

ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

DOI: 10.15838/ptd.2026.4.144.4

УДК 330.15 | ББК 65.28.

© Третьякова Е.А.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ДИНАМИЧЕСКАЯ ИНТЕГРИРОВАННАЯ ОЦЕНКА ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕГИОНАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА РОССИИ



ЕЛЕНА АНДРЕЕВНА ТРЕТЬЯКОВА

Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук

Екатеринбург, Российская Федерация

e-mail: tretiakova.ea@uiiec.ru

ORCID: 0000-0002-9345-1040; ResearcherID: M-7494-2017

Нарастающие в различных странах и регионах проблемы дефицита водных ресурсов, необходимых для жизнеобеспечения людей и ведения хозяйственной деятельности, а также высокая степень их загрязнения требуют разработки адекватного оценочного инструментария, позволяющего характеризовать сложившуюся ситуацию как в пространственном, так и во временном аспектах, выявлять тренды и заблаговременно принимать соответствующие управленческие решения. В связи с этим целью исследования стало формирование интегрированной модели комплексного пространственно-динамического эколого-экономического оценивания использования природных ресурсов и ее апробация на примере водопользования в регионах Северо-Западного федерального округа России, которые отличаются развитой и дифференцированной промышленностью с высокой экологической интенсивностью воздействия на природные водные объекты. Задачи исследования включали: обзор научной литературы по оценке водопользования, формирование аналитического эколого-экономического инструментария, отвечающего поставленной цели, и его апробация. Научная новизна проведенного исследования заключается в формировании интегрированной модели комплексного пространственно-динамического эколого-экономического оценивания использования природных ресурсов и ее апробации на примере использования водных ресурсов в регионах Северо-Западного федерального округа. В процессе исследования были использованы методы анализа, синтеза, аналитических группировок, абсолютных и относительных величин, цепных подстановок, статистического анализа данных и графического отображения. Информационной базой исследования послужили открытые данные, размещенные на

Для цитирования: Третьякова Е.А. (2026). Пространственно-динамическая интегрированная оценка водопользования в регионах Северо-Западного федерального округа России // Проблемы развития территории. Т. 30. № 4. С. 44–66. DOI: 10.15838/ptd.2026.4.144.4

For citation: Tretiakova E.A. (2026). Spatial-dynamic integrated assessment of water use in the Northwestern Federal District regions of Russia. *Problems of Territory's Development*, 30(4), 44–66. DOI: 10.15838/ptd.2026.4.144.4

сайте Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации и Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Результаты апробации позволили охарактеризовать тип эколого-экономической динамики в комплексе с видом деаплинга, факторными эффектами и корреляционными взаимосвязями; выявить наиболее приоритетные (с точки зрения остроты сложившейся ситуации) и негативные тенденции. Полученные результаты могут быть полезны органам власти при разработке (актуализации) проектов и программ, нацеленных на обеспечение устойчивого сбалансированного развития регионов Северо-Запада России.

Водные ресурсы, экономика природопользования, сбалансированное природопользование, региональная экономика, устойчивое развитие, пространственный анализ, динамический анализ, деаплинг.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Статья подготовлена на основе исследований, выполняемых Институтом экономики УрО РАН по государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ № 0327-2024-0020 на 2024–2026 гг.

Введение

Вода является жизненно важным возобновляемым природным ресурсом, от качества и количества которого зависят качество жизни и возможности развития экономики отдельных стран и регионов в их составе. Большое внимание этому уделено как в глобальных¹, так и национальных направлениях устойчивого (в том числе «зеленого») развития Российской Федерации². На всех уровнях управления важно обеспечить бережное отношение к водным ресурсам субъектами хозяйственной деятельности, повысить эффективность их использования, снизить масштабы загрязнения водных объектов и сохранить биоразнообразие в их экосистемах.

Многими авторами проводятся исследования по этим и другим направлениям. Изучению удельной водообеспеченности территорий посвящены труды И.А. Шикломанова и О.Л. Марковой (Шикломанов, Маркова, 1987), В.И. Данилова-Данильяна и К.С. Лосева (Данилов-Данильян, Лосев, 2006), Х. Ритчи и М. Розера (Ritchie, Roser, 2017) и других авторов. Изучению антропогенной

нагрузки на водные объекты большое внимание уделено в работах И.Д. Рыбкиной (Рыбкина, 2023), В.Ф. Фоминой (Фомина, 2023) и пр. Авторы обращают внимание на неудовлетворительное качество воды, имеющийся дисбаланс между удельной водообеспеченностью территории и плотностью проживающего на ней населения (Данилов-Данильян, Лосев, 2006), указывают на расточительность водопользования (Третьякова, 2019; Huang et al., 2021; Li et al., 2022), а также на то, что невозможно добиться улучшения качества воды в водных экосистемах без снижения объема сброса загрязненных сточных вод³ (Турсуналиева, Токтосунова, 2022). Вклад авторов заключается в разработке методологии эколого-экономических исследований в сфере водопользования, построении систем аналитических показателей и научном обосновании необходимых управленческих решений.

Обращает на себя внимание то, что острота рассматриваемых проблем не снижается с течением времени – она как была высокой в 1990-е гг., так и остается акту-

¹ Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН от 25.09.2015 г. № 70/1. URL: https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_ru.pdf (дата обращения: 30.03.2026).

² Цели и основные направления устойчивого (в том числе зеленого) развития Российской Федерации: распоряжение Правительства Российской Федерации от 14.07.2021 № 1912-р. URL: <http://government.ru/docs/all/135692/> (дата обращения: 30.03.2026).

³ Рюмина Е.В. (1990). Моделирование взаимосвязей развития народного хозяйства и природоохранной деятельности: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05. Москва. 36 с.

альной для современной России, несмотря на вновь разработанные технологии и имеющиеся возможности по их широкому использованию. Недостаткам эффективности внедрения наилучших доступных технологий (НДТ) уделено внимание во многих исследованиях. Полученные результаты указывают, что практическое использование НДТ приводит к существенному уменьшению массы сброса загрязняющих веществ и снижению концентрации в водных объектах основных поллютантов, что способствует расширению неистощительного водопользования в регионах (Адам и др., 2023). В то же время важно отметить, что точечное внедрение НДТ в сферы водоподготовки, водоснабжения, водоочистки и водоотведения является необходимым, но недостаточным условием. Только масштабное их использование может кардинально изменить сложившуюся ситуацию к лучшему. Одним из препятствий к повсеместному внедрению НДТ является низкая экономическая эффективность и длительность сроков окупаемости связанных с ними проектов. Исследователи указывают, что методология оценки эффективности в сфере водопользования требует актуализации. Ими рекомендуется разработать систему корректных расчетов стоимости единицы негативного воздействия на водные объекты и забора воды, для того чтобы сделать внедрение технологий экономически выгодным (Касимова и др., 2015).

В своих исследованиях авторы используют как абсолютные показатели экологической нагрузки (объем изъятия воды из поверхностных и подземных источников и объем сброса загрязненных сточных вод), так и удельные, характеризующие интенсивность антропогенного воздействия (соотношение величин экологической нагрузки и экономического результата хозяйственной деятельности) (Семячков, 2022; Горбатенко, 2023; Рыбкина и др., 2023). Ученые их подразделяют на показатели ресурсоемкости – водоемкость экономики в целом или отдельных видов экономической

деятельности, а также интенсивности загрязнения – сброс загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты в расчете на 1000 руб. валового продукта (Горбатенко, 2023; Рыбкина, 2023; Фомина, 2023; Попова, 2023).

Распределение изучаемых показателей по уровню их значения в пространстве отображаются, как правило, с использованием картографического метода либо в форме таблиц и разного рода диаграмм. При этом степень пространственной неоднородности в большинстве случаев оценивается с помощью коэффициента вариации. R. Chen с коллегами используют в своем труде коэффициент Джини (Chen et al., 2023). Изменение изучаемых показателей во времени исследуется путем расчета темповых характеристик (коэффициентов и темпов изменений, прироста/убыли значений). Во многих исследованиях эти инструменты используются в комплексе (Джамалов и др., 2022; Попова, 2023; Zhang, 2025; Насыров и др., 2026).

При использовании эконометрических методов строятся модели временных рядов или модели по панельным данным. Однако стоит отметить, что временные ряды далеко не всегда являются стационарными и это выступает ограничением для их применения. Из-за сильного разброса значений модели могут не отвечать качественным требованиям, предъявляемым со стороны различного рода тестов, что также является важным условием в их применении. Ограничение в возможностях использования стимулирует исследователей к поиску новых методов и моделей, а также построению новых систем индикаторов.

Количество публикаций по проблемам рационального использования ресурсов, включая водные, не уменьшается. На текущий момент существует множество научных работ, предлагающих разного рода методы и инструменты для оценки рациональности, сбалансированности и эффективности использования тех или иных природных запасов. Эти труды вносят зна-

чимый вклад в исследование существующих проблем. Количество работ и их направленность указывают на высокую актуальность совершенствования оценочного инструментария в направлении комплексной многоаспектной диагностики, позволяющей характеризовать сложившуюся ситуацию как в пространственных, так и во временных аспектах; выявлять тренды и заблаговременно принимать соответствующие управленческие решения. В связи с этим целью исследования стало формирование интегрированной модели комплексного пространственно-динамического эколого-экономического оценивания использования природных ресурсов и ее апробация на примере водопользования в регионах Северо-Западного федерального округа России, которые отличаются развитой и дифференцированной промышленностью с высокой экологической интенсивностью воздействия на природные водные объекты. Задачи исследования: обзор научной литературы по оценке водопользования, формирование аналитического эколого-экономического инструментария, отвечающего поставленной цели, и апробация.

Расчеты проводились в период 2015–2024 гг. В выборку вошли все 11 регионов, образующих Северо-Западный федеральный округ. Число наблюдений по каждому анализируемому индикатору равнялось 110, а их общее количество – 630. Коэффициенты корреляции рассчитывались при уровне значимости 0,05 (в работе приведены только статистически значимые результаты). Научная новизна заключается в интеграции разных востребованных на текущий момент методических инструментов в единый исследовательский контур, существенно повышающий их объединенный аналитический потенциал. Практическая значимость состоит в получении необходимой информации для лиц, принимающих решение по ряду важнейших аспектов в интегрированном виде.

