

## МОДЕРНИЗАЦИЯ И ИННОВАЦИИ

УДК: 332.1; 338.24

JEL: C13, O13, Q32, Q53

**Переход к экономике замкнутого цикла  
в рамках комплексного управления водными ресурсами.  
Обзор методов оценки**

*К.А. Фонтана*, к.э.н.

<https://orcid.org/0000-0002-8789-8786>; SPIN-код (РИНЦ): 8727-2024

e-mail: [fontana@mail.ru](mailto:fontana@mail.ru)

*Б.А. Ерзнкян*, д.э.н., профессор

<https://orcid.org/0000-0001-6065-9120>; SPIN-код (РИНЦ): 3602-8624

Scopus author ID: 57120114200

e-mail: [yerz@cemi.rssi.ru](mailto:yerz@cemi.rssi.ru), [lvova1955@mail.ru](mailto:lvova1955@mail.ru)

**Для цитирования**

Фонтана К.А., Ерзнкян Б.А. Переход к экономике замкнутого цикла в рамках комплексного управления водными ресурсами. Обзор методов оценки // Проблемы рыночной экономики. – 2024. – № 1. – С. 112-124.

**DOI:** <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2024-1-112-124>

**Аннотация**

Переход от линейной модели использования воды к экономике замкнутого цикла (ЭЗЦ) является актуальной задачей в условиях растущего дефицита пресной воды, загрязнения водных объектов и климатических изменений. Важным при этом представляется интеграция «серой» (инженерной) инфраструктуры с «зеленой» (основанной на природе), что позволит соединить управляемые человеком и природой водные системы. Решение этих вопросов требует разработки подходов для комплексного анализа воздействия ЭЗЦ в водном секторе, что может послужить обоснованием циркулярной политики. **Объект исследования** – линейная и циркулярная модели управления водными ресурсами (ВР). **Предмет исследования** – перспективы перехода к комплексному управлению ВР, учитывающие альтернативные виды водоснабжения и подкрепленные оценками. **Цель исследования** – обоснование актуальности перехода к комплексному управлению ВР, включающему решения, направленные на переход к ЭЗЦ; рассмотрение циркулярных стратегий, присущих ВР; обзор подходов оценки циркулярных решений в водном секторе. **Авторы исходят из того**, что общепризнанное определение ЭЗЦ в водном секторе – один из решающих факторов успешности перехода к ЭЗЦ; концепция ЭЗЦ – один из ключевых подходов для устойчивого развития водного сектора; решения на основе природы – важный инструмент ЭЗЦ, обеспечивающий дополнительные выгоды (улучшение городского микроклимата, качества воды, сохранение биоразнообразия, уменьшение воздействия антропогенных факторов на водные объекты); интеграция подходов оценки воздействия ЭЗЦ в водном секторе способствует проведению всесторонней оценки циркулярных решений. **Выводы:** комплексное управление ВР должно учитывать альтернативные виды водоснабжения; системным изменениям, вызванным переходом к ЭЗЦ следует уделять приоритетное внимание, отдавая предпочтение решениям по интеграции традиционной и «зеленой» инфраструктуры; переход к ЭЗЦ требует разработки подходов (с возможностью их адаптации и масштабирования) для экономической оценки системного влияния циркулярных водных систем. Исследование **ориентировано** на исследователей и лиц,

принимающих решения в сфере управления ВР. Выводы могут быть использованы при разработке стратегий развития водного хозяйства и принятии решений на различных уровнях. Использована **методология** систематического обзора литературы, основанная на отслеживании ключевых слов в статьях, размещенных в научных электронных библиотеках; наукометрический анализ: аналитические и логические методы анализа процессов в контексте ЭЗЦ и управления ВР.

**Ключевые слова:** циркулярная экономика, природные решения, управление водными ресурсами, устойчивость, водные системы, городская вода, оценка экономического воздействия.

## **Transition to a circular economy as part of integrated water resources management. Review of assessment methods**

**Karine A. Fontana**, Cand. of Sci (Econ.)

<https://orcid.org/0000-0002-8789-8786>; SPIN-code (RSCI): 8727-2024

e-mail: [fontana@mail.ru](mailto:fontana@mail.ru)

**Bagrat H. Yerznkyan**, Dr. of Sci (Econ.), Professor

<https://orcid.org/0000-0001-6065-9120>; SPIN-code (RSCI): 3602-8624

Scopus author ID: 57120114200

e-mail: [yerz@cemi.rssi.ru](mailto:yerz@cemi.rssi.ru), [lvova1955@mail.ru](mailto:lvova1955@mail.ru)

### **For citation**

Fontana K.A., Yerznkyan B.H. Transition to a circular economy as part of integrated water resources management. Review of assessment methods // Market economy problems. – 2024. – No. 1. – Pp. 112-124 (In Russian).

