшими перспективами «зеленого» роста обладают регионы, имеющие наиболее высокие экономические показатели, а наибольшее влияние на снижение уровня загрязнения окружающей среды оказывает технологический фактор. Как показывает зарубежный опыт, большую роль также играют такие часто не учитываемые факторы, как существующие в стране институты и экологическая эффективность реализуемой органами власти экономической политики. Последняя может существенно влиять на объем и результативность прямых инвестиций в природоохранную сферу. Задача стимулирования природоохранной деятельности путем разработки и реализации эффективной экологической политики также лежит на государственных органах власти.

## ГЛАВА 6

### РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ФУНКЦИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Временные ряды основных видов загрязнений РФ.* Методики оценки выбросов парниковых газов в РФ часто меняются, и данные за прошлые годы пересчитываются. Соответственно динамический ряд в настоящее время сильно отличается от имевших место пять или десять лет назад, поэтому оценки влияния основных факторов в данном случае могут носить только приближенный характер.

Анализ графиков позволил выделить три периода, как было указано в главе 3. Расчеты показали, что до 1997 г. на выбросы влияло только падение ВВП, влияние остальных факторов практически отсутствовало. Расчеты проводились за 1990–1997 гг. и за 1997–2017 гг. по предложенным функциям (5), (6) и (9) по данным РФ на ноябрь 2019 г. Проводились расчеты для динамики ВВП, инвестиций в новое строительство, в модернизацию и на охрану атмосферного воздуха, влияние инвестиций в новое строительство оказалась менее значимо, чем ВВП. В таблице 6.1 приведены результаты расчетов сплайн-функции (9) для ВВП РФ, кумулятивных инвестиций в модернизацию за три года и кумулятивных инвестиций в охрану атмосферного воздуха за три года за 1997–2017 гг. В результате расчетов величина однородности оказалась несколько больше, чем было получено в ходе предварительных исследований. Для парниковых газов отсутствует учет инвестиций и текущих затрат, связанных с уменьшением их выбросов в атмосферу.

*Таблица 6.1*

Результаты расчетов параметров функций (9) для РФ  
по выбросам парниковых газов

$\mu$	$\eta_2$	$\eta_3$	$v_2$	$v_3$	$\ln A$	$R^2$	$F$
0,578***	-0,186***	0	0	-0,146***	2,19***	0,98	335

\*\*\*  $p < 0.01$

Для получения более обоснованных и точных результатов ряды инвестиций были разбиты на два, 1997–2007 гг. и 2008–2017 гг. Статистические характеристики заметно улучшились. Рост ВВП на 1 % увеличивает выбросы парниковых газов на 0,58 %, рост кумулятивных инвестиций в модернизацию на 1 % в третьем периоде уменьшал выбросы парниковых газов на 0,15 %, рост инвестиций в охрану атмосферного воздуха на 1 % уменьшал выбросы во втором периоде на 0,19 %.

Для выбросов загрязняющих веществ в атмосферу получились немного иные результаты, поскольку с 2000 г. до 2004 г. происходил рост выбросов, затем они стабилизировались, и с 2008 г. началось их снижение. Соответственно, второй период закончился в 2004 г., а третий начался с 2005 г. В результате расчетов по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу было показано, что рост производства на 1 % ведет к росту выбросов на 0,55 %, рост кумулятивных инвестиций в модернизацию на 1 % в третьем периоде уменьшал выбросы на 0,2 %, рост кумулятивных инвестиций в охрану воздуха на 1 % ведет к уменьшению выбросов на 0,09 %, а структурные сдвиги в экономике ежегодно способствуют уменьшению выбросов на 2 % (табл. 6.2). Надо отметить большее влияние структурных сдвигов.

Таблица 6.2

Результаты расчетов параметров функций (9) для РФ по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу за 1997–2017 гг.

$\mu$	$\eta_3$	$\nu_3$	$p$	$\ln A$	$\Delta \ln A_2$	$R^2$	F
0,554***	-0,088	-0,198***	-0,02***	1,9***	1,11***	0,94	49,7

\*\*\*  $p < 0.01$

Анализ данных по загрязненным сточным водам в РФ показал, что второй период начинается в 2001 г., а заканчивается в 2009 г. В результате расчетов получили, что рост производства на 1 % ведет к росту сбросов на 0,28 %, рост кумулятивных инвестиций в модернизацию на 1 % в третьем периоде уменьшал выбросы на 0,23 %, рост кумулятивных водоохранных инвестиций во втором периоде на 1 % ведет к уменьшению сбросов на 0,26 %, а структурные сдвиги в экономике и модернизация производства еже-

годно способствуют уменьшению сбросов на 2.1 % (табл. 6.3). Рост производства меньше влияет на рост сбросов и значительно больше влияют природоохранные инвестиции, чем для выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Таблица 6.3

Результаты расчетов параметров функций (9) для РФ по сбросам загрязненных сточных вод за 2001–2017 гг.

$\mu$	$\eta_2$	$v_3$	$p$	$\ln A$	$R^2$	F
0,282*	0,261***	0,233***	-0,021***	4,07***	0,98	148,2

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.1$

Сильные колебания данных по отходам привели к достаточно низким статистическим характеристикам (табл. 6.4). Расчеты для токсичных отходов показали, что рост производства на 1 % ведет к росту объема отходов на 2,3 %, рост кумулятивных инвестиций в модернизацию на 1 % ведет к уменьшению объема отходов на 0,86 %, а структурные сдвиги в экономике ежегодно способствуют уменьшению объема отходов на 3 %. Влияние природоохранных инвестиций оказалось незначимо (коэффициент Стьюдента – 0,2), данные по инвестициям на охрану окружающей среды от загрязнения отходами производства и потребления имеются лишь за последние годы. Зависимость отходов производства и потребления 1–4 классов опасности (токсичные отходы ранее) и инвестиций на охрану окружающей среды от загрязнения отходами производства и потребления несколько слабее. В большей степени это вызвано значительными колебаниями объемов отходов, в отдельные годы они увеличиваются на 15–25 %, а затем резко падают, возвращаясь через год

Таблица 6.4

Результаты расчетов параметров функций (5) для РФ по токсичным отходам за 1994–2017 гг.

$\mu$	$v$	$p$	$\ln A$	$R^2$	F
2,25***	0,863***	-0,033***	-2,38***	0,82	30,0

\*\*\*  $p < 0.01$

к прежнему уровню. Поэтому даже при небольшом сглаживании зависимость проявляется ярче и статистические характеристики заметно улучшаются. Если взять кумулятивные инвестиции за шесть лет, то при лаге в два года коэффициент корреляции  $R = -0,31$ , а при сглаживании он возрастает до  $R = -0,45$ .

Природоохранные инвестиции влияют на изменение динамики загрязнений, и данный показатель можно использовать при моделировании эколого-экономических процессов. Но надо проводить тщательный анализ данных, вводить ограничения при идентификации модели, чтобы она не противоречила здравому смыслу. Поскольку вблизи максимальных значений коэффициента корреляции разница при изменении лага на 1–2 года невелика, различия могут объясняться другими факторами, поэтому при расчетах по модели (5) необходимо рассматривать несколько вариантов.

**Сравнение результатов расчетов по данным ФСГС и Росгидромета.** Анализировалась возможность использовать предложенные модели для оценки влияния развития экономики на данных Росгидромета. По данным РФ за 2000–2017 гг. были проведены расчеты по формуле (5) по оценке влияния развития экономики и экологической политики на выбросы в атмосферу оксида углерода и твердых веществ и на среднюю концентрацию в атмосфере оксида углерода и взвешенных веществ. Анализ графиков показателей позволил сделать предположения о лаге природоохранных инвестиций и сделать предварительный выбор вида зависимости.

В таблице 6.5 приведены результаты расчетов функций загрязнения для средней концентрации оксида углерода. Исследовалось влияние динамики ВВП, кумулятивных инвестиций в охрану ат-

Таблица 6.5

Результаты расчетов параметров функций (5) для РФ по средней концентрации CO

	$\mu$	$\eta$	$\rho$	$A_1$	$R^2$	F
2001–2016 гг.	0,391 ***	-0,179***	-0,03***	6,62***	0,96	98,9

\*\*\*  $p < 0.01$

мошферного воздуха за 3 года и нейтрального экологического прогресса, отражающего структурные сдвиги в экономике. ВВП РФ вырос за этот период примерно на 2/3, кумулятивные инвестиции в охрану атмосферного воздуха – примерно на 10 %, а средняя концентрация оксида углерода уменьшилась почти на 10 %, что обеспечили структурные сдвиги и модернизация предприятий (за счет нейтрального экологического прогресса концентрация ежегодно уменьшалась на 3 %). Расчеты сплайн-функций показали стабильность полученных параметров, также было отмечено, что темп нейтрального экологического прогресса несколько уменьшается в 2010-х годах.

Рост производства на 1 % ведет к росту концентрации оксида углерода на 0.39 %, рост кумулятивных инвестиций в охрану воздуха на 1 % ведет к уменьшению концентрации на 0.18 %, а структурные сдвиги в экономике и модернизация производства ежегодно способствуют уменьшению концентрации на 3 %.