Материалы и методы

Информационной базой исследования послужили открытые данные, размещенные на сайте Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации и Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

В процессе исследования были использованы методы анализа, синтеза, аналитических группировок, абсолютных и относительных величин, цепных подстановок, статистического анализа данных, графического отображения.

Построение интегрированной модели комплексного пространственно-динамического эколого-экономического оценивания использования природных ресурсов (*рис. 1*) осуществлялось на основе принципа содержательного дополнения имеющихся методов и инструментов анализа в этой области. Учитывая, что большинство авторов в своих эколого-экономических исследованиях опираются на значения достигаемого экономического результата (ЭР), уровни экологической нагрузки (ЭН) и экологической интенсивности (ЭИ)⁴, то, безусловно, первым шагом в аналитических процедурах должно быть формирование соответствующей базы данных.

Представление этих данных в виде диаграмм, графиков, карт и картосхем позволит визуализировать их пространственное распределение среди регионов России или стран мира.

При этом степень пространственной дифференциации показателя можно определить с помощью коэффициента вариации:

$$K_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100, \quad (1)$$

где K_v – коэффициент вариации;

σ – среднеквадратическое отклонение показателя;

$\bar{x}$ – среднее значение показателя.

Значение коэффициента вариации до 10% свидетельствует об относительной однород-

⁴ ЭИ определяется путем деления показателя ЭН на показатель ЭР и характеризует либо ресурсоемкость (количество ресурса, приходящееся на единицу экономического результата), либо интенсивность антропогенного загрязнения (объем загрязнения, приходящийся на единицу экономического результата).

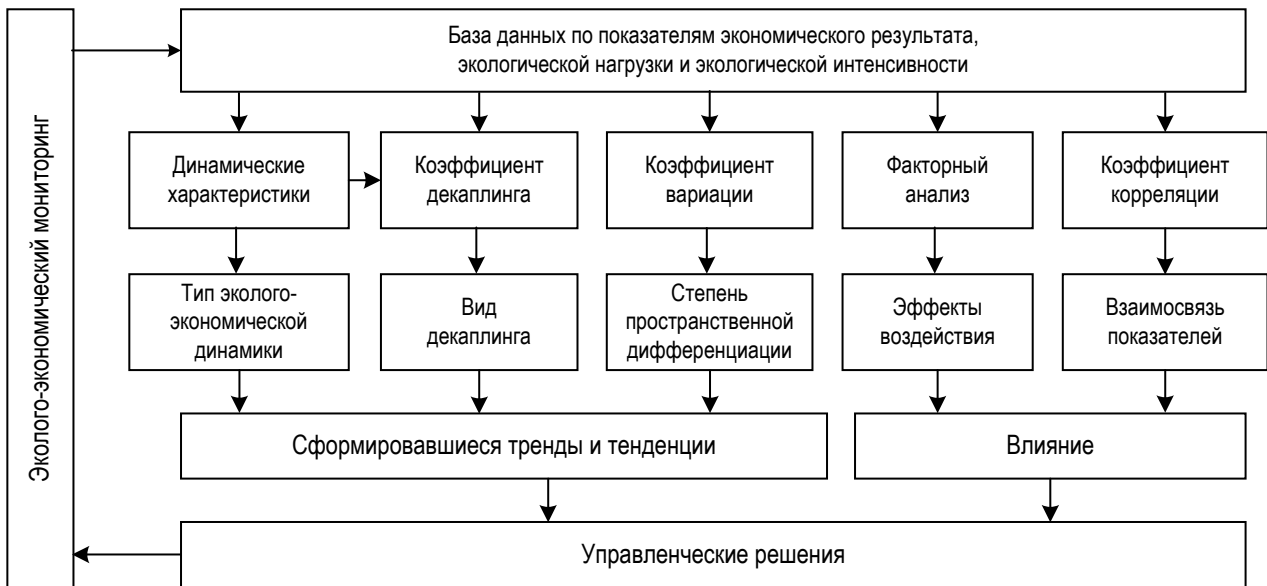


Рис. 1. Интегрированная модель комплексного пространственно-динамического эколого-экономического оценивания использования природных ресурсов

Источник: составлено автором.

ности исследуемой совокупности объектов; в пределах 10–33% – относительная дифференциация; больше 33% – выраженная дифференциация⁵.

Масштабы изменений значений показателей, происходящие с течением времени, исследователи оценивают с помощью таких динамических характеристик, как темп прироста (убыли) показателя:

$$T_{n(y)} = \frac{x_i}{x_b} \cdot 100 - 100, \quad (2)$$

где $T_{n(y)}$ – темп прироста (убыли) показателя;

x_i – значение показателя в текущем периоде;

x_b – значение показателя в базисном периоде.

При $T_{n(y)} < 0$ отмечается снижение значения показателя за анализируемый период; $T_{n(y)} > 0$ – рост.

Использование данных динамических характеристик позволяет оценить тип эколого-экономической динамики, суть которой подробно изложена в работах (Victor, 2015; Shang et al., 2015; Глазырина и др., 2015), а кратко отображена в *таблице 1*.

Таблица 1. Определение типа эколого-экономической динамики

Тип динамики	ЭР	ЭН	ЭИ
Черный рост	$T_{n(y)} \geq 0$	$T_{n(y)} \geq 0$	$T_{n(y)} \geq 0$
Коричневый рост	$T_{n(y)} \geq 0$	$T_{n(y)} \geq 0$	$T_{n(y)} \leq 0$
Зеленый рост	$T_{n(y)} \geq 0$	$T_{n(y)} \leq 0$	$T_{n(y)} \leq 0$
Черный спад	$T_{n(y)} \leq 0$	$T_{n(y)} \geq 0$	$T_{n(y)} \geq 0$
Зеленый спад	$T_{n(y)} \leq 0$	$T_{n(y)} \leq 0$	$T_{n(y)} \geq 0$
Абсолютно зеленый спад	$T_{n(y)} \leq 0$	$T_{n(y)} \leq 0$	$T_{n(y)} \leq 0$

Составлено по (Victor, 2015; Shang et al., 2015; Глазырина и др., 2015).

⁵ Полякова В.В., Шаброва Н.В. (2015). Основы теории статистики: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета. С. 58.

Динамические характеристики также могут быть использованы для расчета коэффициента эластичности декаплинга (Kong et al., 2021; Кутышкин, Шульгин, 2024; Tapio, 2005):

$$K_3 = \frac{T_{n(y)ЭН}}{T_{n(y)ЭР}}, \quad (3)$$

где K_3 – коэффициент эластичности декаплинга;

$T_{n(y)ЭН}$ – темп прироста (убыли) экологической нагрузки;

$T_{n(y)ЭР}$ – темп прироста (убыли) экономического результата.

Значение коэффициента эластичности декаплинга в совокупности с динамическими характеристиками экономического результата и экологической нагрузки позволяет определить его вид (табл. 2).

Пространственная неоднородность экономического результата, экологической нагрузки и интенсивности хозяйственной деятельности, в совокупности с типом эколого-экономической динамики и видом декаплинга, дают большой объем информации, которую можно использовать для выявления приоритетных территорий (регионов, муниципальных образований) с точки зрения остроты сложившейся ситуации и характера ее динамики. Это важно учитывать при принятии управленческих решений. Однако важным является определение факторов, обусловивших данную динамику и выявленные тенденции. Поэтому для уси-

ления информативности аналитического инструментария целесообразно включить в модель факторный и корреляционный анализы.

Среди множества факторных моделей, используемых в эколого-экономических исследованиях, широкое распространение получила IPAT, в которой масштаб антропогенного воздействия (I , *impact*) или экологическая нагрузка (ЭН), зависят от трех факторов: численности населения (P , *population*), благосостояния людей (A , *affluence*) и используемых технологий (T , *technology*): $I = P \cdot A \cdot T$ (Шкиперова и др., 2015; Третьякова, 2019; Kong et al., 2021).

Применительно к данному исследованию модель можно представить следующим образом:

$$ЭН = ЧН \cdot БН \cdot ЭИ, \quad (4)$$

где ЭН – экологическая нагрузка;

ЧН – численность населения;

БН – благосостояние населения (валовой продукт на душу населения);

ЭИ – экологическая интенсивность, характеризующая применяемые технологии.

Оценить изменение экологической нагрузки под влиянием указанных факторов можно с использованием метода цепных подстановок, что позволит количественно измерить вклад каждого компонента в виде трех эффектов: популяционного (изменение численности населения), доходного (генерируемый внутри экономической систе-

Таблица 2. Определение вида декаплинга

Вид декаплинга	ЭР	ЭН	K_3
Сильный декаплинг	$T_{n(y)} > 0$	$T_{n(y)} < 0$	$K_3 < 0$
Слабый декаплинг	$T_{n(y)} > 0$	$T_{n(y)} > 0$	$K_3 < 0,8$
Экспансивный негативный декаплинг	$T_{n(y)} > 0$	$T_{n(y)} > 0$	$K_3 > 1,2$
Сильный негативный декаплинг	$T_{n(y)} < 0$	$T_{n(y)} > 0$	$K_3 < 0$
Слабый негативный декаплинг	$T_{n(y)} < 0$	$T_{n(y)} < 0$	$K_3 < 0,8$
Рецессивный декаплинг	$T_{n(y)} < 0$	$T_{n(y)} < 0$	$K_3 > 1,2$
Экспансивный декаплинг	$T_{n(y)} > 0$	$T_{n(y)} > 0$	$0,8 < K_3 < 1,2$
Рецессивный декаплинг	$T_{n(y)} < 0$	$T_{n(y)} < 0$	$0,8 < K_3 < 1,2$
Составлено по (Забелина, 2019; Глазырина, 2020; Забелина, 2023; Кутышкин, Шульгин, 2024; Allocca et al., 2025).			

