

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ПРИБОРОСТРОЕНИЯ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА) *

DOI: <https://doi.org/10.24891/lrjuxe>

EDN: <https://elibrary.ru/lrjuxe>

Наталья Александровна ЖИЛЬНИКОВА

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры управления качеством и интегрированных систем менеджмента, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), Санкт-Петербург, Российская Федерация
e-mail: n.zhilnikova@guap.ru
ORCID: 0000-0003-1291-7150
SPIN: 3325-4589

История статьи:

Рег. № 176/2026
Получена 27.02.2026
Одобрена 30.03.2026
Доступна онлайн
30.07.2026

Специальность: 5.2.3

УДК 332.14; 504.03;
330.34

JEL: O13, Q25, Q56,
Q58, R11

Ключевые слова:

наилучшие доступные технологии,
водопользование,
очистка сточных вод,
замкнутый водооборот,
предотвращенный
экологический ущерб

Аннотация

Предмет. Структурная трансформация экономики индустриальных регионов, модернизация систем водопользования.

Цели. Оценка перспектив внедрения водосберегающих технологий на промышленных предприятиях некоторых отраслей.

Методология. Системный, экономико-статистический анализ.

Результаты. Обоснована экономическая и экологическая целесообразность перехода на замкнутые циклы водоснабжения. В отношении предприятий предусмотрено использование инструментов фискальной поддержки, льготного кредитования; также необходимо снижение административных барьеров.

Выводы. Снижение антропогенной нагрузки на водные объекты региона сопровождается ростом инвестиционной привлекательности предприятий. Внедрение наилучших доступных технологий обеспечивает существенное снижение удельного потребления водных и энергетических ресурсов.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2026

Для цитирования: Жильникова Н.А. Эколого-экономическая оценка эффективности водопользования предприятий радиоэлектроники и приборостроения как фактор устойчивого развития региона (на примере Санкт-Петербурга) // Региональная экономика: теория и практика. – 2026. – № 7. – С. 69 – 81. DOI: 10.24891/lrjuxe EDN: LRJUXE

Введение

В условиях структурной трансформации экономики индустриальных регионов России (А. Реджепов¹) переход к модели устойчивого развития актуализирует задачу совершенствования организационно-экономического механизма рационального природопользования (А.Ф. Баранова и др. [1]). Приоритетное значение приобретает проблема снижения техногенной нагрузки на водные ресурсы в тех субъектах Российской Федерации, в которых созданы высокотехнологичные кластеры, а показатели эколого-экономической эффективности в этих регионах становятся основным фактором конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности (А.Ю. Кособуцкая, К.В. Солтис²).

В качестве репрезентативного объекта исследования рассматривается Санкт-Петербург – ключевой индустриальный центр Северо-Западного федерального округа. Статистический анализ структуры десяти ключевых промышленных отраслей региона указывает на высокую концентрацию предприятий радиоэлектроники и приборостроения. Оценка текущего статуса и перспектив данной сферы, проведенная в контексте ужесточения требований к содержанию опасных химических веществ, устанавливаемых технологическим регламентом Евразийского экономического союза «Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники»³ (ТР ЕАЭС 037/2016) и межгосударственным стандартом «Определение регламентированных веществ в электротехнических изделиях»⁴ (МКС 43.040.10), выявила несоответствие применяемых методов производства современным нормативам. Проблемы перехода промышленности на нормирование по наилучшим доступным технологиям (НДТ) проанализированы О.П. Бурматовой [2], установившей, что внедрение НДТ-подхода является перспективным инновационным инструментом структурно-технологических преобразований экономики.

Локализация предприятий радиоэлектронной промышленности и приборостроения (более 130 хозяйствующих субъектов) формирует специфическую структуру водохозяйственного баланса территории, что предполагает применение дифференцированных подходов к управлению водопользованием. Необходимым условием снижения негативного воздействия на водные объекты региона является технологическая модернизация производств на основе внедрения наилучших доступных технологий⁵. Вместе с тем высокая капиталоемкость природоохранных мероприятий затрудняет их реализацию исключительно за счет собственных средств предприятий, поэтому необходимо совершенствовать региональный организационно-экономический механизм рационального природопользования. Цель

* Автор выражает благодарность и признательность кандидату экономических наук, доценту кафедры инноватики и интегрированных систем качества Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения Галине Владимировне ГЕТМАНОВОЙ за советы и ценные замечания при работе над данной статьей.

¹ Реджепов А., Гурбанмырадов М., Бахтияров К. Практики и технологии для минимизации воздействия на окружающую среду в горной промышленности // Символ науки: международный научный журнал. 2025. Т. 1. № 4. Ч. 1. С. 52–54.