В таблице 6.6 приведены результаты расчетов функций загрязнения для выбросов в атмосферу оксида углерода по данным ФСГС. Исследовалось влияние динамики ВВП, кумулятивных инвестиций в охрану атмосферного воздуха за 3 года и нейтрального экологического прогресса, отражающего структурные сдвиги в экономике. Статистические характеристики оказались несколько хуже, чем для средней концентрации, поскольку влияние инвестиций в охрану атмосферного воздуха оказалось незначимым. Рост производства на 1 % ведет к росту выбросов оксида углерода на 0.49 %, а структурные сдвиги в экономике и модернизация производства ежегодно способствуют уменьшению выбросов на 1,1 % с 2006 г. Полученные параметры по двум наборам данных существенно различаются.

Таблица 6.6

Результаты расчетов параметров функций (5)  
для РФ по выбросам CO

	$\mu$	$\eta$	$p$	$A_I$	$R^2$	F
2000–2017 гг.	0,490 ***	0	-0,0115***	7,42***	0,79	12,5

\*\*\*  $p < 0.01$



В таблице 6.7 приведены результаты расчетов функций загрязнения для средней концентрации взвешенных веществ. Исследовалось влияние динамики ВВП, кумулятивных инвестиций в охрану атмосферного воздуха за 3 года и нейтрального экологического прогресса, отражающего структурные сдвиги в экономике. Значимость влияния инвестиций в охрану атмосферного воздуха оказалась невелика. Рост производства на 1 % ведет к росту концентрации взвешенных веществ на 0.37 %, рост кумулятивных инвестиций в охрану воздуха на 1 % ведет к уменьшению концентрации на 0.01 %, а структурные сдвиги в экономике и модернизация производства ежегодно способствуют уменьшению концентрации на 2,3 %.

Таблица 6.7

Результаты расчетов параметров функций (5) для РФ  
по средней концентрации взвешенных веществ

	$\mu$	$\eta$	$p$	$A_I$	$R^2$	F
2001–2016 гг.	0,367 ***	–0,009*	–0,023***	3,18***	0,75	11,7

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.1$

В таблице 6.8 приведены результаты расчетов функций загрязнения для выбросов в атмосферу твердых веществ. Исследовалось влияние динамики ВВП, кумулятивных инвестиций в охрану атмосферного воздуха за 3 года и нейтрального экологического прогресса, отражающего структурные сдвиги в экономике. Значимость влияния инвестиций в охрану атмосферного воздуха оказалась невелика. Рост производства на 1 % ведет к росту выбросов в атмосферу твердых веществ на 0.67 %, рост кумулятивных инвестиций в охрану воздуха на 1 % ведет к уменьшению выбросов на 0.01 %, а структурные сдвиги в экономике и модернизация

Таблица 6.8

Результаты расчетов параметров функций (5) для РФ  
по выбросам твердых веществ

	$\mu$	$\eta$	$p$	$A_I$	$R^2$	F
2000–2017 гг.	0,668 ***	–0,006*	–0,055***	2,07***	0,99	411

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.1$

производства ежегодно способствуют уменьшению выбросов на 5,5 %. Полученные параметры по двум наборам данных различаются, хотя и меньше, чем в первом случае.

Расчеты по двухфакторным функциям для оксида углерода и твердых веществ показали, что влияние природоохранных инвестиций по данным веществам не может объяснить реальное уменьшение воздействия на окружающую среду. Экономический рост, как правило, приводит к ухудшению экологических характеристик, которое не могут компенсировать природоохранные инвестиции, основное влияние оказывают модернизация производства и структурные сдвиги.

**Результаты расчетов по региональным данным.** По пространственным данным (кросс-секшн) расчеты проводились по 80 регионам РФ за отдельные годы. По предложенным функциям были проведены расчеты по данным Республики Карелия, других регионов СЗФО и РФ по трем видам загрязнений (выбросы в атмосферу, сбросы сточных вод, отходы). По данным Республики Карелия также были проведены расчеты по отдельным видам деятельности по некоторым видам загрязнений (выбросы в атмосферу, сбросы сточных вод, отходы) для оценки влияния структурных сдвигов.

Проведенные за 2015 г. расчеты по российским регионам показали, что для оценки влияния развития экономики на уровень выбросов загрязняющих веществ в атмосферу значимы оказались следующие факторы – ВРП и доля промышленности в ВРП. Статистические характеристики достаточно хорошие –  $R^2 = 0.71$  (таб. 6.9). Но в данном случае невозможно учесть влияние природоохранной деятельности, влияние инвестиций связано с уровнем загрязнений.

Таблица 6.9

Результаты расчетов параметров зависимости от ВРП и доли промышленности в ВРП для выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за 2015 г.

	$A$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$R^2$	$F$	$p$
82 российских региона	0.0001***	0.702***	1.538***	0,708	95.8	0,0000

\*\*\*  $p < 0.01$

Для учета влияния природоохранной деятельности по регионам необходимо использовать панельные данные из-за значительных лагов инвестиционной деятельности. При оценке изменения уровня загрязнений к прошлому году значимость уравнений оказалась низкой, регионы слишком сильно различаются по структуре экономики и как следствие по уровню загрязнений. Расчеты отдельно по федеральным округам повысили значимость результатов и показали, что природоохранные инвестиции положительно влияют на динамику загрязнений, но значимость уравнений также оказалась невысокой. Поэтому необходимо выделять группы регионов с учетом структуры экономики. Также увеличение периода для расчетов привело к росту значимости уравнений. Для более точных результатов следует рассматривать более длительные периоды для панельных данных – с 1999 г. до 2017 г., в этом случае получаются значимые результаты. Значимыми факторами оказались ВРП и природоохранные инвестиции, значимость доли промышленности оказалась низкой.

Расчеты по формуле (13) для выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на единицу ВРП по 80 регионам за 2015 г. показали, что наибольшее влияние оказывают доля металлургии и доля других трех загрязняющих отраслей (производство бумаги, химическая промышленность и добыча полезных ископаемых), влияние других факторов оказалось незначимым (таб. 6.10).

Таблица 6.10

Результаты расчетов параметров зависимости  
для выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на единицу ВРП

	$A$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$R^2$	$F$	$p$
80 регионов за 2015 г.	0,094***	0,033***	0,009***	0,49	37,6	0,0000

\*\*\*  $p < 0.01$

Существенно лучше оказались статистические характеристики при расчетах по мультипликативной функции. Расчеты по формуле (13) для выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по 80 регионам за 2017 г. показали, что наибольшее влияние оказывают ВРП, доля добычи полезных ископаемых и доля металлургии,

влияние других факторов оказалось незначимым (таб. 6.11). При росте ВРП на 1 % выбросы увеличиваются на 0,89 %, при росте доли добычи полезных ископаемых в ВРП на 1 % выбросы увеличиваются на 0,07 %, при росте доли металлургии в ВРП на 1 % выбросы увеличиваются на 0,12 %.

Таблица 6.11

Результаты расчетов параметров зависимости (13)  
для выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

	$\ln A$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$R^2$	$F$	$p$
80 регионов за 2017 г.	0,893***	0,744***	0,07***	0,122***	0,88	186,4	0,0000

\*\*\*  $p < 0.01$

Разброс данных по сбросам загрязненных сточных вод немного больше и статистические характеристики полученных уравнений оказались хуже, особенно выпадают из общей тенденции данные по Чеченской республике. Расчеты по формуле (13) по 80 регионам за 2017 г. показали, что наибольшее влияние оказывают ВРП, доля городского населения и доля металлургии, влияние других факторов оказалось незначимым (таб. 6.12). При росте ВРП на 1 % сбросы увеличиваются на 0,71 %, при росте доли городского населения на 1 % сбросы увеличиваются на 2,56 %, при росте доли металлургии в ВРП на 1 % сбросы увеличиваются на 0,16 %.

Таблица 6.12

Результаты расчетов параметров зависимости (13)  
для сбросов загрязненных сточных вод

	$\ln A$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$R^2$	$F$	$p$
80 регионов за 2017 г.	-10,89***	0,708***	2,56***	0,159***	0,69	57,6	0,0000

\*\*\*  $p < 0.01$

Еще более низкими оказались статистические характеристики для объемов отходов производства и потребления, очень большая разница между регионами, экономика которых основана на добыче полезных ископаемых, и регионами, в которых доля добывающего сектора невелика. Отходы, которые получают при добыче

полезных ископаемых, намного превосходят объемы опасных отходов, которые образуются во всех регионах. Более интересные результаты можно будет получить, если появится доступ к данным по опасным отходам. Расчеты по формуле (13) по 80 регионам за 2017 г. показали, что наибольшее влияние оказывают доля добычи полезных ископаемых и доля экспорта в ВРП, влияние других факторов оказалось незначимым (таб. 6.13). При росте доли добычи полезных ископаемых на 1 % объем отходов увеличивается на 0,32 %, при росте доли экспорта в ВРП на 1 % объем отходов увеличивается на 0,6 %. Показатель, связанный с экспортом, оказался значим, что связано с тем, что значительная часть российского экспорта — это продукция отраслей, отрицательно воздействующих на окружающую среду.