мы) и технологического (изменение экоинтенсивности в результате технологической модернизации).

При проведении корреляционного анализа в эколого-экономических исследованиях наиболее часто исследователями рассчитываются коэффициенты корреляции Пирсона (при нормальном распределении показателей) и Спирмена (при распределении, отличном от нормального), по значениям которых судят о тесноте связи между исследуемыми показателями.

Обобщение полученной информации позволяет сделать вывод относительно типа эколого-экономической динамики и вида декаплинга, сформировавшихся тенденциях ее изменения, а также обусловивших ее факторах. Благодаря этому осуществляется обоснованный выбор инструментов для оказания целенаправленного управленческого воздействия с последующим мониторингом его результатов. Предлагаемую модель можно использовать для пространственного ранжирования регионов и обоснования дифференцированных управленческих решений.

Результаты и обсуждение

В 2024 году в Северо-Западном федеральном округе объем ресурсов речного стока составил 580,9 км³/год, что на 2,0% выше среднего многолетнего значения (569,6 км³/год) и на 3,0% выше предшествующего года⁶. Наибольший объем наблюдался в Архангельской области (353,7 км³/год), наименьший – в Псковской области (13,2 км³/год).

Регионы Северо-Западного федерального округа в достаточной степени обеспечены водными ресурсами (рис. 2а), при этом по удельным показателям (рис. 2б) Калининградская область относится к категории территорий с высокой водообеспеченностью населения, а остальные регионы – с очень высокой (Шикломанов, Маркова, 1987). Больше всего снабжены водными ресурсами северные регионы: Архангельская

область, Ненецкий автономный округ, Республика Коми (рис. 2). У них вместе с Мурманской областью отмечается небольшое снижение как общих, так и удельных значений.

Модель оценки типа эколого-экономической динамики отталкивается от экономического результата и экологической нагрузки. В качестве первого рассматривался валовой региональный продукт. Для исключения, искажающего влияние инфляции, производился перевод из текущих цен в постоянные (2015 года).

На рис. 3а показано, что за анализируемый период в большинстве регионов округа наблюдался экономический рост. Наиболее заметным он был в Ленинградской области (+44,7%), г. Санкт-Петербург (+32,2%) и в Калининградской области (+23,9%). Спад отмечался в Республике Коми (-7,6%) и Ненецком автономном округе (-2,0%), где преобладает добывающая промышленность, испытывающая колоссальное внешнеэкономическое давление.

Исследование показало, что производимый валовой продукт положительно связан с обеспеченностью водными ресурсами – коэффициент корреляции составил 0,35. При исключении из выборки г. Санкт-Петербурга, Ленинградской и Мурманской областей (значительно отличающихся по своим показателям от других регионов) величина коэффициента корреляции возрастает до 0,66, что указывает на значимую роль водных ресурсов в экономике регионов округа.

Наибольший вклад в формирование валового продукта округа вносят г. Санкт-Петербург, Ленинградская и Вологодская области. Однако в расчете на душу населения лидером является Ненецкий автономный округ (рис. 3б) и единственный имеет негативную динамику. В Республике Коми, в связи с опережающими темпами убыли населения на фоне снижения общей суммы валового продукта, отмечается его рост в расчете на душу населения.

⁶ О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2024 году. Государственный доклад. Москва: Минприроды России; ВНИИ Экология. 721 с.

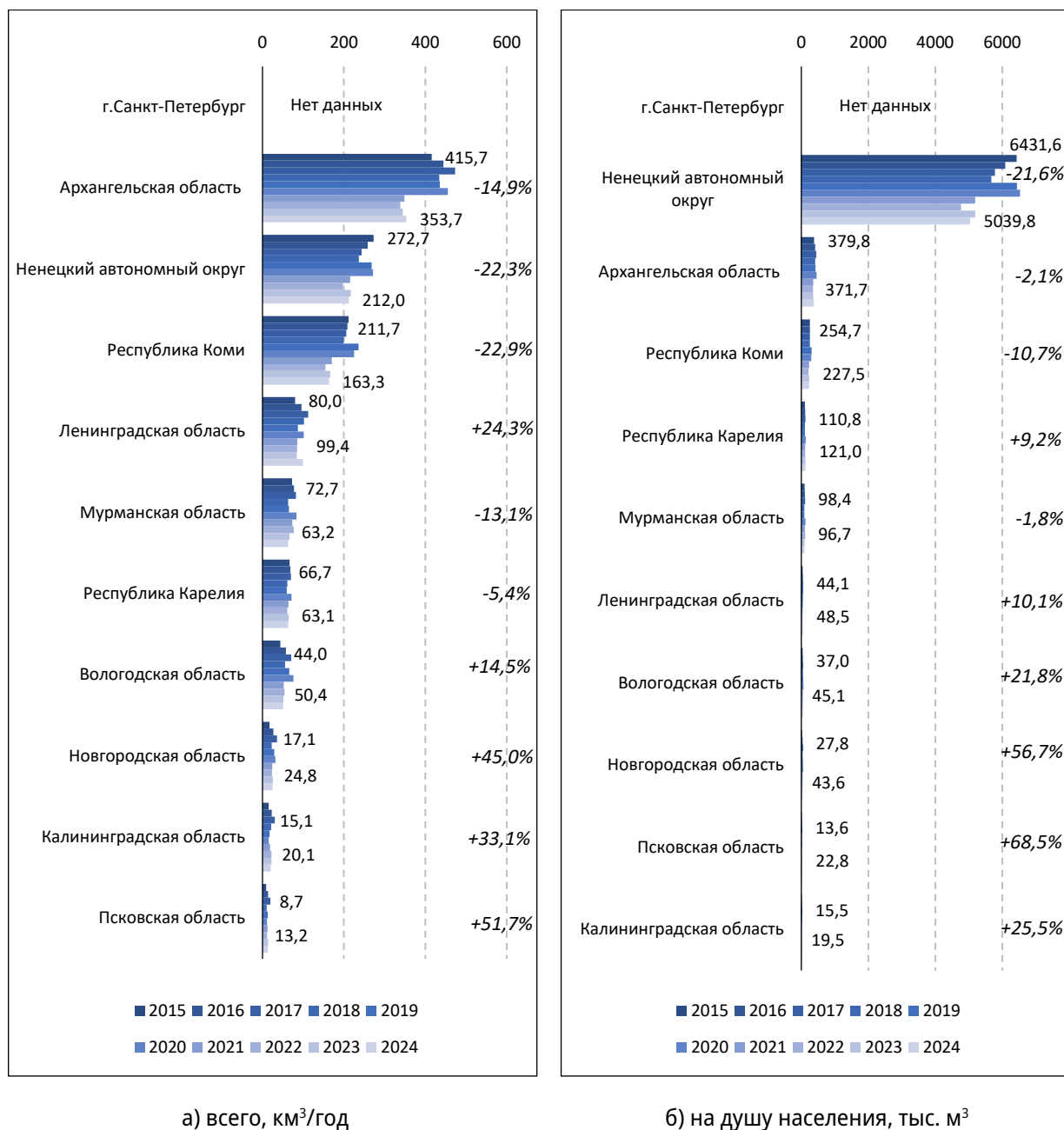


Рис. 2. Ресурсы речного стока

Примечание: темп убыли обозначен курсивом.

Источник: О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2024 году. Государственный доклад. Москва: Минприроды России; ВНИИ Экология. 721 с.

Источник: рассчитано автором.



а) всего, млн руб.



б) на душу населения, тыс. руб.

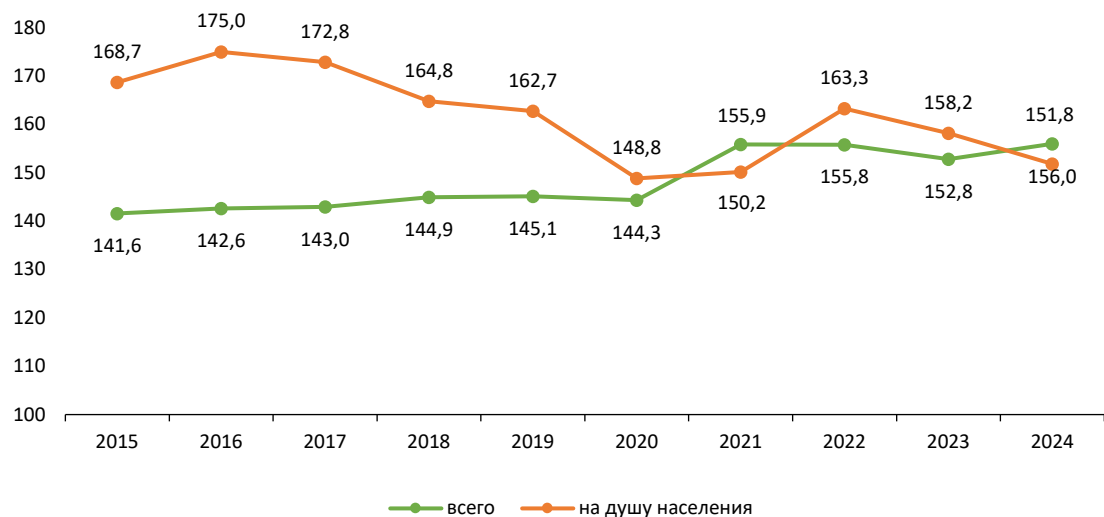
Рис. 3. Валовой региональный продукт в ценах 2015 года

Рассчитано автором по: данные Росстата. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts>