² Кособуцкая А.Ю., Солтис К.В. Устойчивое развитие социально-экономической системы: подходы к оценке. В кн.: Трансформация систем управления: новые задачи и горизонты: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Курск: Курский государственный университет, 2023. С. 79–84.

³ Технический регламент Евразийского экономического союза «Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники» (ТР ЕАЭС 037/2016). URL: <https://docs.cntd.ru/document/420387089?ysclid=mruf1qzxd8879467022>

⁴ ГОСТ ИЕС 62321-1-2016. Межгосударственный стандарт. Определение регламентированных веществ в электротехнических изделиях. URL: <https://docs.cntd.ru/document/557580450?ysclid=mruf35if9v982280239>

⁵ Гревцов О.В., Щелчков К.А., Эпов А.Н. и др. Применение принципов НДТ: опыт исключения КОС из списка экологических «горячих точек» // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2020. № 3. С. 2–7.

настоящего исследования – разработка комплекса мер по внедрению водосберегающих технологий на промышленных предприятиях Санкт-Петербурга.

Материалы и методы

Принципы системного анализа и междисциплинарного синтеза изложены автором настоящей статьи и А.А. Барановой в работе [3]. Необходимость комплексного подхода к изучению эколого-экономических взаимодействий в промышленном секторе региона обоснована Е.А. Третьяковой и соавторами [4]. В ходе исследования применены инструменты экономико-статистического анализа (Е.Н. Сунцова, Л.В. Рудакова⁶, Р.Н. Плотникова [5]), проведена нормативная оценка воздействия промышленных предприятий на окружающую среду (В.К. Донченко⁷, С.Н. Аюшеева [6]), разработана модель для расчета эффективности природоохранных инвестиций (Л.А. Николаева, Н.Е. Айкенова⁸).

Этапы исследования – оценка результативности внедрения наилучших доступных технологий на радиоэлектронных и приборостроительных производствах (РПП); расчет предотвращенного экологического ущерба и оценка социально-экономических эффектов от улучшения качества окружающей среды; разработка системы региональных экономических стимулов для осуществления «зеленой» модернизации производств; формирование системы индикаторов, позволяющих оценить устойчивость промышленного кластера.

Эмпирический фундамент исследования – репрезентативная выборка, включающая отчетные данные по ряду ведущих предприятий радиоэлектроники и приборостроения г. Санкт-Петербурга. Информационную верификацию обеспечили официальные статистические материалы Федеральной службы государственной статистики, данные Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор), аналитические отчеты о гидрохимическом состоянии водных объектов бассейна рек Финского залива. Ретроспективный анализ охватывал период 2018–2023 гг., что позволило выявить устойчивые среднесрочные тренды.

Для оценки интегральной эффективности природоохранных мероприятий использовалась модифицированная модель расчета чистого дисконтированного дохода (ЧДД), учитывающая как экономический, так и экологический эффект:

$$E_{eco} = \sum_{t=0}^T \frac{(R_t - C_t) + D_{pr,t}}{(1+r)^t} - I_0, \quad (1)$$

где E_{eco} – интегральный эколого-экономический эффект от внедрения природоохранных мероприятий; R_t – дополнительная выручка (экономия ресурсов, выпуск побочной продукции) в году t ; C_t – эксплуатационные затраты на природоохранное оборудование в году t ; $D_{pr,t}$ – предотвращенный экологический ущерб в году t ; I_0 – начальные капитальные вложения в модернизацию; r – ставка дисконтирования; T – расчетный (прогнозный) период, лет.

⁶ Сунцова Е.Н., Рудакова Л.В. Анализ методик оценки экологического вреда // Химия. Экология. Урбанистика. 2020. Т. 1. С. 215–219.

⁷ Донченко В.К. Предотвращенный экологический ущерб – объективная характеристика эколого-экономической эффективности отходоперерабатывающей отрасли. В кн.: Парадигмальные установки естественных и гуманитарных наук: междисциплинарный аспект: материалы XVI Международной научно-практической конференции. Т. 1. Р-н/Д.: ВВМ, 2021. С. 977–986.

⁸ Николаева Л.А, Айкенова Н.Е. Оценка экологической и экономической эффективности очистки промышленных сточных вод от фенолов карбонатным шламом. В кн.: Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность. 2021: сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2021. С. 485–487.