Таблица 6.13

Результаты расчетов параметров зависимости (1)  
для отходов производства и потребления

	$\ln A$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$R^2$	$F$	$p$
80 регионов за 2017 г.	-2,28***	0,317***	0,600***	0,53	43,9	0,0000

\*\*\*  $p < 0.01$

Статистические характеристики оказались невысокими, структура экономики регионов сильно различается, поэтому более точные результаты получатся, если группировать регионы.

**Сравнение результатов расчетов по РФ и другим странам.** Для различных загрязняющих веществ проводились расчеты по РФ, ЕС и Финляндии по формулам (5), (6) и (9). Детальные результаты приводятся в статье в журнале «Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз». Расчеты проводились также и для отношения экологических показателей к ВВП. Для ЕС, например, было получено, что снижение выбросов аммиака до кризиса 2008 г. было связано с уменьшением доли промышленности, ростом инвестиций в машины и оборудование и расходами на охрану окружающей среды, а после только с природоохранными расходами. Для выбросов оксидов азота до кризиса 2008 г. снижение выбросов было связано с общими инвестициями в экономику, а после определяющее влияние оказывали инвестиции в машины

и оборудование и природоохранные расходы. Для РФ снижение выбросов оксидов азота было связано с инвестициями в машины и оборудование и структурными сдвигами в экономике. В Финляндии снижение выбросов оксидов азота было связано до кризиса со снижением доли промышленности и инвестициями в машины и оборудование, а после – с природоохранными инвестициями.

В формуле (6) в качестве зависимого показателя рассматривается отношение выбросов  $SO_2$  к ВВП. В ходе анализа влияния факторов на динамику выбросов в РФ рассматривались следующие факторы – динамика инвестиций в основной капитал, инвестиций в новое строительство, инвестиций в модернизацию, инвестиций на охрану атмосферного воздуха, инвестиций в машины и оборудование и доли промышленности в ВВП. Часть факторов оказалась незначимой, и в результате осталось влияние структурных сдвигов в экономике (нейтрального экологического прогресса) и три фактора, влияние которых существенно (табл. 6.14).

Таблица 6.14

Результаты расчетов параметров функций (6)  
для соотношения выбросов  $SO_2$  к ВВП в РФ

период	$\mu$	$\eta$	$\nu$	$p$	$\ln A$	$R^2$	$F$
1998–2017 гг.	0,148***	0,151***	-0,316***	-0,03***	66,9***	0,998	1664

\*\*\*  $p < 0.01$

Рост доли промышленности в ВВП РФ на 1 % вел к увеличению соотношения выбросов  $SO_2$  и ВВП на 0,15 %, рост кумулятивных инвестиций в охрану атмосферного воздуха на 1 % вел к снижению соотношения выбросов  $SO_2$  и ВВП на 0,15 %, рост инвестиций в машины и оборудование на 1 % приводил к уменьшению соотношения выбросов  $SO_2$  и ВВП на 0,32 %, структурные сдвиги уменьшали соотношение на 3 % ежегодно. Фактически развитие экономики с конца 1990-х годов осуществлялось на новой технологической основе, происходила модернизация действующих предприятий, которая приводила к снижению воздействия на окружающую среду. Новые предприятия строились на основе современных технологий, структура экономики смещалась в сторону сферы услуг.

В таблице 6.15 представлены результаты расчетов по РФ для соотношения сбросов азота и ВВП. Данный показатель более стабилен и соответственно при расчетах были получены достаточно хорошие статистические характеристики. В ходе анализа рассматривались следующие факторы – динамика инвестиций в основной капитал, инвестиций в новое строительство, инвестиций в модернизацию, водоохранных инвестиций, инвестиций в машины и оборудование, доли промышленности в ВВП и численности населения. Значимы оказались только инвестиции в машины и оборудование и водоохранные инвестиции, также влияние структурных сдвигов, которое учитывается через нейтральный экологический прогресс. Надо отметить, что значимость водоохранных инвестиций существенно меньше, чем других факторов.

Таблица 6.15

Результаты расчетов параметров функций (6)  
для РФ по соотношению сбросов азота к ВВП

Период	$\eta$	$\nu$	$p$	$\ln A$	$R^2$	$F$
1998–2016 гг.	-0,174***	-0,326***	-0,034***	74,2***	0,93	61,9

\*\*\*  $p < 0.01$

В результате расчетов по функции (6) было получено, что рост кумулятивных водоохранных инвестиций на 1 % вел к снижению соотношения сбросов азота и ВВП на 0,17 %, рост инвестиций в машины и оборудование на 1 % приводил к уменьшению соотношения сбросов азота и ВВП на 0,33 %, структурные сдвиги уменьшали соотношение на 3,4 % ежегодно. Можно сказать, что снижение сбросов азота в РФ объясняется в первую очередь ростом вложений в машины и оборудование, а значит, модернизацией экономики, а также изменением структуры экономики.

В Финляндии выбросы  $SO_2$  быстро снижались (за 1990–2016 гг. в 6,5 раз), и уменьшалось соотношение выбросов  $SO_2$  к ВВП. В ходе анализа влияния факторов на динамику выбросов рассматривались следующие факторы – динамика промышленного производства, инвестиций в экономику, инвестиций на охрану атмосферного воздуха, инвестиций в машины и оборудование и доли промышленности в ВВП.

Часть факторов оказалась незначимой, тенденции показателей сильно изменились с 2008 г., и возникла необходимость использовать сплайн-функцию. Были выделены докризисный период (1996–2008 гг.) и послекризисный период (2009–2015 гг.), в первом периоде в качестве фактора, отражающего модернизацию экономики, рассматривалась динамика инвестиций в экономику, во втором – динамика инвестиций в машины и оборудование (табл. 6.16).

Таблица 6.16

Результаты расчетов параметров функций (6)  
для соотношения выбросов SO<sub>2</sub> к ВВП в Финляндии

	$\mu$	$\eta$	$v_1$	$v_2$	$\ln A$	$R^2$	$F$
1996–2015 гг.	2,346	0,388	-1,076	-1,068	2,16	0,91	37,4

\*\*\*  $p < 0.01$

Расчеты показали, что рост доли промышленности в ВВП на 1 % вел к увеличению соотношения выбросов SO<sub>2</sub> и ВВП на 2,35 %, рост кумулятивных инвестиций в охрану атмосферного воздуха на 1 % вел к снижению соотношения выбросов SO<sub>2</sub> и ВВП на 0,39 %, в первом периоде рост инвестиций в экономику на 1 % приводил к уменьшению соотношения выбросов SO<sub>2</sub> и ВВП на 1,08 %, во втором периоде рост инвестиций в машины и оборудование на 1 % приводил к уменьшению соотношения выбросов SO<sub>2</sub> и ВВП на 1,07 %.

Поскольку примерно три четверти сбросов азота в Финляндии приходится на муниципалитеты, то в качестве дополнительного показателя рассматривается динамика численности населения. Большинство факторов оказались незначимыми, тенденции показателей немного изменились в 2002–2003 гг., поэтому проводились расчеты сплайн-функции с выделением точки перегиба в 2002–2003 гг. Расчеты показали, что изменение параметров на двух периодах незначительно и можно проводить расчеты по всем данным. В итоге оказалось, что значимыми факторами являются численность населения, кумулятивные инвестиции в машины и оборудование, и нейтральный экологический прогресс, отражающий структурные сдвиги (табл. 6.17).



Таблица 6.17

Результаты расчетов параметров функций (6) Финляндии  
по сбросам азота

	$\mu$	$\eta$	$\nu$	$\rho$	$\ln A$	$R^2$	$F$
1994–2014 гг.	5,17	0	-0,194	-0,028	-13,28	0,94	96,1

\*\*\*  $p < 0.01$

Расчеты по формуле (6) показали, что рост численности населения на 1 % вел к увеличению сбросов азота на 5,17 %, рост кумулятивных инвестиций в машины и оборудование на 1 % приводил к уменьшению сбросов на 0,19 %, структурные сдвиги уменьшали сбросы азота на 2,8 % ежегодно. Влияние кумулятивных водоохранных инвестиций оказалось незначимо, что, видимо, связано с тем, что доля производственных загрязнений невелика.

В итоге надо отметить, что динамика экологических показателей в РФ и Финляндии близка, хотя уровень загрязнений на единицу ВВП сильно различается. Факторы, определяющие динамику загрязнений, почти совпадают, но степень их влияния заметно отличается.

Также проводился сравнительный анализ данных и результатов расчетов по РФ и Кыргызстану, который показал, что имеется много общего, существенно больше, чем казалось до начала расчетов, и есть заметные различия (Шкиперова, Курило, Дружинин, 2015).

*Различная устойчивость тенденций изменения данных.* В РФ более стабильные методики сбора и обработки статистической информации. Также в РФ ошибки достаточно редки, даже по региональным данным необъяснимые выбросы по экологическим показателям единичны за последние 20 лет. Причем, скорее всего, замеченные неточности были связаны с ошибками в единицах измерения. В Кыргызстане более часто встречаются выбросы, связанные и с ошибками в первичной отчетности (например, отходы в одной из областей стали в 10 раз меньше, чем на самом деле), и с меняющимся кругом отчитывающихся предприятий. Данные из разных справочников могут заметно отличаться. Предприятие может сдать отчетность после долгого ее игнорирования, а потом снова пере-

стать отчитываться. Небольшое количество крупных промышленных предприятий ведет к заметным в таком случае колебаниям экологических показателей. В результате возникает необходимость вводить фиктивные переменные. Также значимость отдельных предприятий (например, «Кумтор») ведет к тому, что изменение на одном предприятии оказывается заметным для динамики экологического показателя для страны в целом.