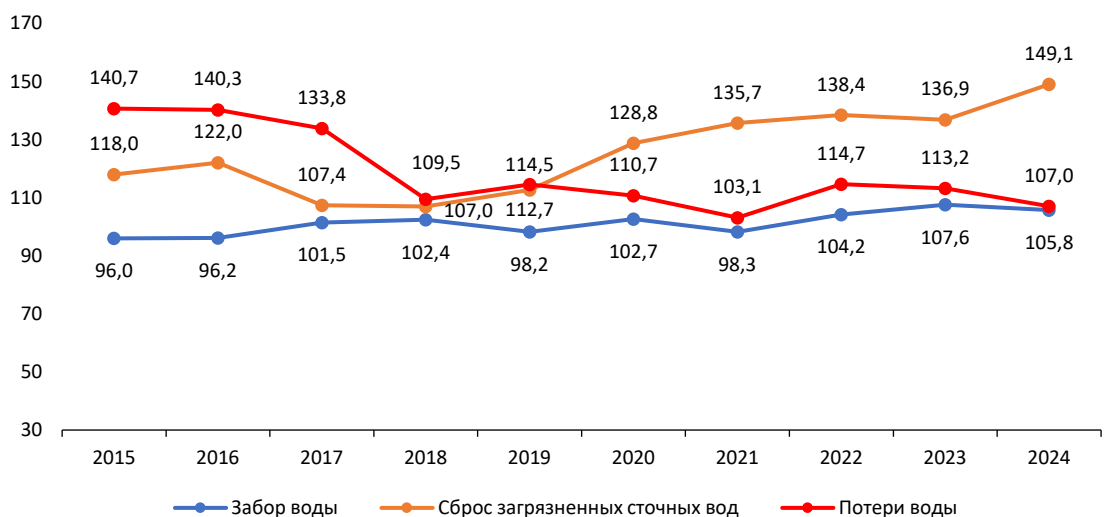
По объему произведенного валового регионального продукта регионы Северо-Западного федерального округа очень дифференцированы (рис. 4а), причем в постпандемийный период отмечается рост этого уровня. Разница валового продукта в расчете на душу населения, напротив, в допандемийный период была выше.

Объемы забора воды и создаваемого валового продукта положительно связаны –

коэффициент корреляции составил 0,38 (после исключения из выборки г. Санкт-Петербург, Мурманской области и Ненецкого автономного округа). Низкое значение может указывать на наличие эффекта декаплинга в отдельных регионах. Объемы забора воды также отличает высокая степень дифференциации (рис. 4б), хотя она ниже, чем у сбросов загрязненных сточных вод и потерь воды.



а) валовой региональный продукт



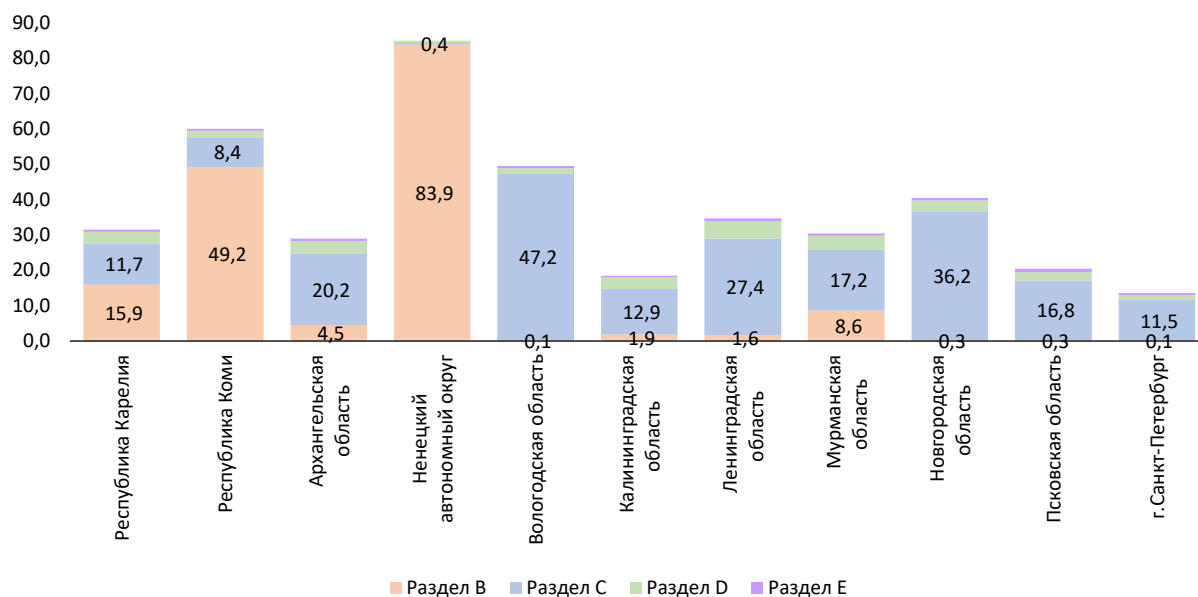
б) экологическая нагрузка



в) экологическая интенсивность

Рис. 4. Коэффициент вариации, %

Источник: рассчитано автором.



Раздел В – добыча полезных ископаемых; Раздел С – обрабатывающие производства;
 Раздел D – обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха;
 Раздел E – водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизация отходов, деятельность по ликвидации загрязнений.

Рис. 5. Доля промышленных видов экономической деятельности в структуре валового регионального продукта регионов Северо-Западного федерального округа в 2024 году, %

Рассчитано автором по: данные Росстата. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts>

На *рисунке 5* показаны существенные различия по вкладу промышленных производств в валовой региональный продукт в регионах Северо-Западного федерального округа.

Экономический спад в Республике Коми сопровождался снижением объемов забора воды из природных водных объектов (-3,4%), а в Ненецком автономном округе, напротив, их ростом (+76,3%). На *рисунке 6а* продемонстрировано, что в целом за анализируемый период рост забора воды наблюдался в шести, а снижение – в пяти регионах округа. Лидерами по данному показателю являются Мурманская область и г. Санкт-Петербург.

Объем забора воды характеризует экологическую нагрузку на водные объекты, а его соотношение с объемом валового регионального продукта показывает экологическую интенсивность воздействия. Она является

наивысшей у Мурманской и Архангельской областей и наименьшей – у Ненецкого автономного округа и г. Санкт-Петербург (*рис. 6б*).

В Северо-Западном федеральном округе преобладает забор воды из поверхностных водных объектов. В 2024 году объем добычи составил 4675,8 млн м³. Каптаж из подземных источников – 621,2 млн м³. Мощность оборотных систем водоснабжения в целом по федеральному округу была 14396,6 м³, наибольшие из них были сконцентрированы в Вологодской области.

Объем использования воды составил 4849,64 млн м³, наибольшая часть которой была направлена на производственные (3704,35 млн м³), питьевые и хозяйственно-бытовые нужды (726,15 млн м³)⁷.

В то же время нельзя не отметить, что степень дифференциации показателя является самой высокой среди всех анализируемых

⁷ О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2024 году. Государственный доклад. Москва: Минприроды России; ВНИИ Экология. 721 с.

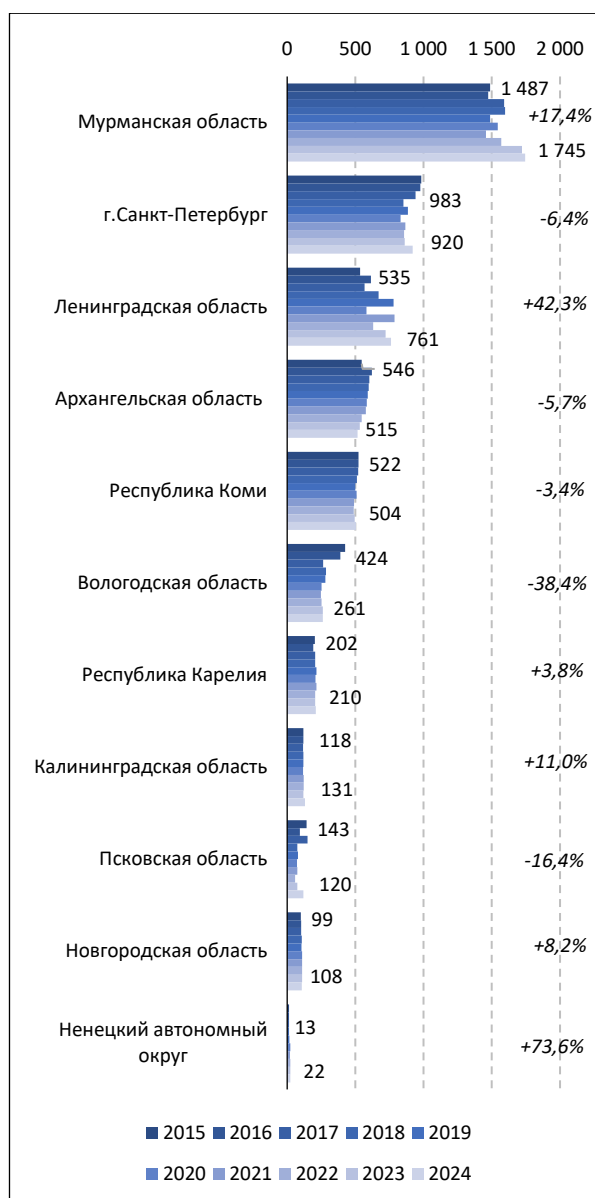
а) всего, млн м³б) м³ на 1000 тыс. руб. валового регионального продукта

Рис. 6. Забор воды из природных водных объектов

Источник: О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2024 году. Государственный доклад. Москва: Минприроды России; ВНИИ Экология. 721 с.

Источник: рассчитано автором.

значений экологической интенсивности. В динамике отмечается рост антропогенной нагрузки водозабора в трех регионах округа – Ненецком автономном округе, Мурманской области и Республике Коми, а ее снижение – в оставшихся восьми субъектах.

К сожалению, существует прямая связь между водозабором и потерями при транспортировке (коэффициент корреляции –

0,43). Наименьшая разница в Ненецком автономном округе – 1,3%, наибольшая – в Новгородской области (12,6%). Потери во многом обусловлены высокой степенью износа основных производственных фондов в коммунальной сфере (коэффициент корреляции – 0,44). Изношенность оборудования составляет от 38,0% в Республике Карелия до 60,5% в Республике Коми.