Оценка предотвращенного экологического ущерба, являющегося, согласно одним из основных показателей социально-экономического эффекта (Н.Р. Валиуллина, А.Б. Михайлов [7]), производилась на основе суммирования значений параметров снижения негативного воздействия на окружающую среду по формуле:

$$D_{pr} = \sum_{i=1}^n (M_i^{base} - M_i^{fact}) \cdot K_{eco} \cdot H_i, \quad (2)$$

где M_i^{base} и M_i^{fact} – масса выбросов (сбросов) i -го загрязняющего вещества до и после реализации мероприятий соответственно; K_{eco} – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости региона; H_i – норматив по плате или удельная величина ущерба на единицу i -го загрязняющего вещества.

Для расчета предотвращенного экологического ущерба использован коэффициент экологической значимости региона $K_{eco} = 1,51$, установленный для г. Санкт-Петербурга и бассейна Финского залива действующими нормативными документами. Для мониторинга устойчивого развития регионального кластера радиоэлектронных и приборостроительных производств предложен индекс устойчивости, рассчитываемый как средневзвешенное значение нормализованных показателей:

$$I_{sd} = \sum_{j=1}^m \cdot w_j \cdot x'_j, \quad (3)$$

где x'_j нормализованное значение j -го показателя в интервале $[0; 1]$:

$$x'_j = \frac{x_j - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}}, \quad (4)$$

x_j – фактическое значение j -го показателя (экономического, экологического, социального); x_j^{min} – минимальное значение j -го показателя в анализируемой совокупности; x_j^{max} – максимальное значение j -го показателя; w_j – весовой коэффициент значимости показателя

$$\sum_{j=1}^m \cdot w_j = 1.$$

Результаты и обсуждение

На основе данных, полученных Ю.А. Антохиной и соавторами [8], проведена оценка экономической целесообразности модернизации производственных мощностей 25 предприятий радиоэлектронного кластера Санкт-Петербурга. В качестве нормативной базы для выбора технологических решений использовались документы ИТС 36-2017 «Обработка поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов»⁹, ИТС 8-2022 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»¹⁰, ИТС 48-2017 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и(или) иной деятельности»¹¹.

⁹ ИТС 36-2017. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Обработка поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/556173716?ysclid=mruf5od0kn613043892>

¹⁰ ИТС 8-2022. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1300423449?ysclid=mruf7eap5f391002975>

¹¹ ИТС 48-2017. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456096365?ysclid=mrufb1v31o549133856>

Для проведения сравнительного анализа предприятий выборки были дифференцированы на две кластерные группы в зависимости от глубины внедряемых технологий:

- группа А – предприятия, использующие локальные очистные сооружения без организации замкнутого водооборотного цикла (реализация НДТ 14, НДТ 15; ИТС 8-2022);
- группа Б – предприятия, внедряющие системы замкнутого водоснабжения с полным возвратом воды в производство и рекуперацией ценных компонентов (реализация НДТ 1, НДТ 23; ИТС 36-2017) (Г.А. Самбурский¹²).

Сводные результаты моделирования инвестиционной привлекательности проектов по внедрению НДТ в производственные процессы представлены в *табл. 1*. Анализ показывает, что внедрение технологий замкнутого цикла (группа Б), несмотря на более высокие капитальные вложения (в 2,7 раза выше, чем в Группе А), обеспечивает существенно больший экологический эффект за счет предотвращения сброса загрязняющих веществ в водные объекты бассейна Финского залива. Для расчета годового экономического эффекта от внедрения НДТ использовалась следующая формула:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \Delta P_{\text{экол}} + \Delta C_{\text{вода}} + \Delta C_{\text{энерг}} - (C_{\text{тек}} + E_n \cdot K), \quad (5)$$

где $\mathcal{E}_{\text{год}}$ – годовой экономический эффект от внедрения наилучших доступных технологий, млн руб./год; $\Delta P_{\text{экол}}$ – снижение платы за негативное воздействие на окружающую среду за счет уменьшения массы сбросов (выбросов), млн руб./год; $\Delta C_{\text{вода}}$ – снижение операционных затрат на водопотребление и водоотведение, млн руб./год; $\Delta C_{\text{энерг}}$ – снижение затрат на энергоресурсы (внедрение частотных преобразователей рекуперации тепла – НДТ4; ИТС 48-2017 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и(или) иной деятельности»), млн руб./год; $C_{\text{тек}}$ – текущие эксплуатационные затраты на обслуживание внедренного оборудования НДТ, млн руб./год; K – капитальные вложения в модернизацию (внедрение НДТ), млн руб.; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (принимается равным 0,15, что соответствует нормативному сроку окупаемости 6,7 года)

На основе формулы (1) и данных по инвестиционным программам исследуемых предприятий выполнен прогнозный расчет суммарного экономического эффекта на горизонте планирования, который составляет семь лет (2024–2030 гг.). Для приведения разновременных денежных потоков использовалась ставка дисконтирования $r=12\%$, соответствующая нормативному коэффициенту эффективности для природоохранных проектов. Таким образом, кумулятивный чистый дисконтированный доход (ЧДД) для 25 предприятий радиоэлектроники и приборостроения составит 3,15 млрд руб. (доверительный интервал при $p=0,95$ 2,8–3,5 млрд руб. (рассчитан на основе статистического анализа вариации показателей по выборке предприятий).