*Различие влияния динамики численности населения.* Для РФ динамика численности населения оказалась незначима, для сбросов загрязненных сточных вод и образования отходов производства и потребления некоторое влияние оказывают связанные показатели – общая площадь жилых помещений и реальные денежные доходы населения. Для Кыргызстана динамика численности населения оказалась значимой. Попытка учесть влияние трудовой миграции и рассмотреть кроме зарегистрированного населения и реально проживающее оказалась неудачной. Надежная информация по количеству работающих за пределами Кыргызстана мигрантов отсутствует, есть сайты, на которых приводится нужная информация, но она есть по отдельным странам, в частности РФ. Использование построенного ряда данных не привело к улучшению статистических характеристик построенных уравнений. Расчеты также показали, что невозможно в одном уравнении присутствие двух основных факторов – ВВП и численности населения.

*Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу – слабое влияние природоохранных инвестиций.* И в РФ, и в Кыргызстане заметное влияние на динамику выбросов в период роста экономики оказывает ВВП, а структурные сдвиги в экономике и ее модернизация способствуют снижению выбросов. Влияние инвестиций в охрану атмосферного воздуха в РФ незначительно, а в Кыргызстане оно практически отсутствует, инвестиции невелики, в отдельные годы они равны нулю.

*Сбросы загрязненных сточных вод – сильное влияние водоохранных инвестиций.* И в РФ, и в Кыргызстане динамика сбросов загрязненных сточных вод не очень сильно зависит от развития экономики, влияние роста ВВП в РФ незначительно, в Кыргызстане немного сильнее. В то же время зависимость от водоохранных инвестиций очень велика, особенно в Кыргызстане.

*Значительно влияние промышленности.* Промышленность является основным загрязнителем и в РФ, и в Кыргызстане. Для РФ расчеты проводились по определению влияния развития промышленности на экологические показатели, причем отдельно оценивалось влияние изменения структуры промышленности с точки зрения наиболее загрязняющих видов деятельности. Особенностью Кыргызстана является значительное влияние на большинство показателей одного промышленного предприятия, доля которого в ВВП достигает 16 %. Его деятельность вызывает повышенное внимание именно по причине его неблагоприятного воздействия на окружающую среду.

*Результаты расчетов по Карелии.* По предложенным моделям проводились расчеты для Республики Карелия и других регионов СЗФО. Проводились расчеты по формулам (5), (6) и (9) для рассмотренных ранее на других примерах показателей, кроме того, анализировались и другие показатели.

Проведенные расчеты по РК в целом по выбросам в атмосферу с 1998 г. показали, что рост экономики на 1 % увеличивает выбросы на 0,26 %, рост инвестиций в охрану атмосферного воздуха на 1 % снижает выбросы на 0,006 %. Расчеты по сбросу загрязненных сточных вод показали, что рост ВРП на 1 % ведет к увеличению нагрузки на водоемы на 0,30 %, инвестиции в основной капитал и затраты на охрану окружающей среды снижают сбросы загрязненных сточных вод соответственно на 0,07 % и на 0,11 %. Расчеты для сбросов загрязненных вод по экономике Карелии показали, что рост экономики на 1 % увеличивает сбросы на 0,35 %, рост водоохраных инвестиций на 1 % снижает сбросы на 0,006 %. Полученные результаты свидетельствуют о том, что объемы поступающих в атмосферу загрязняющих веществ и объемы сбросов загрязненных сточных вод в значительной степени зависят от рассматриваемых факторов. Наиболее значимыми факторами по результатам настоящих и ранее проведенных исследований можно считать инвестиции в модернизацию, структурные сдвиги в экономике и величину затрат на природоохранную деятельность.

Анализ графиков за период с 1993 г. показал, что в динамике зависимости выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

от динамики полных экологических затрат можно выделить три периода. Спад экономики в 1990–1998 гг. сопровождался не только значительным снижением выбросов в атмосферу, но и сокращением объемов финансирования природоохранной сферы. Начавшийся с 1999 г. экономический рост сопровождался дальнейшим уменьшением уровня загрязнения при росте экологических затрат.

Можно предположить, что положительное влияние в период 1999–2010 гг. оказывали затраты на охрану атмосферного воздуха. Линейное уравнение зависимости выбросов в атмосферу от полных затрат на охрану атмосферного воздуха имеет достаточно хорошие статистические характеристики. В результате расчетов получено, что рост экологических затрат на 1 % способствует снижению выбросов на 0,013 %. Однако, как показали результаты более ранних исследований, влияние структурных сдвигов в экономике в этот период было более значимым фактором, чем объем экологических затрат.

Период с 2010 г. характеризуется снижением затрат на охрану атмосферного воздуха и незначительным увеличением выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Этот период можно характеризовать как переходный к новым экологическим стандартам, регламентированным меняющимся экологическим законодательством. Законодательно установленные ориентиры экологизации экономики были заданы еще в 2008 г. в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (Концепция..., 2008) в разделе «Экологическая безопасность экономики и экология человека»: снижение удельных уровней воздействия на окружающую среду в 3–7 раз в зависимости от отрасли; сокращение числа городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения не менее чем в 5 раз; сокращение количества жителей, проживающих в неблагоприятных экологических условиях, не менее чем в 4 раза; рост рынка экологического деvelopeмента, товаров и услуг в 5 раз и расширение занятости с 30 тыс. до 300 тыс. рабочих мест; снижение уровня экологического воздействия в 2–2,5 раза. Далее эти целевые индикаторы были закреплены в российской и региональных программах

«Охрана окружающей среды на 2012–2020 годы». Однако затянувшийся кризис в экономике, введение санкций, падение цен на нефть и пр. отодвигает решение экологических задач на более длительную перспективу. Влияние внешних факторов сказывается на степени достижимости установленных целевых индикаторов в сфере экологии. Так, например, в четырех регионах СЗФО (г. Санкт-Петербурге, Карелии, Новгородской и Ленинградской областях) за весь период реализации Программы, включая 2017 г., не был достигнут ни один целевой показатель. Тем не менее, влияние такого фактора как изменение экологической политики в дальнейшем будет только усиливаться, и это необходимо учитывать в модели.

По данным Республики Карелия были проведены расчеты по формулам (7) для определения динамики темпа нейтрального экологического прогресса. Расчеты для выбросов в атмосферу по экономике Карелии проводились при выделении трех секторов, два из которых имеют наибольшие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу – производство бумаги и добыча полезных ископаемых.

В 2010 г. доля производства бумаги в ВРП составляла примерно 7.2 %, а в выбросах в атмосферу – 26 %, добычи полезных ископаемых – соответственно 12 % и 47 %. На все остальные виды деятельности приходилось более 80 % ВРП и примерно 27 % выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. В производстве бумаги рост начался с 1999 г. и относительно 1998 г. уже к 2006 г. производство удвоилось, а выбросы в атмосферу сократились в два раза. В добыче полезных ископаемых рост начался только с 2005 г., и в 2011 г. относительно 2000 г. производство выросло примерно на две трети, а выбросы в 2011 г. превышали уровень 1998 г. примерно на 5 %, но были на 22 % меньше, чем в 1991 г. Структура прочих отраслей изменилась очень сильно за период реформ, и выбросы в атмосферу с 1991 по 2011 гг. упали в пять раз.

Для производства бумаги по функции (5) были получены параметры  $\mu = 0,35$  и  $\eta = 0,17$ . Инвестиции в охрану атмосферного воздуха не дали возрасти выбросам загрязняющих веществ, что могло произойти при росте производства. Добыча полезных ископаемых характеризуется невысоким нейтральным экологиче-

ским прогрессом  $p = -0,01$ , достаточно высоким влиянием роста производства  $\mu = 0,56$  и незначительным – инвестиций в охрану атмосферного воздуха  $\eta = 0,001$ . Для прочих отраслей важнейшим фактором оказался нейтральный экологический прогресс  $p = -0,11$ , влияние основных факторов оказалось меньше:  $\mu = 0,005$  и  $\eta = 0,009$ .

В результате влияние нейтрального экологического прогрессаросло от  $-3,1\%$  в конце 1990-х годов до  $-5,2\%$  к середине 2000-х, значит, именно структурные сдвиги определяли уменьшение выбросов в атмосферу, затем влияние стало снижаться, и после кризиса оно почти незаметно, составляя  $-0,2\%$ .

Оценка влияния структурных сдвигов на сброс загрязненных сточных вод проводилась по тем же трем секторам. Нейтральный экологический прогресс определял снижение сбросов, но постепенно он уменьшает свое положительное влияние, меняясь от  $-5\%$  до  $-1\%$ .

Для предварительного исследования соответствия реального и оптимального распределения инвестиций рассматривались сектора экономики РК. Для определения требуемой формулы представим экономику региона как сумму нескольких секторов, каждый из которых также описывается формулой (5), причем сектора существенно различаются по воздействию на окружающую среду. Для удобства прогнозирования лучше всего выделить сектора с высоким уровнем загрязнений или максимальной долей загрязнений. Расчеты для выбросов в атмосферу по экономике Карелии проводились при выделении трех секторов, два из которых имеют наибольшие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу – производство бумаги и добыча полезных ископаемых.