Утрата водных ресурсов при транспортировке за анализируемый период отмечалась в пяти регионах Северо-Западного федерального округа как в абсолютном (рис. 7а), так и в относительном выражении (рис. 7б). Наибольший темп роста характерен для Архангельской области (246,5%). Лидирует по объему потерь

г. Санкт-Петербург, а по интенсивности – Новгородская область. Степень разброса абсолютных значений показателя высока, но имеет тенденцию к снижению. Масштабы дифференциации относительного показателя наименьшие среди значений экологической интенсивности, однако все равно являются высокими.



а) всего, млн м³



б) м³ на 1000 тыс. руб. валового регионального продукта

Рис. 7. Потери воды при транспортировке

Источник: О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2024 году. Государственный доклад. Москва: Минприроды России; ВНИИ Экология. 721 с.

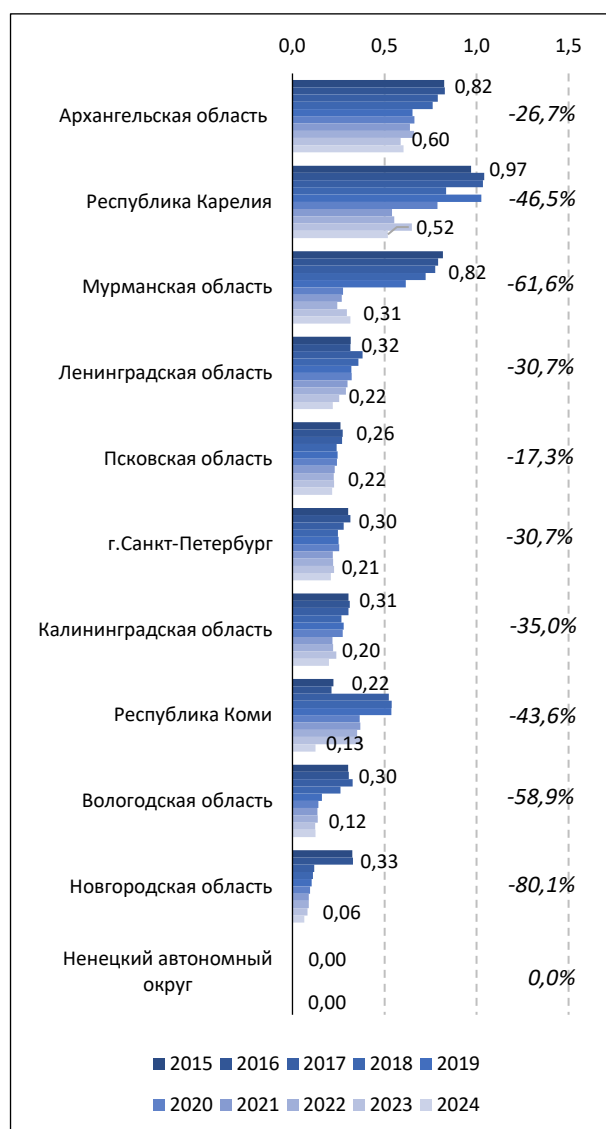
Источник: рассчитано автором.

Большинство регионов округа сократили объем сброса загрязненных сточных вод (рис. 8а). Он не изменился только в Ненецком автономном округе и немного вырос в Ленинградской области (на 0,2%). Однако степень разброса значений (будучи и так очень высокой) выросла за анализируемый период. По объему водоотведения лидирует г. Санкт-Петербург, по интенсивности – Архангельская область и Республика Карелия. Степень дифференциации оставалась высо-

кой на протяжении всего исследуемого периода и имела тенденцию к росту. Эмиссия напрямую связана с величиной производимого валового регионального продукта – коэффициент корреляции составил 0,37 без г. Санкт-Петербурга, Ленинградской и Архангельской областей, существенно отличающихся от других регионов по объемам загрязнения. Невысокое значение коэффициента может указывать на наличие эффекта декаплинга в отдельных регионах округа.



а) всего, млн м³



б) м³ на 1 000 тыс. руб. валового регионального продукта

Рис. 8. Сброс загрязненных сточных вод

Источник: О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2024 году. Государственный доклад. Москва: Минприроды России; ВНИИ Экология. 721 с.

Источник: рассчитано автором.

На рисунке 9 отражены результаты определения по рассмотренным выше динамическим характеристикам типа эколого-экономической динамики (рис. 9а), вида декаплинга (рис. 9б) и факторного анализа по модели IPAT (рис. 9в), позволяющего оценить силу воздействия популяционного, доходного и технологического эффектов на объемы забора воды из природных водных объектов.

«Зеленый» экономический рост отмечался в четырех регионах Северо-Западного федерального округа: г. Санкт-Петербург, Архангельская, Вологодская и Псковская области. Благодаря достижению сильного декаплинга, обеспеченному преимущественно за счет технологического эффекта, снизилась экологическая интенсивность хозяйственной деятельности.

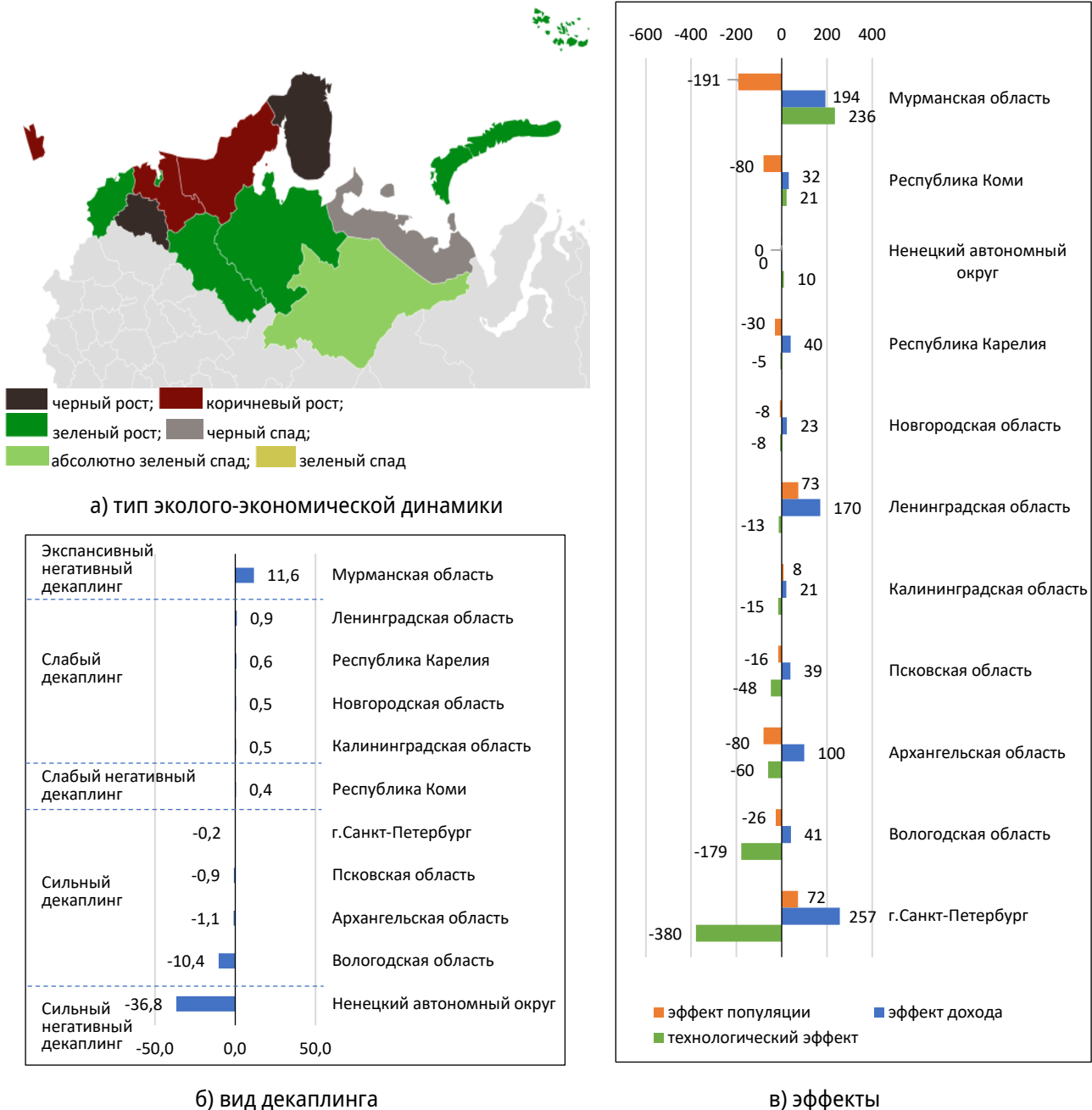


Рис. 9. Результаты пространственно-динамического анализа забора воды из природных водных объектов

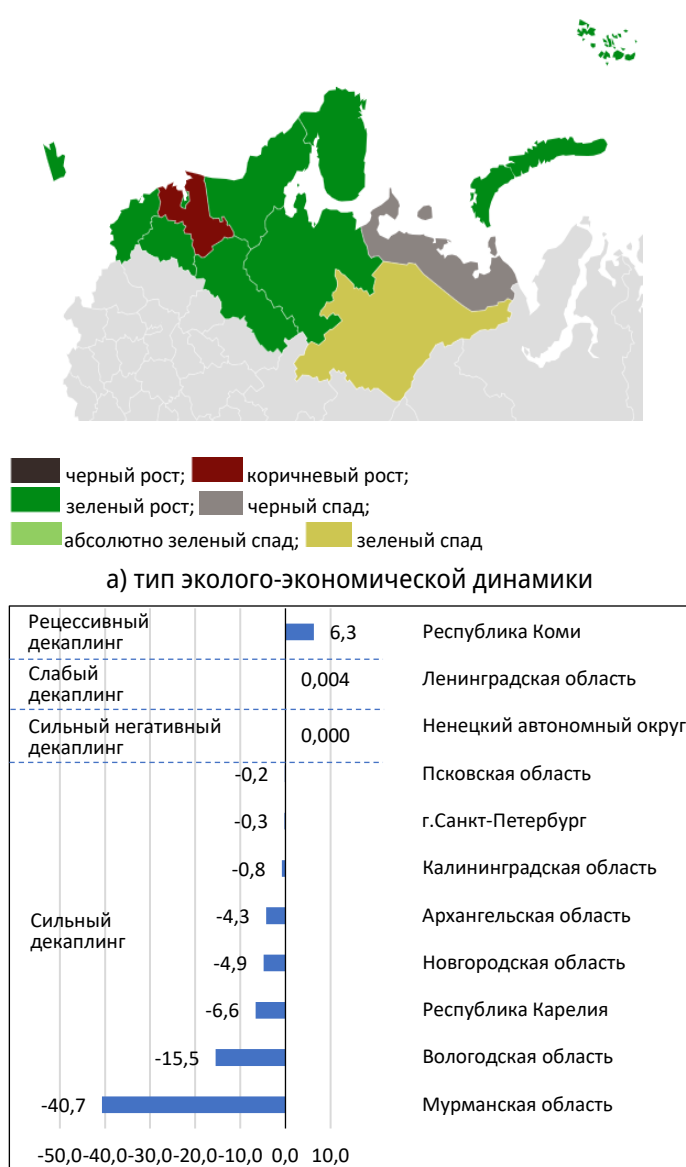
Источник: рассчитано автором.