Основным фактором роста эффективности является снижение ресурсоемкости продукции, обеспечивающее экономию затрат на водопотребление (41,5–60%) и энергоресурсы (18,5–31,5%). С учетом косвенных социально-экономических выгод совокупный региональный эффект оценивается в 4,65 млрд руб. (доверительный интервал при $p=0,95$ 4,2–5,1 млрд руб.). Региональный эффект рассчитывался по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{рег}} = \text{ЧДД} + \mathcal{U}_{\text{здрав}} + \mathcal{E}_{\text{рекр}} + \Delta H_{\text{бюдж}}, \quad (6)$$

¹² Самбурский Г.А. Природоподобные решения по управлению водными ресурсами в городах на основе замкнутых циклов: обзор зарубежной практики // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2021. № 4. С. 41–55.

где $U_{\text{здрав}}$ – предотвращенный медико-социальный ущерб, рассчитанный на основе методики определения предотвращенного экологического ущерба¹³ (А.С. Тулупов и соавторы [9]), применяемой в рекомендательном порядке для оценки эффективности природоохранных мероприятий; $\mathcal{E}_{\text{рекр}}$ – стоимостная оценка повышения рекреационной привлекательности водных объектов; $\Delta H_{\text{бюдж}}$ – прирост налоговых поступлений от модернизированных производств.

Распределение составляющих суммарного регионального эффекта в прогнозном периоде систематизировано в табл. 2. Основные индикаторы эффективности инвестиционного сценария характеризуются следующими значениями:

- индекс рентабельности – 1,38;
- внутренняя норма доходности – 18,2%;
- период возврата инвестиций с учетом дисконтирования – 5,8 года.

Полученные данные верифицируют гипотезу о положительном влиянии внедрения наилучших доступных технологий на долгосрочную экономическую устойчивость предприятий.

Применение риск-ориентированного подхода к оценке экологического ущерба (Ш. Ли [10]) позволяет государственным регуляторам выделять субъекты с высоким уровнем экологических рисков и дифференцировать меры по надзору, что согласуется с разрабатываемым в настоящей статье механизмом, стимулирующим внедрение наилучших доступных технологий. Полученные результаты показывают, что использование предприятиями радиоэлектроники и приборостроения наилучших доступных технологий очистки сточных вод экологически обосновано и экономически эффективно, что способствует развитию региона¹⁴. Если значение чистого дисконтированного дохода положительно, индекс рентабельности выше единицы, а внутренняя норма доходности превышает нормативный коэффициент эффективности, то «природоохранная модернизация» инвестиционно привлекательна, а в среднесрочной перспективе обеспечен возврат капитальных вложений.

На основе проведенного анализа барьеров, препятствующих экологической модернизации, и факторов, способствующих ей, разработан комплексный организационно-экономический механизм, стимулирующий внедрение НДТ в радиоэлектронном кластере на региональном уровне. Предлагаемая модель базируется на синергии описанных финансово-инвестиционных, административно-регуляторных, информационных и рыночных инструментов и учитывает успешный международный опыт (рис. 1).

Рассмотрим ряд предпочтительных финансово-инвестиционных инструментов. Так, возможно создание Регионального фонда содействия экологической модернизации (капитализация – 170–350 млн руб. ежегодно). Механизм предусматривает дифференцированное софинансирование внедрения НДТ: до 30% – для очистных сооружений (группа А) и до 25% – для замкнутого водооборота (группа Б). Подобный подход успешно реализуется в рамках программы Green Finance Facility (Европейский банк реконструкции и развития; объем софинансирования – до 35%). Реализация программы субсидирования процентных ставок по «зеленым» кредитам позволит компенсировать разницу между рыночной и льготной ставками.