В результате расчетов получили, что реальные изменения в 2000-х годах близки к оптимальным лишь частично, экономический фактор (объем производства) постепенно перемещается в прочие отрасли, имеющие минимальную однородность. В то же время природоохранные кумулятивные инвестиции концентрируются в производстве бумаги.

Расчеты для сбросов загрязненных вод по экономике Карелии проводились по тем же трем секторам. Наибольшее влияние оказывает производство бумаги, но сбросы загрязненных сточных

вод уменьшились почти на треть, и соответственно их доля сократилась с 63 % в 1991 г. до 55 %.

Для производства бумаги по функции (5) были получены параметры  $p = -0,025$ ,  $\mu = 0,47$  и  $\eta = 0,004$ . Добыча полезных ископаемых характеризуется заметным нейтральным экологическим прогрессом  $p = -0,02$ , достаточно высоким влиянием роста производства  $\mu = 0,64$  и незначительным – инвестиций в охрану воды  $\eta = 0,005$ . Для прочих отраслей важнейшим фактором оказался нейтральный экологический прогресс  $p = -0,035$  %, влияние основных факторов оказалось меньше:  $\mu = 0,22$  и  $\eta = 0,083$ .

В обоих случаях знаки оказались разные, экономическое развитие увеличивает объем загрязнений (параметр  $\mu$  положителен), инвестиции в охрану природы уменьшают его. В данном случае получается функция, имеющая седловую точку и минимумы вблизи угловых точек. В обоих случаях максимальный эффект без ограничений дает вложение ресурсов в прочие отрасли. Если есть ограничения на темп роста, то решение смещается к седловой точке по траектории, которая отклоняется от диагонали в зависимости от соотношения параметров функций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования по данным РФ, ее регионов, отдельных стран и ЕС в целом показали, что существует взаимосвязь между экономическими изменениями и уровнем загрязнения окружающей среды. На основе построенных моделей разработана методика прогнозирования влияния развития экономики на экологическую ситуацию. Проведенные ранее исследования показали, что предложенная методика позволяет на стадии планирования развития территории оперативно оценивать экологические последствия предполагаемых сценариев развития экономики. Инновационный сценарий – это экологический сценарий, соответственно, он должен сопровождаться значительным усилением требований к экологизации экономики. Оценка результативности реализации стратегии не может проводиться без учета экологической составляющей и включения экологических показателей в общую систему целевых индикаторов реализации стратегии. В результате можно сделать вывод, что предложенные функции позволяют учесть влияние факторов, связанных с развитием экономики и изменением ее структуры, на экологические показатели. Использование предложенных формул позволяет оценить влияние факторов в ретроспективе, построить прогнозы экономического развития на перспективу и выявить пути снижения нагрузки на окружающую среду через стимулирование инвестиционной и структурной политики в определенных направлениях.

Проведенное исследование позволило на примере разных стран и регионов объяснить улучшение экологических показателей при росте экономики, выявить факторы, ведущие к улучшению состояния окружающей среды. Важность экологической политики показывает, что природоохранные инвестиции влияют на экологическую ситуацию, хотя статистически значимость данного показателя невелика. Результаты сравнительного анализа изменений развития экономики свидетельствуют,



что в государствах – членах ЕС, и в России воздействие на окружающую среду на единицу ВВП уменьшается, но рост ВВП в целом увеличивает объемы эмиссии в абсолютном выражении. Поэтому при установлении целевых индикаторов снижения экологической нагрузки для обеспечения их достижимости наряду с технологическими усовершенствованиями необходимо учитывать и масштабы экономики.

Было показано, что определяющее влияние на улучшение экологической ситуации в РФ оказали структурные сдвиги и модернизация экономики. Развитие российской экономики в XXI веке происходило на новой технологической основе, росла доля новых секторов экономики. В результате быстрый рост экономики в 2000-х годах происходил при некотором снижении загрязнений атмосферного воздуха, а спад экономики в 2010-х годах сопровождался еще большим снижением загрязнений. В то же время надо отметить, что в целом для выбросов в атмосферу загрязняющих веществ за 25 лет влияние природоохранных инвестиций значимо, как и для выбросов парниковых газов. Уровень загрязнений по российским регионам определяется в первую очередь степенью развития экономики региона и ее структурой – долей промышленности в ВРП. Формирование постиндустриальной экономики ведет к низкой доле промышленности и низкому уровню загрязнений воды и атмосферы, например, в таких регионах, как Москва и Санкт-Петербург. Природоохранная деятельность оказывает значимое положительное влияние для большинства регионов.

Изменение влияния факторов связано с экономическими кризисами, после них ослабевает влияние одних факторов и растет влияние других. Влияние изменений в законодательстве является в целом положительным и способствует «зеленому» росту экономики. Изменения экологической политики в России проходят по такому же сценарию, как в странах Евросоюза, но с существенным отставанием во времени. Взаимосвязь между изменениями экологической политики и уровнем загрязнения окружающей среды также имеет заметный временной лаг.

В настоящее время экологизация экономики России возможна только при условии устойчивого экономического роста, ко-

торый является единственным источником инвестиций для «зеленой» модернизации предприятий. Исследование зарубежного опыта, касающегося изменений законодательства в сфере охраны окружающей среды и практики применения различных инструментов экологической политики, будет способствовать снижению неопределенностей при формировании новой системы экологического нормирования и ускорению процесса экологизации экономического развития. Целью современной централизованной экологической политики, как в странах ЕС, так и в России, является снижение негативного воздействия на окружающую среду путем не только установления жестких экологических стандартов на выбросы и сбросы загрязняющих веществ, но главным образом за счет интенсивного стимулирования всех субъектов экономики к внедрению ресурсосберегающих и экологически чистых технологий. РФ необходимо осваивать основные инструменты экологической политики ЕС: нормирование уровня загрязнения окружающей среды, внедрение НДТ, переход от сжигания ископаемого топлива к возобновляемым источникам энергии, экологические налоги, развитие систем экологического и энергетического менеджмента, системы торговли квотами на выбросы парниковых газов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Auci S., Becchetti L.* The instability of the adjusted and unadjusted environmental Kuznets curves // *Ecological Economics*. 2006. V. 60. P. 282–298.
2. *Asane-Otoo E.* Carbon footprint and emission determinants in Africa // *Energy*. 2015. Vol. 82, P. 426–435.
3. *Atkinson G., Duburg R., Pearce D.* Measuring sustainable development: macroeconomics and the environment. Edvard ElgarPublishing, UK, 1997. 252 p.
4. *Bargaoui S., Liouane N., Nouri F.* Environmental Impact determinants: An empirical analysis based on the STIRPAT model // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2014. Vol. 109. P. 449–458.
5. *Baumol W. J., Oates W. E.* The theory of environmental policy, 2nd edition, reprint. Cambridge: Cambridge University Press, 1993, 299 p.
6. *Bertinellia L., Strobl E., Zou B.* Economic development and environmental quality: A reassessment in light of nature's self-regeneration capacity // *Ecological Economics*. 2008. V. 66. P. 371–378.
7. *Bossel H.* Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. A Report to the Balaton Group. International Institut for Sustainable Development. Winnipeg, Manitoba, Canada, 1999, 138 p.
8. *Chertow M.* The IPAT Equation and Its Variants. *Journal of Industrial Ecology*. 2001. Volume 4, Number 4. P. 13–29.
9. *Chikaraishi M, Fujiwara A., Shinji Kaneko S., Poumanyong P., Komatsu S., Kalugin A.* The moderating effects of urbanization on carbon dioxide emissions: A latent class modeling approach // *Technological Forecasting and Social Change*. 2015. V. 90. P. 302–317.
10. Closing the loop – An EU action plan for the circular economy. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>.
11. *Cole M. A., Neumayer E.* Examining the impact of demographic factors on air pollution // *Population and Development Review*. 2004. Vol. 26 (1), P. 5–21.

12. *Commoner B.* 1972. A bulletin dialogue on “The Closing Circle”: Response. *Bulletin of the Atomic Scientists* 28(5): 17, 42–56.
13. *Commoner B., Corr M., Stamler P. J.*, 1971. The causes of pollution. *Environment* 13 (3), 2–19.
14. Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1996/61/oj>.
15. *Cramer J. C.* Population Growth and Air Quality in California // *Demography*. 1998. Vol. 35. P. 45–56.
16. *Dai H., Sun T., Zhang K., Guo W.* Research on Rural Nonpoint Source Pollution in the Process of Urban-Rural Integration in the Economically-Developed Area in China Based on the Improved STIRPAT Model // *Sustainability*. 2015. Vol. 7. P. 782–793.
17. Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth. UNEP, 2011. URL: <https://www.resourcepanel.org/reports/decoupling-natural-resource-use-and-environmental-impacts-economic-growth>(дата обращения 09.06.2019).
18. *Dietz T., Rosa E. A.* Rethinking the environmental impact of population, affluence and technology // *Human Ecology Review*. 1994. Vol. 1, P. 277–300.
19. *Dietz T., Rosa E. A.* Effects of population and affluence on CO<sub>2</sub> emissions // *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 1997. Vol. 94 (1). P. 175–179.
20. *Dietz T., Rosa E.A.* Rethinking the environmental impacts of population, affluence, and technology // *Human Ecology Review*. 1994. V. 1. P. 277–300.
21. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/75/oj>.
22. *Domenech T., Bahn-Walkowiak B.* Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons From the EU and the Member States. *Ecological Economics*, 2019, vol. 155, pp. 7–19.
23. *Ehrlich P. R., Holdren J.*, Impact of population growth. *Science*. 1971. 171, 1212–1217.
24. *Ehrlich P., Holdren J.* A bulletin dialogue on the ‘Closing Circle’: Critique: One dimensional ecology. *Bulletin of the Atomic Scientists*. 1972. 28(5): 16. 18–27.