**DOI:** <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2024-1-112-124>

### **Abstract**

The transition from a linear water use model to a circular economy (CE) is an urgent task in the context of growing freshwater shortages, pollution of natural water bodies and climate change. It is important to integrate «grey» (engineered) infrastructure with «green» (in particular, with nature-based solutions) infrastructure, which will connect water systems managed by humans and nature. Addressing these issues requires developing approaches to conduct a comprehensive analysis of the economic impact of CE in the water sector from a systems perspective, to develop a circular policy. **The object of study** are linear and circular models of water resources (WR) management. **The subject of the study** is the prospects for the transition to integrated WR management, considering alternative types of water supply, supported by assessments. **The purpose of the study** is to substantiate the relevance of the transition to integrated WR management, including solutions aimed at the transition to closed circular cycle water systems; consideration of circular strategies inherent in WR; review of approaches for assessing circular solutions in the water sector. **The authors proceed from the following:** the generally accepted definition of a CE in the water sector is one of the decisive factors for the successful transition to circular systems; the concept of a CE appears to be one of the key approaches to achieving sustainable development of the water sector; nature-based solutions are seen as an important tool for environmental conservation, providing additional benefits (improving urban microclimate, water quality, preserving biodiversity, reducing the impact of anthropogenic factors on water bodies); integration impact assessment approaches for CE in the water sector contributes to comprehensive assessment of circular solutions. **Conclusions:** integrated water resources management must consider alternative water supplies; systemic changes caused by the transition to a CE in the water sector should be given priority attention, giving

preference to solutions integrating traditional and «green» infrastructure; the transition to CE requires the development of approaches (with the ability to adapt and scale them to specific conditions) for the economic assessment of the systemic impact of circular water systems. The study is aimed at researchers and decision makers in the field of WR management. The conclusions drawn can be used in developing strategies for the development of water management and making decisions at various levels. A systematic literature review *methodology* was used, based on tracking keywords in articles posted in scientific electronic libraries; scientometric analysis; analytical and logical methods for process analysis in the context of CE and water management.

**Keywords:** *circular economy, nature-based solutions, water management, sustainability, water systems, urban water, economic impact assessment.*

### Введение

Вода – это наиболее ценный ресурс в мире, водные системы (ВС) пересекаются со всеми другими природными системами, отраслями экономики и потребностями человека. К настоящему времени нагрузка на водные ресурсы (ВР) (в т.ч. за счет роста населения и изменения моделей потребления) достигла критического уровня. Ситуацию усугубляют климатические изменения, в результате чего неопределенность в отношении доступности воды и ее качества возрастает. Одновременно с этим устаревает водная инфраструктура, системы управления зачастую не справляются с растущими нагрузками и спросом на ВР. Что касается городской среды, то естественная циркуляция воды прерывается за счет расширения площади непроницаемых поверхностей и уплотнения городской застройки. Поэтому городские ВР (городская вода<sup>1</sup> (ГВ)) испытывают дополнительное давление.

Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) прогнозирует рост спроса на ВР к 2050 г. на 55% (OECD, 2012), что превысит естественные возможности ВС на 40% (Wintgens et al., 2016). Подобные процессы ведут к усилению конкуренции за воду<sup>2</sup>. Учитывая сложившуюся ситуацию, все большее количество ученых и специалистов считают, что реализация принципов экономики замкнутого цикла<sup>3</sup> (ЭЗЦ) относительно ВР несет в себе потенциал для более эффективного использования ВР и сохранения естественных водных объектов.

Положение в водном секторе подчеркивает важность перехода к комплексному управлению ВР (КУВР), которое бы отвечало современным вызовам, в т.ч. решению вопросов, связанных с обеспечением всех секторов экономики и населения водой необходимого качества в требуемом количестве, не нанося ущерба окружающей среде. КУВР должно учитывать экономические, экологические и социальные аспекты управления наравне с политическими и инновационными технологическими решениями, а также альтернативными методами водоснабжения (например, за счет включения решений, основанных на природе<sup>4</sup> (ПР), которые являются важным инструментом циркулярной экономики). Таким образом, КУВР, обеспечивая основу для планирования и управления ВС, способствует переходу к ЭЗЦ (Матвеева и др., 2022) и циркулярным городам.