Целевой индикатор стоимости заемного капитала для предприятий – участников программы – ключевая ставка Центрального банка Российской Федерации, уменьшенная на

¹³ Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды. Методика определения предотвращенного экологического ущерба.
URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293829/4293829639.pdf?ysclid=mmnye7zklh324699168>

¹⁴ Власов Д.Ю., Казанкин Д.А., Комов А.Д. Мониторинг потенциальных загрязнителей канализационной сети с помощью автоматизированной системы автономного контроля стоков // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2022. № 1. С. 2–5.

3–5 п.п. Как отмечают О.С. Мирошниченко и Н.А. Бранд [11] банки не только обеспечивают перераспределение капитала в «зеленые» проекты, но и формируют новые стандарты оценки рисков, интегрируя социально-экономические факторы в кредитные стратегии. Данный подход соответствует практике программ «зеленого» финансирования, реализуемых в странах Европейского союза, где, по данным М.Б. Уаге [12], льготные ставки по экологическим кредитам снижаются на 2–5 п.п относительно базовой ставки центральных банков.

Целесообразно установление налоговых льгот, доказавших свою эффективность эффективных в странах Великобритании и Нидерландах, таких как: обнуление налога на имущество для объектов природоохранной инфраструктуры (на пять лет); понижающий коэффициент 0,5 по налогу на прибыль в региональный бюджет; инвестиционный налоговый кредит (на срок до семи лет). Важный аспект институционально-административного регулирования – реализация ускоренной процедуры выдачи комплексных экологических разрешений (КЭР) для предприятий, использующих наилучшие доступные технологии (до 30 дней вместо 60), и «экологизация» государственных закупок (предоставление преференций участникам, которые соответствуют стандартам ISO 14001 и используют наилучшие доступные технологии). Опыт стран Европейского союза подтверждает эффективность сертификации для снижения издержек.

Необходимо создание Регионального центра компетенций, работающего по принципу «одно окно», что предполагает разработку адаптированных справочников по НДТ и запуск платформы для обмена опытом. Другое важное направление – внедрение экономических инструментов, позволяющих регулировать воздействие на окружающую среду. Формирование регионального рынка квот на сброс загрязняющих веществ позволит предприятиям монетизировать результаты модернизации, что подтверждает опыт Европейского союза, США, Канады и Китая. Присвоение статуса «Эко-лидер региона» повышает ESG-рейтинг, а предприятия, характеризующиеся высокой ресурсоэффективностью, имеют приоритет в рамках государственной поддержки и являются привлекательными для инвесторов.

Реализация предложенной системы мер позволит обеспечить комплексный эффект для региональной экономики (стимулирование инвестиционной активности, снижение антропогенной нагрузки на экосистему и повышение конкурентоспособности предприятий кластера).

Заключение

На примере радиоэлектронного и приборостроительного комплексов Санкт-Петербурга обоснована целесообразность модернизации систем водопользования с применением наилучших доступных технологий. Моделирование подтвердило достижение комплексного эффекта: снижение антропогенной нагрузки на водные объекты региона сопровождается ростом инвестиционной привлекательности предприятий.

Установлено, что наибольшую интегральную результативность обеспечивает переход к замкнутому циклу водоснабжения. Доказано, что, несмотря на значительные капитальные вложения по сравнению с локальными очистными сооружениями, такие системы гарантируют устойчивую эколого-экономическую эффективность в долгосрочной перспективе.

Для устранения ограничений, сдерживающих технологическое обновление, разработан организационно-экономический механизм, предусматривающий финансовое стимулирование, административную поддержку, развитие инфраструктуры технологического трансфера и рыночных инструментов управления. Практическое применение предложенного комплекса мер усилит роль отраслевого кластера в обеспечении устойчивости развития территории, способствуя росту конкурентоспособности производств, оздоровлению окружающей среды и улучшению инвестиционного климата.

Таблица 1

Санкт-Петербург: технико-экономические показатели внедрения наилучших доступных технологий на предприятиях, входящих в кластер радиоэлектроники и приборостроения (в ценах 2024 г.)

Table 1

St. Petersburg: Technical and economic indicators of the implementation of best available technologies at enterprises within the radio electronics and instrument engineering cluster (in 2024 prices)

Показатель	Предприятия группы А (локальная очистка сточных вод)
Средние капитальные вложения, млн руб.	56
Срок окупаемости, лет	7,74
Снижение платы за негативное воздействие на окружающую среду, %	67,5
Сокращение водопотребления, %	41,5
Повышение энергоэффективности, %	18,5
Текущие затраты и приведенные капитальные вложения, млн руб./год	11,6
Коэффициент эффективности	0,129
Годовой экономический эффект, млн руб./год	7,23

Продолжение

Показатель	Предприятия группа Б (замкнутый цикл)
Средние капитальные вложения, млн руб.	150
Срок окупаемости, лет	5,37
Снижение платы за негативное воздействие на окружающую среду, %	50
Сокращение водопотребления, %	60
Повышение энергоэффективности, %	31,5
Текущие затраты и приведенные капитальные вложения, млн руб./год	31
Коэффициент эффективности	0,186
Годовой экономический эффект, млн руб./год	27,93

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2

Санкт-Петербург: структурно-динамический анализ компонентов совокупного эффекта от внедрения наилучших доступных технологий на предприятиях, входящих в кластер радиоэлектроники и приборостроения (расчет на период 2024–2030 гг.)