25. EU REACH Regulation (EC) No 1907/2006. URL: [https://www.chemsafetypro.com/Topics/EU/REACH\\_Regulation\\_EC\\_No\\_1907\\_2006.htm](https://www.chemsafetypro.com/Topics/EU/REACH_Regulation_EC_No_1907_2006.htm).

26. *Fan Y., Liu L., Wu G., Wei Y.* Analyzing impact factors of CO<sub>2</sub> emissions using the STIRPAT model // *Environmental Impact Assessment Review*. 2006. Vol. 26. P. 377–395.

27. *Feng K., Hubacek K., Guan D.* Lifestyles, technology and CO<sub>2</sub> emissions in China: A regional comparative analysis // *Ecological Economics*. Vol. 69. P. 145–154.

28. Finland's National Inventory Report (NIR) under the UNFCCC. 2013, 2015, 2018. URL: [http://www.environment.fi/enUS/Maps\\_and\\_statistics/Air\\_pollutant\\_emissions/Finnish\\_air\\_pollutant\\_inventory\\_to\\_the\\_CLRTAP](http://www.environment.fi/enUS/Maps_and_statistics/Air_pollutant_emissions/Finnish_air_pollutant_inventory_to_the_CLRTAP).

29. *Fried B., Getzner M.* Determinants of CO<sub>2</sub> emissions in a small open economy // *Ecological Economics*. 2003. Vol. 45. P. 133–148.

30. *Galeotti M., Lanza A., Pauli F.* Reassessing the environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub> emissions: A robustness exercise. *Ecological Economics*. 2006. 57: 152–163.

31. *Germain M.* Optimal Versus Sustainable Degrowth Policies // *Ecological Economics*. 2017. Vol. 136. P. 266–281.

32. *Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N., Hultink E.* The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 143, pp. 757–768.

33. *Gilli M., Mancinelli S., Mazzanti M.* Innovation complementarity and productivity effects: Reality or delusion? Evidence from the EC // *Ecological Economics*. 2014. Vol. 103. P. 56–67.

34. *Guoa L., Qua Y., Wua Ch., Wang X.* Identifying a pathway towards green growth of Chinese industrial regions based on a system dynamics approach. *Resources, Conservation and Recycling*. 2018. Vol. 128. Pp. 143–154. [doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.035](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.035).

35. *Haapanen L., Tapio P.* Economic growth as phenomenon, institution and ideology: a qualitative content analysis of the 21st century growth critique. *Journal of Cleaner Production*, 2016, vol. 112, pp. 3492–3503.

36. *Halkos G.E., Paizanos E.A.* The effect of government expenditure on the environment: An empirical investigation // *Ecological Economics*. 2013. Vol. 91. P. 48–56.

37. *He J.* What is the role of openness for China's aggregate industrial SO<sub>2</sub> emission?: A structural analysis based on the Divisia decomposition method // *Ecological Economics*. 2010. Vol. 69. P. 868–886.

38. He L., Zhang L., Zhong Zh., Wang D., Wang F. Green credit, renewable energy investment and green economy development: Empirical analysis based on 150 listed companies of China. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 208. Pp. 363–372. doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.119.
39. Holdren, J., Ehrlich P. Human population and the global environment. *American Scientist*. 1974. 62: 282–292.
40. Jackson T. Prosperity without Growth: Economics for a Finite Planet, Earthscan. Sterling, VA, London. 2009. 264 p.
41. Jia J., Deng H., Duan J., Zhao J. Analysis of the major drivers of the ecological footprint using the STIRPAT model and the PLS method—A case study in Henan Province, China // *Ecological Economics*. 2009. Vol. 68. P. 2818–2824.
42. Junsong Jia, Hongbing Deng, Jing Duan, Jingzhu Zhao Analysis of the major drivers of the ecological footprint using the STIRPAT model and the PLS method – A case study in Henan Province, China. *Ecological Economics* 68 (2009) 2818–2824.
43. Kalmykova Yu., Sadagopan M., Rosado L. Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation and Recycling*, 2017, vol. 135, pp. 190–201.
44. Kasztelan A. Green Growth, Green Economy and Sustainable Development: Terminological and Relational Discourse. *Prague Economic Papers*. 2017. Vol. 26. No. 4. Pp. 487–499. doi.org/10.18267/j.pep.626.
45. Korhonen J., Honkasalo A., Seppälä J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 2018, vol. 143, pp. 37–46.
46. Lantz V., Feng Q. Assessing income, population, and technology impacts on CO<sub>2</sub> emissions in Canada: where's the EKC? // *Ecological Economics*. 2006. Vol. 57. P. 229–238.
47. Laureti T., Montero J., Fernandez-Aviles G. A local scale analysis on influencing factors of NO<sub>x</sub> emissions: Evidence from the Community of Madrid, Spain // *Energy Policy*. 2014. Vol. 74. P. 557–568.
48. Li H., Mu H., Zhang M., Li N. Analysis on influence factors of China's CO<sub>2</sub> emissions based on Path–STIRPAT model // *Energy Policy*. 2011. V. 39. P. 6906–6911.
49. Liddle B. What are the carbon emissions elasticities for income and population? Bridging STIRPAT and EKC via robust heterogeneous panel estimates // *Global Environmental Change*. 2015. V. 31 P. 62–73.

50. *Loiseau E. et al.* Green economy and related concepts: An overview. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 139. Pp. 361–371. doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.024.

51. *Luukkanen J. et al.* Green economic development in Lao PDR: A sustainability window analysis of Green Growth Productivity and the Efficiency Gap. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 211. Pp. 818–829. doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.149.

52. *Maas R., Kruitwagen S., van Gerwen O.-J.* Environmental policy evaluation: Experiences in the Netherlands. *Environmental Development*, 2012, vol. 1, iss. 1, pp. 67–78.

53. *Marin G., Mazzanti M.* The evolution of environmental and labor productivity dynamics // *Journal of Evolutionary Economics*. 2010. Vol. 23 (2). P. 357–399.

54. *Martínez-Zarzoso I., Maruotti A.* The impact of urbanization on CO<sub>2</sub> emissions: Evidence from developing countries // *Ecological Economics*. 2011. Vol. 70. P. 1344–1353.

55. *Mazza L., ten Brink P.* Green Economy in the European Union. Supporting Briefing. UNEP, 2012. URL: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8666/Green%20economy\\_%20green%20economy%20in%20the%20European%20Union%20-2012GreenEconomy2012.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8666/Green%20economy_%20green%20economy%20in%20the%20European%20Union%20-2012GreenEconomy2012.pdf?sequence=3&isAllowed=y).

56. *Mazzanti M., Montini A.* Embedding the drivers of emission efficiency at regional level – Analyses of NAMEA data // *Ecological Economics*. 2010. V. 69. P. 2457–2467.

57. Modelling Global Green Investment Scenarios. Supporting the transition to a global green economy. UNEP, 2011. URL: [https://www.environment.gov.za/sites/default/files/docs/green\\_economy\\_modelling.pdf](https://www.environment.gov.za/sites/default/files/docs/green_economy_modelling.pdf).

58. *Müller-Fürstenberger G., Wagner M.* Exploring the environmental Kuznets hypothesis: Theoretical and econometric problems // *Ecological Economics*. 2007. Vol. 62. P. 648–660.

59. *Neumayer E.* Examining the impact of demographic factors on air pollution // *Population and Environment*. 2004. Vol. 26 (1). P. 5–21.

60. *Panayotou T.* Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool // *Environment and Development Economics*. 1997. № 2 (4). P. 465–484.

61. *Pashle M., Pachauri S., Steinbacher K.* Can the Green Economy deliver it all? Experiences of renewable energy policies with socio-

economic objectives. *Applied Energy*. 2016. Vol. 179. Pp. 1331–1341. doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.073.

62. *Pearce D.* Measuring sustainable development. Earthscan Publication Ltd, London, 1993. 224 p.

63. *Pearce D., Atkinson G.* Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of “weak” sustainability // *Ecological Economics*. 1993. № 8. P. 103–108.

64. *Pitkanen K.* et al. What can be learned from practical cases of green economy. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 139. Pp. 666–676. doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.071.

65. Recent trends and projections in EU greenhouse gas emissions. URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/approximated-greenhouse-gas-emissions/approximated-greenhouse-gas-emissions-in-2017>.

66. Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the implementation of the Circular Economy Action Plan. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1551871195772&uri=CELEX:52019DC0190>.

67. *Porfiryev B. N.* The Green Factor of Economic Growth in Russia and the World. *Studies on Russian Economic Development*. 2018, vol. 29, iss. 5, pp. 455–461.