Вместе с тем, несмотря на растущее количество исследований касательно перехода к ЭЗЦ, общепринятое определение ЭЗЦ ВР, а также концептуализация стратегий ЭЗЦ ВР отсутствуют,

<sup>1</sup> Городская вода (ГВ) относится к естественным и искусственным водным объектам, в т.ч. к грунтовым, сточным, ливневым, оборотным водам, являясь важным компонентом функционирования и развития городов.

<sup>2</sup> Согласно данным ООН, в настоящее время до 40% населения Земли страдает от дефицита питьевой воды; в РФ дефицит воды испытывают: Крым, Краснодарский и Ставропольский края, Астраханская, Ростовская, Волгоградская, Оренбургская и Курганская области, а также Калмыкия (по материалам XVIII Международной научно-практической конференции «Яковлевские чтения – 2023: Системы водоснабжения и водоотведения. Современные проблемы и решения», Издательство МИСИ – МГСУ, Москва, 16.03.2023, 86 с.).

<sup>3</sup> По оценкам специалистов, ЭЗЦ и инновационные технологии могут повысить производительность ресурсов до 3% в год и увеличить ВВП в мире примерно на 0,5% к 2030 году (“Kiertotalouden markkinat”, *Ympäristöministeriö*, available at: <https://ym.fi/kiertotalousohjelma/kiertotalouden-markkinat>).

<sup>4</sup> ПР способствуют решению проблем городской водной безопасности и поддержанию различных экосистемных услуг с выгодами для населения, экономики и окружающей среды.

что усложняет принятие решений, учитывающих возможности, которые предоставляет ЭЗЦ. Другим пробелом в отношении ЭЗЦ ВР является отсутствие единого подхода к всесторонней экономической оценке циркулярных решений в ВС<sup>5</sup>, что затрудняет обоснование и принятие циркулярных решений для достижения целей устойчивого развития (Бобылев и Захаров, 2012), а также проведение анализа в отношении прогресса реализации политики в направлении циркулярности.

### Комплексное управление ВР. Циркулярные модели управления ВР

ВР являются важнейшим фактором устойчивого развития, а защита от рисков, связанных со слишком малым/большим количеством воды, а также ее качеством, является неотъемлемой частью для обеспечения социального благополучия и ключом к успешной экономической деятельности<sup>6</sup> (Чернова, 2022).

Для преодоления преград на пути к достижению устойчивости и смягчению негативного воздействия глобальных трендов на ВР следует практиковать многоуровневый, скоординированный подход к управлению ВР. Управление ВР должно включать политические, институциональные и административные правила и процессы (формальные и неформальные), посредством которых принимаются и реализуются решения в отношении ВР (Ерзнкян и Фонтана, 2020). Эффективное КУВР, предусматривающее вовлечение заинтересованных сторон в обсуждение и принятие управленческих решений, подкрепленное соответствующей нормативно-правовой базой, актуальной всеобъемлющей информацией, необходимым потенциалом, является ключом к решению водных проблем.

Вместе с тем КУВР должно базироваться на понимании взаимосвязей между экономическими, социальными и экологическими системами и требует выявления факторов стресса, с которыми сталкиваются производственные и экосистемы, разработки сценариев, отражающих «циркулярные образы будущего» (Фонтана и Ерзнкян, 2023), определения комплекса действий по управлению процессами регенерации воды и ее повторного использования<sup>7</sup>, что будет способствовать замыканию водных циклов. Таким образом, комплексный подход в управлении ВР представляет собой важный шаг достижения устойчивости ВС.

Что касается ГВ, то, как отмечают Лай Н. и Ли Х. (Leigh and Lee, 2019), «будущее городских ВС смещается в сторону устойчивых, циркулярных, ресурсоориентированных систем». При этом городская инфраструктура может быть адаптирована для целей циркулярного использования воды, например, за счет внедрения ПР и создания гибридных систем водоснабжения (Фонтана и Ерзнкян, 2023), что, *помимо прочего*, будет способствовать переходу к циркулярным городам будущего.