Table 2

St. Petersburg: Structural-dynamic analysis of the components of the overall effect from the implementation of the best available technologies at enterprises within the radioelectronics and instrument engineering cluster (calculation for the period 2024–2030)

Компоненты совокупного эффекта	Стоимостная оценка, млрд руб. (в ценах 2023 г.)
Прямой производственно-коммерческий эффект (на основе кумулятивного чистого дисконтированного дохода от проектов модернизации)	3,15
Социальный эффект (предотвращенный экономический ущерб от заболеваемости населения)	0,85
Эколого-рекреационный эффект (повышение рекреационного потенциала водных объектов бассейна Финского залива)	0,35
Бюджетный эффект (дополнительные налоговые поступления в региональный бюджет)	0,3
Совокупный эффект	4,65

Продолжение

Компоненты совокупного эффекта	Удельный вес в структуре совокупного эффекта, %
Прямой производственно-коммерческий эффект (на основе кумулятивного чистого дисконтированного дохода от проектов модернизации)	67,7
Социальный эффект (предотвращенный экономический ущерб от заболеваемости населения)	18,3
Эколого-рекреационный эффект (повышение рекреационного потенциала водных объектов бассейна Финского залива)	7,5
Бюджетный эффект (дополнительные налоговые поступления в региональный бюджет)	6,5
Совокупный эффект	100