68. *Roberts T.* Applying the STIRPAT model in a post-Fordist landscape: Can a traditional econometric model work at the local level? // *Applied Geography*. 2011. Vol. 31. P. 731–739.

69. *Roca J., Serrano M.* Income growth and atmospheric pollution in Spain: An input–output approach // *Ecological Economics*. 2007. Vol. 63. P. 230–242.

70. *Rosa E. A., York R., Dietz T.* Tracking the Anthropogenic Drivers of Ecological Impacts // *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. 2004. Vol. 33. P. 509–512. URL: <http://res.ku.edu/~crgc/NSFWorkshop/Readings/TrackingTheAnthropogenic%20Drivers.pdf> (дата обращения 03.11.2017).

71. *Sadorsky P.* The effect of urbanization on CO<sub>2</sub> emissions in emerging economies // *Energy Economics*. 2014. Vol. 41. P. 147–153.

72. *Selden T., Song D.* Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions? // *Journal of Environmental Economics and Management*. 1994. № 27 (2) P. 147–162.



73. *Tadeyev Y. P.* The Leontief's model extension in the conditions of ecological balance // Бизнес-информ. 2012. № 4. С. 132–136.

74. Towards a GREEN economy. Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. A Synthesis for Policy Makers. UNEP, 2011. URL: [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER\\_synthesis\\_en.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER_synthesis_en.pdf).

75. *Victor P. A.* Ecological economics and economic growth. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2010, vol. 1185, pp. 237–245.

76. *Victor P.* Growth, degrowth and climate change: A scenario analysis // *Ecological Economics*. 2012. Vol. 84. P. 206–212.

77. *Victor P. A.* The Kenneth E. Boulding Memorial Award 2014: Ecological economics: A personal journey. *Ecological Economics*, 2015, vol. 109, pp. 93–100.

78. *Victor P. A., Jackson T.* A Commentary on UNEP's Green Economy Scenarios. *Ecological Economics*. 2012. Vol. 77. Pp. 11–15. doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.02.028.

79. *Wang M., Che Y., Yang K., Wang M., Xiong L., Huang Y.* A local-scale low-carbon plan based on the STIRPAT model and the scenario method: The case of Minhang District, Shanghai, China // *Energy Policy*. 2011. V. 39. P. 6981–6990.

80. *Wang P., Wua W., Zhu B., Wei Y.* Examining the impact factors of energy-related CO<sub>2</sub> emissions using the STIRPAT model in Guangdong Province, China // *Energy Policy*. 2013. V. 106. P. 65–71.

81. *Wang Y., Zhao T.* Impacts of energy-related CO<sub>2</sub> emissions: Evidence from under developed, developing and highly developed regions in China // *Ecological Indicators*. 2015. Vol. 50. P. 186–195.

82. *Wang Z., Yang L.* Indirect carbon emissions in household consumption: evidence from the urban and rural area in China // *Journal of Cleaner Production*. 2014. V. 78. P. 94–103.

83. *Xu B., Lin B.* Carbon dioxide emissions reduction in China's transport sector: A dynamic VAR (vector autoregression) approach // *Energy*. 2015. V. 83. P. 486–495.

84. *York R.* De-Carbonization in Former Soviet Republics, 1992–2000: The Ecological Consequences of De-Modernization // *Social Problems*. 2008. Vol. 55. Issue 3. P. 370–390.

85. *York R., Rosa E. A., Dietz T.* STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts // *Ecological Economics*. 2003. Vol. 46 (3). P. 351–365.

86. *Zhao C., Chen B., Hayat T., Alsaedi A., Ahmad B.* Driving force analysis of water footprint change based on extended STIRPAT model: Evidence from the Chinese agricultural sector // *Ecological Indicators* 2014. V. 47. P. 43–49.

87. *Башмаков И. А.* Прогнозы антропогенных выбросов парниковых газов в Российской Федерации до 2030 года и на перспективу до 2050 года // *Экологический вестник России*. 2017. № 7. С. 20–27.

88. *Бобылев С. Н.* Взаимосвязь между уровнем благосостояния и устойчивым развитием. Кривая Кузнеца // *Социально-экономический потенциал устойчивого развития*. Сумы: ИТД «Университетская книга», 2007. С. 134–159.

89. *Бобылев С. Н.* Устойчивое развитие: парадигма для будущего // *Мировая экономика и международные отношения*. 2017. Т. 61. № 3. С. 107–113.

90. *Бобылев С. Н., Минаков В. С., Соловьева С. В., Третьяков В. В.* Эколого-экономический индекс регионов РФ. Москва, 2012. 150 с.

91. *Васильева Е. Э.* Экономика природопользования. Минск: БГУ. 2012. 192 с.

92. *Васильева Е. Э., Альханакта В. В.* Эффективность сочетания налогов и разрешений на загрязнение окружающей среды в условиях ценовой неопределенности // *Белорусский экономический журнал*. 2008. № 4 (45). С. 89–100.

93. *Глазырина И. П.* Исследование качества экономического роста в контексте концепции устойчивого развития // *Экономика природопользования*. 2006. № 4. С. 21–31.

94. *Глазырина И. П., Брезгин В. С.* Экспорт лесных ресурсов в контексте концепции «Экологической кривой Кузнеца» // *География и природные ресурсы*. 2003. № 3. С. 125–131.

95. *Глазырина И. П., Забелина И. А.* Перспективы «зеленого» роста на востоке России и Новый Шелковый путь // *ЭКО*. 2016. Т. 46. № 7. С. 5–20.

96. *Глазырина И. П., Забелина И. А., Клевакина Е. А.* Уровень экономического развития и распределение экологической нагрузки между регионами РФ // *Журнал новой экономической ассоциации*. 2010. № 7. С. 70–88.

97. *Глазырина И. П., Сёдербаум П.* Экологическая экономика как наука об экологической политике // *Экономика природопользования*. 2005. № 1. С. 4–15.

98. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2017 году. Петрозаводск, 2018. 260 с.

99. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2018. 888 с.

100. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2017 году» / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГБУ РК «ТФИ РК». Сыктывкар, 2018. 165 с.

101. *Гурман В. И., Рюмина Е. В.* Оценка влияния инноваций на развитие экономики и состояние окружающей среды // Вестник Российского гуманитарного научного фонда. 2003. № 4. С. 41–52.

102. *Гусев А. А.* Экологическая политика Европейского Союза в контексте концепции устойчивого развития // Обозреватель-Observer. 2012. № 4. С. 88–100.

103. Доклад об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений. М.: Государственный Совет Российской Федерации, 2016. URL: <http://ecoline.ru/wp-content/uploads/report-on-the-ecological-development-of-the-russian-federation-in-the-interests-of-future-generations-2016.pdf>.

104. *Дружинин П. В.* Об оценке влияния развития экономики на окружающую среду // Экономика и математические методы. 2010. № 4. С. 3–11.

105. *Дружинин П. В., Морошкина М. В.* Развитие экономики Европейского Севера и ее влияние на окружающую среду // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2018. № 4. С. 71–82.

106. *Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т.* Эколого-экономические модели и прогнозы в системе регионального управления // Проблемы прогнозирования. 2012. № 1. С. 88–97.

107. *Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т.* Оценка взаимовлияния экономических и экологических процессов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2014. № 2. С. 213–224.

108. *Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т.* Влияние природоохранной деятельности на состояние окружающей среды // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 12 (ч. 7). С. 805–809.

109. Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т. Исследование влияния экономического развития на состояние воздушной среды // Экономика устойчивого развития. 2018. № 4. С. 44–48.

110. Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т., Курило А. Е. Исследование факторов, влияющих на загрязнение окружающей среды // Уральский научный вестник. 2014. № 25. С. 103–108.

111. Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т., Морошкина М. В. Моделирование влияния развития экономики на окружающую среду. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. 96 с.

112. Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т., Морошкина М. В. Влияние развития экономики на окружающую среду: моделирование и анализ расчетов. Петрозаводск, 2010. 119 с.

113. Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т., Поташева О. В. Оценка влияния развития экономики на окружающую среду (пространственные особенности) // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2017. № 3. С. 228–237.

114. Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т., Поташева О. В. Оценка влияния развития экономики на состояние окружающей среды и выбросы парниковых газов // Друкеровский вестник. 2018. № 2. С. 203–215.

115. Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т., Поташева О. В. Экологическая кривая Кузнеця: случай России и Финляндии // Экономика вчера, сегодня, завтра. 2018. № 11А. С. 83–96.

116. Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т., Поташева О. В. Оценка влияния развития экономики на состояние окружающей среды и выбросы парниковых газов // Друкеровский вестник. 2018. № 2. С. 203–215.

117. Дэмбэрэл С., Оленев Н. Н., Поспелов И. Г. К математической модели взаимодействия экономических и экологических процессов // Математическое моделирование. 2003. Т. 15. № 4. С. 107–115.

118. Забелина И. А. Эффект декаплинга в эколого-экономическом развитии регионов – участников трансграничного взаимодействия // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12. № 1. С. 241–255. DOI: 10.15838/esc.2019.1.61.15.

119. Забелина И. А., Клевакина Е. А., Нечушкина Е. В. Влияние экономической деятельности на окружающую среду в приграничных регионах // Региональные проблемы. 2015. № 4. С. 98–105.