Мурманская и Новгородская области характеризуются «черным» ростом. Это вызвано экспансивным негативным декаплингом, когда рост экономики вызывает увеличение водозабора (действие эффекта дохода). Также, находящиеся в использовании водоемкие технологии обусловили рост экологической интенсивности и объемы выкачивания водных ресурсов, что является негативным влиянием технологического эффекта.

В Республике Коми наблюдался «зеленый» экономический спад из-за слабого не-

гативного декаплинга, когда экологическая нагрузка снижается более медленными темпами, чем наблюдаемый спад в экономике, в результате чего возрастает экологическая интенсивность деятельности. При этом на фоне снижения общей суммы валового продукта в регионе (отрицательный темп которого выше численности населения республики) отмечается рост валового регионального продукта в расчете на душу населения.

На рисунке 10 отражены результаты определения типа эколого-экономической динамики (рис. 10а), вида декаплинга (рис. 10б)



б) вид декаплинга

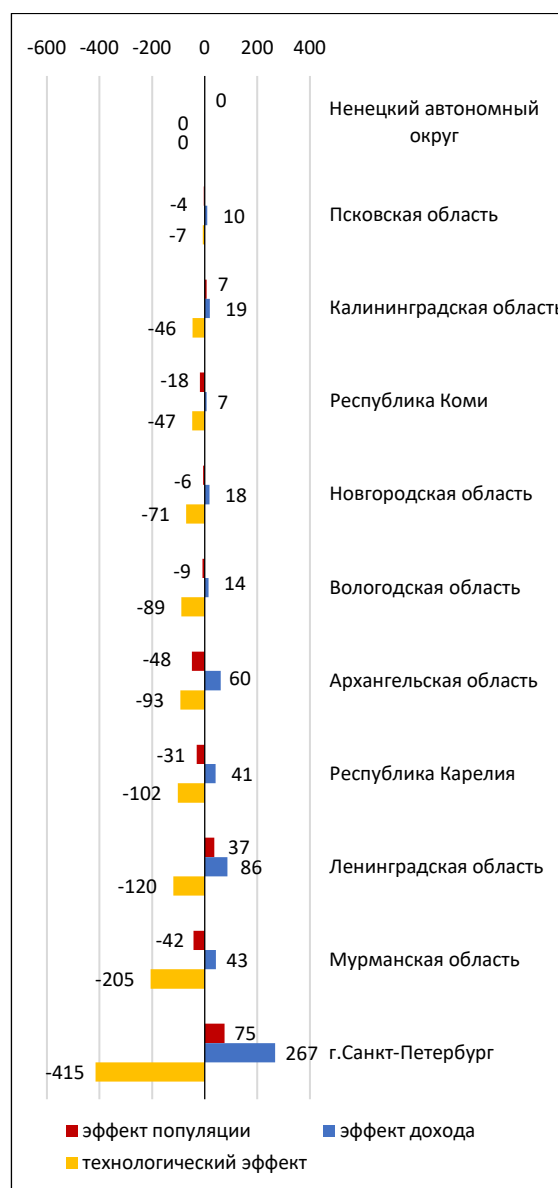


Рис. 10. Результаты пространственно-динамического анализа сброса загрязненных сточных вод
Источник: рассчитано автором.

и масштабы популяционного, доходного и технологического эффектов (рис. 10в) в отношении сброса загрязненных сточных вод. Из рисунка следует, что большинству регионов округа присущ «зеленый» рост, обусловленный сильным декаплингом и преобладанием технологического эффекта, снизившего экологическую интенсивность хозяйственной деятельности. «Зеленый» спад и рецессивный декаплинг отличают Республику Коми, а «черный» с сильным негативным декаплингом – Ненецкий автономный округ.

В целом по сбросам в Северо-Западном федеральном округе отмечается более позитивная динамика, чем по забору воды, поэтому фокус управленческого воздействия и его интенсивность может меняться в направлении водосбережения.

Исследование показало, что утилизация загрязненной воды напрямую связана с текущими затратами на сбор и очистку – коэффициент корреляции 0,57 (рис. 11). Она же обратно связана с их удельной величиной – коэффициент корреляции -0,37 (рис. 12),

то есть при росте затрат на сбор и очистку сточных вод в расчете на 1 м³ отмечается такой позитивный экологический эффект, как снижение экологической нагрузки в виде сокращения объемов их сброса.

Экономический механизм также работает и в отношении объема забора воды – коэффициент вариации равен -0,58, т. е. с ростом удельной величины водного налога снижается объем выкачки (рис. 13). Адекватно установленная цена воды стимулирует хозяйствующих субъектов к ресурсосбережению: рост цены стимулирует предприятия к сокращению потерь – коэффициент корреляции составил -0,40 (рис. 14).

Полученные результаты подтверждают мнение и других авторов относительно необходимости пересмотра ставок ресурсных налогов и платежей за загрязнение окружающей среды (Зима, 2024). Последние законодательные изменения в этой сфере⁸ направлены на усиление их регулирующей роли, возможность оценить их последствия появится после опубликования очередных статистических данных.



Рис. 11. Сброс загрязненных сточных вод и текущие затраты на сбор и очистку сточных вод в 2024 году

Источник: рассчитано автором.

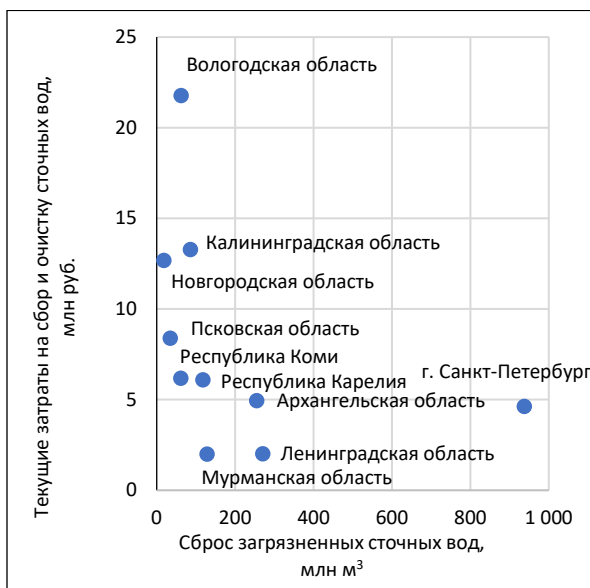


Рис. 12. Сброс загрязненных сточных вод и удельные затраты на очистку (без Ненецкого АО) в 2024 году

Источник: рассчитано автором.

⁸ О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду в 2025 году: распоряжение Правительства РФ от 10.07.2025 № 1852-п (ред. от 01.09.2025). URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=513974&dst=101126#fPAHOVS8Zv5jsjg2>

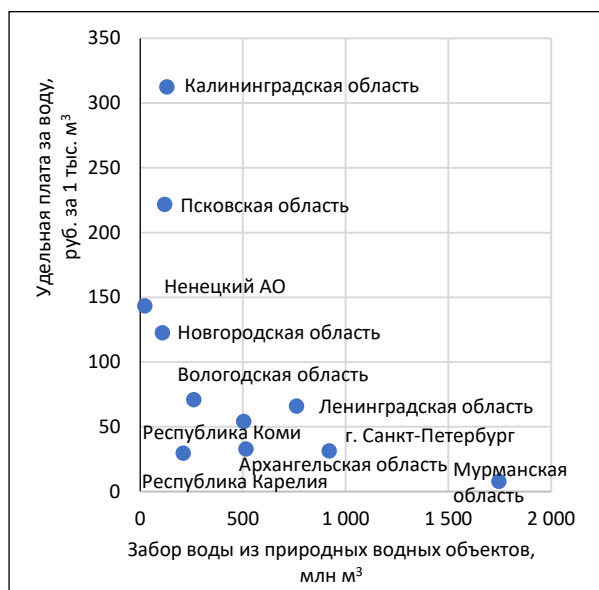


Рис. 13. Удельная плата за воду и забор воды в 2024 году

Источник: рассчитано автором.