Источник: авторская разработка

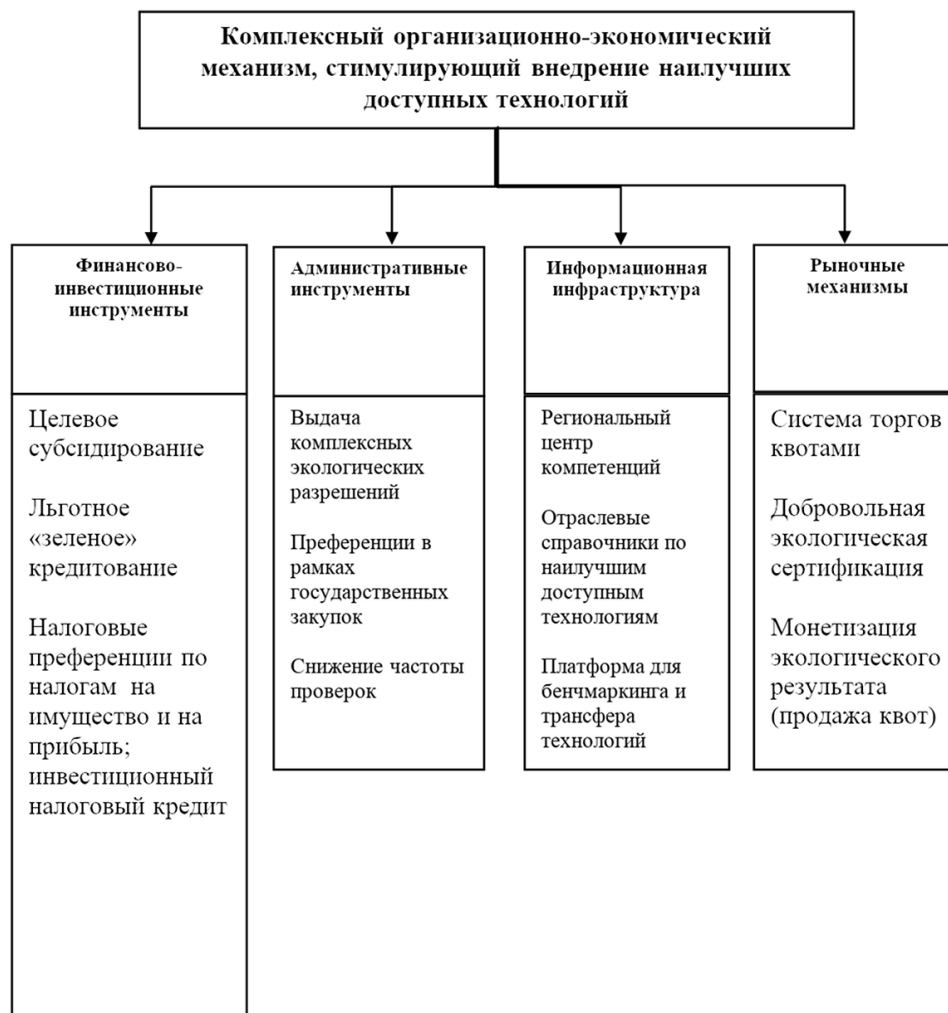
Source: Authoring

Рисунок 1

Санкт-Петербург: структура комплексного организационно-экономического механизма, стимулирующего внедрение наилучших доступных технологий на предприятиях, входящих в кластер радиоэлектроники и приборостроения

Figure 1

Saint Petersburg: The structure of a comprehensive organizational and economic mechanism that encourages the implementation of the best available technologies at enterprises within the radioelectronics and instrument-making cluster



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Баранова А.Ф., Дмитриев Ю.А., Ерлыгина Е.Г. и др. Эколого-экономические аспекты устойчивого развития региона: монография. Нижневартовск: Наука и практика, 2021. 150 с.
2. Бурматова О.П. Экологическое регулирование на основе наилучших доступных технологий: проблемы и тенденции // Мир экономики и управления. 2023. Т. 23. № 3. С. 21–34. EDN: AMKRZL

3. Жильникова Н.А., Баранова А.А. Техничко-эколого-экономическая оценка эффективности водопользования производственных систем // Наука и бизнес: пути развития. 2021. № 12. С. 75–81. EDN: HWFXTZ
4. Третьякова Е.А., Миролубова Т.В., Мыслякова Ю.Г., Шамова Е.А. Методический подход к комплексной оценке устойчивого развития региона в условиях экологизации экономики // Вестник УрФУ. Серия «Экономика и управление». 2018. Т. 17. № 4. С. 651–669. EDN: XYTRZJ
5. Плотникова Р.Н. Экологическая и экономическая оценка нарушений нормативных требований по охране водных объектов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. № 2. С. 290–297. EDN: IUTXWG
6. Аюшеева С.Н. Сравнительный анализ экономического ущерба от загрязнения природной среды на модельных территориях Российской Федерации // Региональная экономика: теория и практика. 2020. Т. 18. Вып. 11. С. 2205–2220. EDN: ORHHBT
7. Валиуллина Н.Р., Михайлов А.Б. Оценка экономической эффективности водоохраных мероприятий и предотвращенного экономического ущерба // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Т. 9. № 11. Ч. 1. С. 93–99. EDN: VXKFQZ
8. Антохина Ю.А., Семенова Е.Г., Жильникова Н.А. Экологические аспекты устойчивого водопользования предприятиями радиоэлектроники и приборостроения в Санкт-Петербурге на регионально-бассейновом уровне // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2020. № 4. С. 54–60. EDN: TRBXXG
9. Тулупов А.С., Мудрецов А.Ф., Витухин А.Д., Авраменко А.А. Оценка вреда от нарушения природоохранного законодательства: обзор и систематизация методологических подходов и методического обеспечения // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2021. № 1. С. 3–25. EDN: BPJWIE
10. Шобин Л. Экологический ущерб как разновидность риск-ориентированного подхода в управлении природопользованием // Проблемы современной экономики. 2025. № 2. С. 221–223. EDN: PKVEWS
11. Мирошниченко О.С., Бранд Н.А. Банки в финансировании «зеленой» экономики: обзор современных исследований // Финансы: теория и практика. 2021. Т. 25. № 2. С. 76–95. EDN: AXCRSD
12. Уаге М.Б. Правовое регулирование промышленного водопользования в Европейском союзе // Вестник Удмуртского университета. Серия «Экономика и право». 2021. Т. 31. № 3. С. 504–508. EDN: UNSXIK

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF WATER USE EFFICIENCY IN ELECTRONICS AND INSTRUMENTATION COMPANIES AS A FACTOR OF SUSTAINABLE REGIONAL DEVELOPMENT: ST. PETERSBURG CASE STUDY

DOI: <https://doi.org/10.24891/lrjuxe>

EDN: <https://elibrary.ru/lrjuxe>

Natal'ya A. ZHIL'NIKOVA

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg, Russian Federation

e-mail: n.zhilnikova@guap.ru

ORCID: 0000-0003-1291-7150

Article history:

Article No. 176/2026

Received 27 Feb 2026

Accepted 30 Mar 2026

Available online

30 Jul 2026

JEL Classification:

O13, Q25, Q56, Q58,
R11

Keywords:

best available technologies, water use, wastewater treatment, closed water cycle, prevented environmental damage

Abstract

Subject. Structural transformation of the economy of industrial regions, modernization of water use systems.