120. Замятина М. Ф. Экологизация промышленной политики как фактор регионального развития // Стратегии бизнеса. 2016. № 4. С. 6–9.

121. Замятина М. Ф. Экологическая составляющая региональных стратегий социально-экономического развития: материалы 14-й

Международной научно-практической конференции РОЭЭ «Эколого-экономические проблемы развития регионов и стран (устойчивое развитие, управление, природопользование)». Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2017. С. 83–88.

122. Качество воздуха в крупнейших городах России за десять лет. 1998–2007 гг. Аналитический обзор. Санкт-Петербург: ГГО. 2009. – 133 с.

123. *Кирова Е. А., Безверхий А. С.* Становление системы экологического налогообложения в России // Известия ДВФУ. Экономика и управление. 2018. № 2. С. 119–127.

124. *Киришин И. А.* Экологические ограничения современного экономического роста // Проблемы прогнозирования. 2014. № 3. С. 86–95.

125. *Клевакина Е. А., Забелина И. А.* Анализ эффективности природоохранных механизмов в регионах трансграничного взаимодействия с КНР // Эколого-экономические проблемы развития регионов и стран (устойчивое развитие, управление, природопользование). Материалы 14-й Межд. науч.-практ. конф. Российского общества экологической экономики. – Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2017. С. 267–272.

126. *Коробова О. С.* К вопросу о применении экономических механизмов регулирования выбросов парниковых газов в России // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 5. С. 225–227.

127. *Курило А. Е., Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т.* Экологические аспекты инновационного развития российских регионов / Управление инновациями – 2014 Материалы международной научно-практической конференции. Новочеркасск: ЮРГПИ, 2014. С. 159–162.

128. *Лабузова Е. С.* Экология и экономический рост: сибирские регионы в свете концепции экологической кривой Кузнецца // Региональная экономика: теория и практика. 2009. № 12. С. 60–62.

129. *Лотов А. В.* В интересах устойчивого развития // Экология и жизнь. 2005. № 1. С. 37–45.

130. *Макарова И. А.* Оценка эффективности экологических налогов с позиции «загрязнитель платит» в скандинавских странах: методика и результаты исследования // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2017. № 40. С. 124–140.

131. *Матвеева Е. В.* Экологическая политика Евросоюза // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2010. № 6. С. 311–317.

132. Моделирование социо-эколого-экономической системы региона. Под ред. Гурмана В. И., Рюминой Е. В. М.: Наука. 2003. 172 с.

133. *Моргунов Б. А., Багин А. М., Козельцев М. Л., Терентьев А. А.* Проблемы экологической безопасности России в свете концепции «зеленого» роста // Экология человека. 2017. № 4. С. 3–11.

134. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2015 гг. Ч. 1. Москва, 2017. 471 с. URL: [http://www.meteorf.ru/upload/pdf\\_download/NIR-2017\\_v1\\_fin.pdf](http://www.meteorf.ru/upload/pdf_download/NIR-2017_v1_fin.pdf).

135. *Никонов Р. В.* Выбросы парниковых газов и правовое регулирование сокращения эмиссии в Европейском Союзе // *Universum: Экономика и юриспруденция: электрон. научн. журн.* 2017. № 8(41). URL: <http://7universum.com/ru/economy/archive/item/5037>.

136. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2017 год. Обзор. Москва. Росгидромет. 2018. 206 с.

137. *Оленев Н. Н., Петров А. А., Поспелов И. Г.* Регулирование экологических последствий экономического роста // Математическое моделирование. 1998. Т. 10. № 8. С. 17–26.

138. Паспорт национального проекта «Экология». URL: [http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy\\_proekt\\_ekologiya/](http://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/).

139. *Пахомова Н. В., Малова А. С., Тумов В. О.* Эффективность экономики, экологические инновации, климатическая и энергетическая политика: темы дискуссий на международном семинаре в СПбГУ // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2015. № 4. С. 161–172.

140. *Пахомова Н. В., Рихтер К. К., Ветрова М. А.* Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник СПбГУ. Экономика. 2017. Т. 33. Вып. 2. С. 244–268.

141. *Порфирьев Б. Н.* Природа и экономика: риски взаимодействия. М.: Анкил, 2011. 352 с.

142. *Порфирьев Б. Н.* «Зеленый» фактор экономического роста в мире и в России // Проблемы прогнозирования. 2018. № 5. С. 3–12.

143. *Постников В. П.* Анализ загрязнения атмосферного воздуха: национальный и региональный аспекты // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2014. № 1. С. 117–124.

144. *Рюмина Е. В.* Моделирование взаимосвязей развития народного хозяйства и природоохранной деятельности // Экономика и математические методы. 1991. № 2. С. 333–341.

145. *Рюмина Е. В., Аникина А. М.* Анализ влияния фактора природных ресурсов на уровень экономического развития регионов России // Проблемы прогнозирования. 2007. № 5. С. 106–125.

146. *Скобелев Д. О., Гусева Т. В., Чечеватова О. Ю., Санжаровский А. Ю., Щелчков К. А., Бегак М. В.* Сравнительный анализ процедур разработки, пересмотра и актуализации справочников по наилучшим доступным технологиям в Европейском союзе и Российской Федерации. М.: Издательство «Перо», 2018. 114 с.

147. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года. URL: <http://static.government.ru/media/files/y8PMkQGZLfbY7jhn6QMruaKoferAowzJ.pdf>.

148. Тенденции и динамика состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации по данным многолетнего мониторинга за последние десять лет. Аналитический обзор. – М.: Росгидромет, 2017. 49 с.

149. Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_174235/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_174235/).

150. *Харитоновна Г. Н., Алиева Т. Е.* Методологические и методические проблемы определения наилучших доступных технологий для предприятий зоны Арктики // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2015. № 46. С. 68–76.

151. *Харитоновна Г. Н., Иванова Л. В., Дорощенков А. В.* Проблема управления обращения с отходами производства и потребления в субъекте Федерации (на примере Мурманской области) // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2009. № 22. С. 148–153.

152. *Хильчевская Р. И.* Проблемы экологической экономики в свете концепции устойчивого развития // Экономика и математические методы. 1996. № 3. С. 85–95.

153. *Шеломенцев А. Г., Беляев В. Н., Илинбаева Е. А.* Оценка экологического фактора в стратегиях социально-экономического развития регионов России // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера. 2014. № 1. С. 169–179.

154. Шеломенцев А. Г., Дорошенко С. В. Экономический рост и воздействие на окружающую среду в странах ЕАЭС: проблемы и перспективы // Экономика: стратегия и практика. 2018. № 3. С. 16–30.

155. Шимова О. С., Данькова Н. В. Рыночные механизмы решения глобальной экономической проблемы // Белорусский экономический журнал. 2006. № 3. С. 4–14.

156. Шкиперова Г. Т. Экологическая политика как инструмент согласования интересов экономического развития и экологической безопасности // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 6. С. 97–111.

157. Шкиперова Г. Т. Экологическая кривая Кузнецца как инструмент исследования регионального развития // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 19. С. 8–16.

158. Шкиперова Г. Т. Влияние изменений экологической политики на загрязнение окружающей среды: сравнительный анализ Евросоюза и России // Экономический анализ: теория и практика. 2019. Т. 18. № 7. С. 1256–1272. <https://doi.org/10.24891/ea.18.7.1256>.

159. Шкиперова Г. Т., Дружинин П. В. Оценка результативности политики в сфере обеспечения экологической безопасности регионов России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. № 12. С. 2356–2372.

160. Шкиперова Г. Т., Курило А. Е. Эколого-экономическая оценка в системе регионального управления // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. 2014. № 41. С. 537–548.

161. Шкиперова Г. Т., Курило А. Е. Государственное регулирование охраны окружающей среды: проблемы и перспективы // Вестник факультета управления Челябинского государственного университета. 2017. № 2. С. 49–54.

162. Шкиперова Г. Т., Курило А. Е., Дружинин В. П. Моделирование эколого-экономических процессов в России и Кыргызстане: отличительные особенности // Экономика и предпринимательство. 2015. № 6–3 (59). С. 124–130.

163. Шкиперова Г. Т., Курило А. Е., Проконьев Е. А. Развитие «зеленой» экономики: сравнительный анализ регионов Северо-Запада // Экономика и социум: современные модели развития. 2019. № 3.

164. Яшалова Н. Н., Рубан Д. А. Специфика анализа природоохранных инвестиций в рамках проблемы экологизации национальной экономики // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2016. № 35. С. 2–12.



Научное издание

**Дружинин** Павел Васильевич  
**Шкиперова** Галина Тимофеевна  
**Поташева** Ольга Вячеславовна

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ  
И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ:  
МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ РАСЧЕТОВ**

*Печатается по решению Ученого Совета  
Института экономики КарНЦ РАН*

*Издано в авторской редакции*

Фотография на первой странице обложки *М. О. Курило*

Подписано в печать 13.12.2019 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная.

Уч.-изд. л. 5,6. Усл. п. л. 7,44.

Тираж 300 экз. Заказ № 592.

Федеральный исследовательский центр  
«Карельский научный центр Российской академии наук»  
Редакционно-издательский отдел  
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50