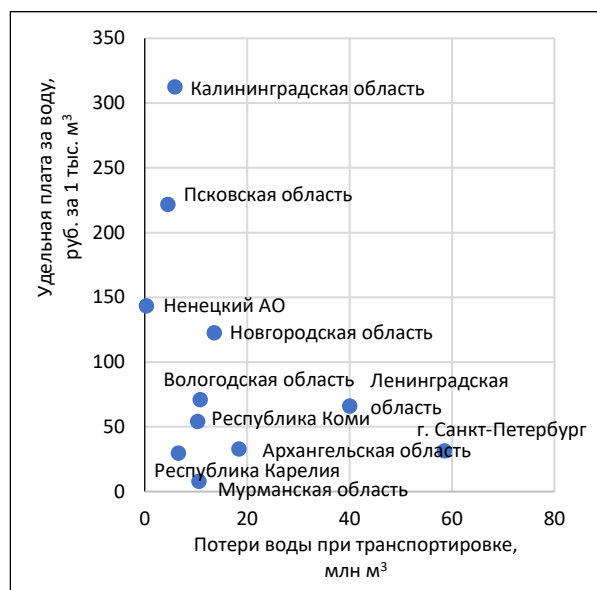


Рис. 14. Удельная плата за воду и потери воды в 2024 году

Источник: рассчитано автором.

Заключение

Апробация предложенной в данной работе интегрированной модели комплексного пространственно-динамического эколого-экономического оценивания использования природных ресурсов, на примере водопользования в Северо-Западном федеральном округе России, позволила выявить наиболее проблемные регионы с точки зрения водоемкости их экономики и интенсивности антропогенного загрязнения окружающей среды.

В частности, наиболее сложной является ситуация в Ненецком автономном округе с «черным» экономическим спадом, для которого характерны как рост объемов потребления воды (преимущественно затрачиваемой на поддержание пластового давления при добыче углеводородного сырья), так и антропогенное загрязнение поверхностных водных объектов (с нарастанием объемов сброса сточных вод в подземные водные объекты)⁹. Ситуацию усугубляет увеличение потерь воды при транспортировке.

Негативные тенденции могут нарастать из-за климатических изменений: нефтяная инфраструктура возведена на многолетне-мерзлых грунтах, которые под воздействием теплового поля сооружений оттаивают и дают значительные просадки, приводящие к деформации фундаментов сооружений и свайных оснований; возникновению трещин в фундаментах и емкостях, приводящих к утечкам нефти; загрязнению почв, грунтов и подземных вод¹⁰. Учитывая сформировавшиеся негативные тренды, необходимы комплексные программы для решения сложных многоаспектных (технических, технологических, экономических и др.) задач. Реализуемые на текущий момент в рамках регионального проекта «Сохранение уникальных водных объектов» меры по очистке береговых полос, водоохранных зон от промышленных отходов и бытового мусора, а также мониторинг состояния дна и берегов водных объектов в границах водоохранных зон являются явно недостаточными, так как не воздействуют на причины,

⁹ Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ненецкого автономного округа в 2024 году. Департамент природных ресурсов, экологии и агропромышленного комплекса Ненецкого автономного округа. Нарьян-Мар. 132 с. URL: <https://dprea.adm-nao.ru/ekologiya/doklady-o-sostoyanii-okruzhayushej-sredy-v-neneckom-avtonomnom-okruge/> (дата обращения: 21.04.2026).

¹⁰ Там же.

вызывающие и усиливающие сложившиеся тенденции. Результаты исследования показывают, что этому региону должно уделяться первостепенное внимание со стороны органов власти, общественных и научных организаций.

«Коричневый» рост, характеризующийся увеличением объемов потребления воды и эмиссии загрязненных сточных вод, присущ Ленинградской области, где еще и высокий показатель потери воды при транспортировке (при этом имеется тенденция к снижению). Высокой водоемкостью экономики отличаются Мурманская и Новгородская области, где темпы роста объема забора воды опережают темпы экономики. Сложившуюся ситуацию во многом обусловили отрицательный (Мурманская область) и слабоположительный (Новгородская область) технологические эффекты, выражающиеся в росте водоемкости. В этих субъектах для преодоления сложившихся тенденций особенно важны меры стимулирования технологического переоснащения в направлении производственного водоосбережения, сни-

жения потерь воды при транспортировке, а также обеспечения очистки сточных вод до нормативного уровня.

Высокая обеспеченность водными ресурсами регионов Северо-Запада России не может служить поводом для расточительного водопользования, а высокая дифференциация значений экономических и экологических показателей указывает на необходимость разработки программ с учетом региональной специфики. Важно в контуре государственного регулирования органично сочетать как административные меры нормирования и управления, так и экономические способы стимулирования и ограничения, которые также являются действенными, как показал проведенный корреляционный анализ.

Автор данной работы выражает надежду, что разработанный подход и полученные результаты окажут содействие лицам, принимающим решения, при обосновании выбора конкретного набора мер в каждом регионе для целенаправленного улучшения ситуации в сфере водопользования.

ЛИТЕРАТУРА

- Адам А.М., Лукашевич О.Д., Мершина Г.И. (2023). Оценка эффективности применения наилучших доступных технологий в системе водопользования на примере водохозяйственного участка реки Томи // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. Т. 25. № 5. С. 120–131. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-120-131
- Глазырина И.П., Фалейчик Л.М., Яковлева К.А. (2015). Социально-экономическая эффективность и «зеленый» рост регионального лесопользования // География и природные ресурсы. № 4. С. 17–25.
- Глазырина И.П. (2020). Тернистый путь к «зеленой» экономике // ЭКО. № 9 (555). С. 8–23. DOI: 10.30680/ESCO131-7652-2020-9-8-23
- Горбатенко Л.В. (2023). Дифференциация водопользования на территории Тихоокеанской России: структура, тенденции и загрязняющий эффект // Тихоокеанская география. № 3 (15). С. 56–65. DOI: 10.35735/26870509_2023_15_5
- Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. (2006). Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты. Ин-т водных проблем РАН. Москва: Наука. 221 с.
- Джамалов Р.Г., Власов К.Г., Галагур К.Г. [и др.]. (2022). Анализ пространственно-временной изменчивости гидрохимических компонентов рек бассейна Лены // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. № 2. С. 102–110. DOI: 10.17308/geo.2022.2/9316
- Забелина И.А. (2023). Россия и Китай: экологический и ресурсный эффекты декарбонизации // ЭКО. № 3. С. 68–92.
- Забелина И.А. (2019). Эффект декарбонизации в эколого-экономическом развитии регионов – участников трансграничного взаимодействия // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 12. № 1. С. 241–255. DOI: 10.15838/esc.2019.1.61.15

- Зима Ю.С. (2024). Экологическое налогообложение как инструмент рационального использования природных ресурсов // Учет и статистика. Т. 21. № 1. С. 83–93. DOI: 10.54220/1994-0874.2024.23.79.009
- Касимова Е.М., Оболдина Г.А., Попов А.Н. (2015). Совершенствование экономического механизма регулирования водопользования на основе комплексных показателей, используемых при внедрении наилучших доступных технологий // Водное хозяйство России. № 6. С. 54–66.
- Кутышкин А.В., Шульгин О.В. (2024). Оценка декаплинга влияния использования водных ресурсов на региональном уровне на примере Тюменской области // Вестник гражданских инженеров. № 6 (107). С. 136–145. DOI: 10.23968/1999-5571-2024-21-6-136-145
- Насыров А.Т., Литвинов В.П., Волков И.В., Фудашкин В.А. (2026). Управление водными ресурсами Центральной Азии: уроки истории и реальные перспективы // Власть. № 1 (34). С. 224–235.
- Попова К.Ю. (2023). Значение водных ресурсов и систем водопользования в сельском хозяйстве России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. № 2 (96). С. 131–140. DOI: 10.33938/232-131.
- Семячков А.И. (2022). Пространственно-временное моделирование сбалансированного природопользования. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН. 383 с.
- Рыбкина И.Д. (2023). Оценка антропогенной нагрузки на водные ресурсы и эффективности их использования: обзор методологических подходов // Антропогенная трансформация природной среды. Т. 9. № 2. С. 55–67. DOI: 10.17072/2410-8553-2023-2-55-67
- Третьякова Е.А. (2019). Экологическая интенсивность экономического развития регионов Северо-Запада // Балтийский регион. Т. 11. № 1. С. 14–28. DOI: 10.5922/2079-8555-2019-1-2.
- Турсуналиева Д.М., Токтосунова Ч.Т. (2022). Основные проблемы использования водных ресурсов и охраны водных объектов в Кыргызской Республике // Вестник Иссык-Кульского университета. № 51. С. 91–98.
- Фомина В.Ф. (2023). Оценка водопользования регионов России по критериям водообеспеченности, эффективности и устойчивого развития // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. Т. 18. № 2. С. 215–240.
- Шикломанов И.А., Маркова О.Л. (1987). Проблемы водных ресурсов и перебросок стока в мире. Ленинград: Гидрометеиздат. 196 с.
- Шкиперова Г.Т., Лукашова И.В., Дружинин В.П. (2015). Сравнительный анализ влияния экономики на окружающую среду в странах с разным уровнем развития // Экономический анализ: теория и практика. № 25. С. 20–31.
- Allocca V., Codal S., Simone M., Marzano E. (2025). Groundwater decoupling in residential water use: (Illusory) evidence from the Campania Region, Italy. *Italian Economic Journal*. DOI: 10.1007/s40797-025-00342-5
- Chen R., Ma X., Zhao Y., Wang S., Zhang S. (2023). Dynamic evolution characteristics and driving factors of carbon emissions in prefecture-level cities in the Yellow River Basin of China. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(25), 67443–67457.
- Huang Z., Nya E.L., Rahman M.A., Mwamila T.B., Cao V. [et al.]. (2021). Integrated water resource management: Rethinking the contribution of rainwater harvesting. *Sustainability*, 13. DOI: 10.3390/su13158338
- Kong Y., He W., Yuan L., Zhang Z., Gao X. [et al.]. (2021). Decoupling economic growth from water consumption in the Yangtze River Economic Belt, China. *Ecological Indicators*, 123, 107344. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107344
- Li D., Zuo Q., Zhang Z. (2022). A new assessment method of sustainable water resources utilization considering fairness-efficiency-security: A case study of 31 provinces and cities in China. *Sustainable Cities and Society*, 81, 103839. DOI: 10.1016/j.scs.2022.103839
- Ritchie H., Roser M. (2017). Water use and stress. *Our World in Data*. Available at: <https://ourworldindata.org/water-use-stress>

- Shang Y., Si Y., Zeng G. (2015). Black or green? Economic growth patterns in China under low carbon economy targets. *Journal of Resources and Ecology*, 6(5), 310–317. DOI: 10.5814/j.issn.1674-764x.2015.05.004
- Tapio P. (2005). Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001. *Transport Policy*, 35, 137–151. Available at: <https://oeclass.aau.gr/oeclass/modules/document/file.php/AOA139/ΑΣΚΗΣΕΙΣ/Ασκήση%20πρώτη/Towards%20a%20theory%20of%20decoupling.pdf>
- Victor P.A. (2015). The Kenneth E. Boulding Memorial Award 2014: Ecological economics: A personal journey. *Ecological Economics*, 109, 93–100. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2014.11.009
- Zhang S. (2025). Analysis of the decoupling effect between water resource utilization and high-quality economic development in nine provinces (regions) of the Yellow River Basin. *GeoJournal*, 90, 215. DOI: 10.1007/s10708-025-11469-4

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Елена Андреевна Третьякова – доктор экономических наук, главный научный сотрудник, профессор, Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: tretiaкова.ea@uiec.ru)

Tretiakova E.A.