Objectives. Assessment of the prospects for implementing water-saving technologies in industrial enterprises of certain sectors.

Methods. Systems, economic and statistical analyses were used.

Results. The economic and environmental sense of switching to closed-loop water supply systems has been justified. For businesses, the use of fiscal support tools and favorable loans is planned; it's also necessary to reduce administrative barriers.

Conclusions. Reducing the human impact on the region's water bodies goes hand in hand with increasing the investment appeal of businesses. Using the best available technologies significantly cuts the specific consumption of water and energy resources.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2026

Please cite this article as: Zhil'nikova N.A. Ecological and economic assessment of water use efficiency in electronics and instrumentation companies as a factor of sustainable regional development: St. Petersburg case study. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2026, iss. 7, pp. 69–81. DOI: 10.24891/lrjuxe EDN: LRJUXE

Acknowledgments

I express my gratitude and appreciation to Galina V. GETMANOVA, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Innovation and Integrated Quality Systems at the Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, for her advice and valuable comments while working on this article.

References

1. Baranova A.F., Dmitriev Yu.A., Erlygina E.G. et al. *Ekologo-ekonomicheskie aspekty ustoichivogo razvitiya regiona: monografiya* [Ecological and economic aspects of sustainable development of the region: a monograph]. Nizhnevartovsk, Nauka i praktika Publ., 2021, 150 p.

2. Burmatova O.P. [Environmental regulation based on the best available technologies: problems and trends]. *Mir ekonomiki i upravleniya*, 2023, vol. 23, iss. 3, pp. 21–34. (In Russ.) EDN: AMKRZL
3. Zhil'nikova N.A., Baranova A.A. [Techniques for technical, environmental and economic assessment of the efficiency of water use]. *Nauka i biznes: puti razvitiya*, 2021, no. 12, pp. 75–81. (In Russ.) EDN: HWFXTZ
4. Tret'yakova E.A., Mirolubova T.V., Myslyakova Yu.G., Shamova E.A. [Methodical approach to the complex assessment of the sustainable region development in the condition of greening the economy]. *Vestnik UrFU. Seriya: Ekonomika i upravlenie*, 2018, vol. 17, iss. 4, pp. 651–669. (In Russ.) EDN: XYTRZJ
5. Plotnikova R.N. [Ecological and economic assessment of violations of regulatory requirements for the protection of water bodies]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii*, 2022, vol. 84, iss. 2, pp. 290–297. (In Russ.) EDN: IUTXWG
6. Ayusheeva S.N. [A comparative analysis of the economic damage caused by pollution of the natural environment in the model areas of the Russian Federation]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika*, 2020, vol. 18, iss. 11, pp. 2205–2220. (In Russ.) EDN: ORHBT
7. Valiullina N.R., Mikhailov A.B. [Assessment of economic efficiency of water protection measures and prevented economic damage]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra*, 2019, vol. 9, iss. 11, part 1, pp. 93–99. (In Russ.) EDN: VXKFQZ
8. Antokhina Yu.A., Semenova E.G., Zhilnikova N.A. [Environmental aspects of sustainable water use by radio electronics and instrument-making enterprises in St. Petersburg at the regional basin level]. *Ekonomika Severo-Zapada: problemy i perspektivy razvitiya*, 2020, no. 4, pp. 54–60. (In Russ.) EDN: TRBXXG
9. Tulupov A.S., Mudrezov A.F., Vitukhin A.D., Avramenko A.A. [Assessment of damage from the violation of environmental legislation: review and systematization of methodological approaches and methodology support]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6. Ekonomika*, 2021, no. 1, pp. 3–25. (In Russ.) EDN: BPJWIE
10. Shobin L. [Environmental damage as a type of risk-oriented approach to environmental management]. *Problemy sovremennoi ekonomiki*, 2025, no. 2, pp. 221–223. (In Russ.) EDN: PKVEWS
11. Miroshnichenko O.S., Brand N.A. [Banks financing the green economy: a review of current research]. *Finansy: teoriya i praktika*, 2021, vol. 25, iss. 2, pp. 76–95. (In Russ.) EDN: AXCRSD
12. Uage M.B. [Legal regulation of industrial water use in the European Union]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya: Ekonomika i pravo*, 2021, vol. 31, iss. 3, pp. 504–508. (In Russ.) EDN: UNSXIK

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.