SPATIAL-DYNAMIC INTEGRATED ASSESSMENT OF WATER USE IN THE NORTHWESTERN FEDERAL DISTRICT REGIONS OF RUSSIA

The growing problems of water resources scarcity in various countries and regions – resources essential for human livelihoods and economic activities – together with a high degree of their pollution, require the development of adequate assessment tools capable of characterizing the current situation both spatially and temporally, identifying trends, and enabling timely management decisions. In this regard, the aim of this study is to develop an integrated model for comprehensive spatialdynamic ecological-economic assessment of natural resource utilization and to test it with the help of the case of water use in the regions of the Northwestern Federal District of Russia. These regions are characterized by developed and diversified industrial sector with a high ecological intensity of impact on natural water bodies. The objectives of the study included the following: the scientific literature review on water use assessment, the development of analytical ecological-economic tools consistent with the stated aim, and their approbation. The scientific novelty of the research lies in the development of an integrated model for comprehensive spatialdynamic ecological-economic assessment of natural resource use and its testing on the case of water resources use in the regions of the Northwestern Federal District. The research employed methods of analysis, synthesis, analytical groupings, absolute and relative values, chain substitutions, statistical data analysis, and graphical representation. The information base of the study comprised open data published on the website of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation and the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation. The approbation results made it possible to characterize the type of ecological-economic dynamics in conjunction with the type of decoupling, factor effects, and correlation relationships, as well as to identify the most priority (from the perspective of the severity of the current situation) and negative trends. The obtained results may be useful for public authorities in the development (updating) of projects and programs aimed at ensuring sustainable balanced development of the regions of the Russian NorthWest.

Water resources, environmental economics, balanced natural resource use, regional economics, sustainable development, spatial analysis, dynamic analysis, decoupling.

REFERENCES

- Adam A.M., Lukashevich O.D., Merzhina G.I. (2023). Assessment of the effectiveness of the use of the best available technologies in the water management system using the example of the Tom River water management area. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 25(5), 120–131. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-120-131 (in Russian).
- Allocca V., Coda S., Simone M., Marzano E. (2025). Groundwater decoupling in residential water use: (Illusory) evidence from the Campania Region, Italy. *Italian Economic Journal*. DOI: 10.1007/s40797-025-00342-5
- Chen R., Ma X., Zhao Y., Wang S., Zhang S. (2023). Dynamic evolution characteristics and driving factors of carbon emissions in prefecture-level cities in the Yellow River Basin of China. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(25), 67443–67457.
- Danilov-Danilyan V.I., Losev K.S. (2006). *Potreblenie vody: ekologicheskie, ekonomicheskie, sotsial'nye i politicheskie aspekty* [Water Consumption: Environmental, Economic, Social and Political Aspects]. Moscow: Nauka.
- Dzhamalov R.G., Vlasov K.G., Galagur K.G. et al. (2022). Analysis of the spatial and temporal variability of the hydrochemical components of the Lena Basin rivers. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2, 102–110. DOI: 10.17308/geo.2022.2/9316 (in Russian).
- Fomina V.F. (2023). Assessment of water use in Russian regions according to criteria of water availability, efficiency and sustainable development. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Ekonomika*, 18(2), 215–240 (in Russian).
- Glazyrina I.P. (2020). The thorny path to the “green” economy. *EKO*, 9(555), 8–23. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2020-9-8-23 (in Russian).
- Glazyrina I.P., Faleichik L.M., Yakovleva K.A. (2015). Socio-economic efficiency and “green” growth of regional forest management. *Geografiya i prirodnye resursy*, 4, 17–25 (in Russian).
- Gorbatenko L.V. (2023). Differentiation of water use in the territory of Pacific Russia: Structure, trends and polluting effect. *Tikhookeanskaya geografiya*, 3(15), 56–65. DOI: 10.35735/26870509_2023_15_5 (in Russian).
- Huang Z., Nya E.L., Rahman M.A., Mwamila T.B., Cao V. et al. (2021). Integrated water resource management: Rethinking the contribution of rainwater harvesting. *Sustainability*, 13. DOI: 10.3390/su13158338
- Kasimova E.M., Oboldina G.A., Popov A.N. (2015). Improving the economic mechanism for regulating water use based on integrated indicators used in the implementation of the best available technologies. *Vodnoe khozyaistvo Rossii*, 6, 54–66 (in Russian).
- Kong Y., He W., Yuan L., Zhang Z., Gao X. et al. (2021). Decoupling economic growth from water consumption in the Yangtze River Economic Belt, China. *Ecological Indicators*, 123, 107344. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107344
- Kutyshkin A.V., Shulgin O.V. (2024). Assessment of decoupling of the impact of water resources use at the regional level on the example of the Tyumen region. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 6(107), 136–145. DOI: 10.23968/1999-5571-2024-21-6-136-145 (in Russian).
- Li D., Zuo Q., Zhang Z. (2022). A new assessment method of sustainable water resources utilization considering fairness-efficiency-security: A case study of 31 provinces and cities in China. *Sustainable Cities and Society*, 81, 103839. DOI: 10.1016/j.scs.2022.103839
- Nasyrov A.T., Litvinov V.P., Volkov I.V., Fudashkin V.A. (2026). Water resources management in Central Asia: Lessons from history and real prospects. *Vlast'*, 1(34), 224–235 (in Russian).
- Popova K.Yu. (2023). The importance of water resources and water use systems in agriculture in Russia. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom khozyaistve*, 2(96), 131–140. DOI: 10.33938/232-131 (in Russian).

- Ritchie H., Roser M. (2017). Water use and stress. *Our World in Data*. Available at: <https://ourworldindata.org/water-use-stress>
- Rybkina I.D. (2023). Assessment of anthropogenic pressure on water resources and the effectiveness of their use: A review of methodological approaches. *Antropogennaya transformatsiya prirodnoi sredy*, 9(2), 55–67. DOI: 10.17072/2410-8553-2023-2-55-67 (in Russian).
- Semyachkov A.I. (2022). *Prostranstvenno-vremennóe modelirovanie sbalansirovannogo prirodopol'zovaniya* [Spatial and Temporal Modeling of Balanced Environmental Management]. Yekaterinburg: Institut ekonomiki UrO RAN.
- Shang Y., Si Y., Zeng G. (2015). Black or green? Economic growth patterns in China under low carbon economy targets. *Journal of Resources and Ecology*, 6(5), 310–317. DOI: 10.5814/j.issn.1674-764x.2015.05.004
- Shiklomanov I.A., Markova O.L. (1987). *Problemy vodnykh resursov i perebrosok stoka v mire* [Problems of Water Resources and Flow Transfer in the World]. Leningrad: Gidrometeoizdat.
- Shkiperova G.T., Lukashova I.V., Druzhinin V.P. (2015). Comparative analysis of the economic impact on the environment in countries with different levels of development. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika*, 25, 20–31 (in Russian).
- Tapio P. (2005). Towards a theory of decoupling: Degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001. *Transport Policy*, 35, 137–151. Available at: <https://oeclase.aau.gr/oeclase/modules/document/file.php/AOA139/ΑΣΚΗΣΕΙΣ/Ασκήση%20πρώτη/Towards%20a%20theory%20of%20decoupling.pdf>
- Tretiakova E.A. (2019). Ecological intensity of economic development of the Northwest regions. *Baltiiskii region*, 11(1), 14–28. DOI: 10.5922/2079-8555-2019-1-2 (in Russian).
- Tursunalieva D.M., Toktosunova CH.T. (2022). The main problems of water resources use and protection of water bodies in the Kyrgyz Republic. *Vestnik Issyk-Kul'skogo universiteta*, 51, 91–98 (in Russian).
- Victor P.A. (2015). The Kenneth E. Boulding Memorial Award 2014: Ecological economics: A personal journey. *Ecological Economics*, 109, 93–100. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2014.11.009
- Zabelina I.A. (2019). The effect of decoupling in the ecological and economic development of regions participating in cross-border cooperation. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz=Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 12(1), 241–255. DOI: 10.15838/esc.2019.1.61.15 (in Russian).
- Zabelina I.A. (2023). Russia and China: Environmental and resource effects of decoupling. *EKO*, 3, 68–92 (in Russian).
- Zhang S. (2025). Analysis of the decoupling effect between water resource utilization and high-quality economic development in nine provinces (regions) of the Yellow River Basin. *GeoJournal*, 90, 215. DOI: 10.1007/s10708-025-11469-4
- Zima Yu.S. (2024). Environmental taxation as a tool for the rational use of natural resources. *Uchet i statistika*, 21(1), 83–93. DOI: 10.54220/1994-0874.2024.23.79.009 (in Russian).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Elena A. Tretiakova – Doctor of Sciences (Economics), Chief Researcher, Professor, Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (29, Moskovskaya Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: tretiakova.ea@uiec.ru)