Вместе с тем оценка воздействия циркулярных решений на окружающую среду, экономическое развитие, качество жизни населения, непосредственно эффективность использования ВР, наравне с измерением прогресса внедрения ЭЗЦ (Гурьева, 2019; Ларионов,

---

<sup>5</sup> Представленные в академической литературе подходы к оценке ЭЗЦ (например, «Инструментарий циркулярной экономики» (*Circular Economy Toolkit*); «Индикаторы циркулярности материалов» (*Material Circularity Indicator*); «Прототип индикатора циркулярной экономики» (*Circular Economy Indicator Prototype*); «Метрики цикличности, основанные на экономической ценности» (*Economic Value-Based Circularity Metric*)) не могут быть в полной мере применимы к ВР, т.к. базируются на реализации R-стратегий, которые не приемлемы в отношении ВР и не учитывают особые качества, присущие ВР.

<sup>6</sup> Ограниченность (отсутствие) пресной воды требуемого качества может ограничить экономический рост в мире на треть (Zaveri, E., Russ, J., Khan, A., Damania, R., Borgomeo, E. and Jägerskog, A. (2021), *Ebb and Flow: Volume 1. Water, migration, and development*, World Bank, DOI: <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1745-8>).

<sup>7</sup> Повторное использование сточных вод является важным фактором сохранения ВР: ожидается, что около 470 млрд. м<sup>3</sup> в год воды может быть произведено (восстановлено) из стоков к 2030 г., а к 2050 г. – 574 млрд. м<sup>3</sup> (Qadir, M., Drechsel, P., Cisneros, B.J., Kim, Y., Pramanik, A., Mehta, P. and Olaniyan, O. (2020), “Global and regional potential of wastewater as a water, nutrient, and energy source”, *Natural Resources Forum*, vol. 44, no. 1, pp. 40-51, DOI: [doi.org/10.1111/1477-8947.12187](https://doi.org/10.1111/1477-8947.12187)); восстановление питательных веществ, драгоценных металлов и энергии из сточных вод является одним из элементов создания добавленной стоимости (так, извлечение азота, фосфора и калия из сточных вод может компенсировать 13,4% мирового спроса на эти питательные вещества в сельском хозяйстве (Ward, A.J., Arola, K., Brewster, E.T., Mehta, C.M. and Batstone, D.J. (2018), “Nutrient recovery from wastewater through pilot scale electrodialysis”, *Water Research*, vol. 135, pp. 57-65, DOI: [doi.org/10.1016/j.watres.2018.02.021](https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.02.021)).

2018), является важным фактором принятия управленческих решений и может помочь анализу действенности принимаемых управленческих решений в ВС.

КУВР неразрывно связано с необходимостью внедрения более эффективных моделей управления ВР в противовес линейной модели. В качестве подобной альтернативы могут быть рассмотрены циркулярные модели управления ВР, которые в первую очередь нацелены на закрытие водных циклов, увеличение продолжительности использования ВР в экономической системе, сокращение негативного воздействия на естественные ВР. Например, при замыкании водного цикла вода, используемая в одном секторе экономики, может затем использоваться в другом, что способствует, *помимо прочего*, промышленному симбиозу и обеспечивает экономию ресурсов, а на макроуровне может оказывать положительный эффект в решении глобальных экологических изменений (Воронцова, 2022).

### Стратегии экономики замкнутого цикла в водном секторе

Несмотря на рост публикаций по ЭЗЦ в ВС, все еще отсутствует концептуализация понятия «экономика замкнутого цикла ВР». Существующие определения ЭЗЦ (Фонтана и Ерзнкян, 2023) представляются недостаточными для охвата многогранных аспектов воды.

Авторы разделяют позицию Морселетто П. и соавторов (Morseletto et al., 2022), которые определяют ЭЗЦ ВР как «экономическую основу для сокращения, сохранения и оптимизации использования воды путем предотвращения отходов, эффективного использования и сохранения ее качества при непрерывном обеспечении защиты окружающей среды»; в ЭЗЦ «вода рассматривается как ценный ресурс, продукт и услуга, подлежащий устойчивому управлению»; важным является достижение данных целей «во всех процессах, в которых вода используется, потребляется и обрабатывается».

Рассмотрим циркулярные стратегии (R-стратегии), присущие ВР в рамках реализации ЭЗЦ, которые условно можно разделить на 4 категории (рис. 1): «сокращение», «оптимизация», «сохранение», «переосмысление» и «рекуперация» (последняя, хотя и не относится непосредственно к ЭЗЦ ВР, вместе с тем способствует реализации ЭЗЦ в целом, поэтому рассматривается среди других R-стратегий).



Рис. 1. / Fig. 1. R-стратегии ЭЗЦ в водном секторе / R-strategies of the Closed-Cycle Economy in the water sector

Источник: / Source: Адаптировано по / Adapted by  
Morseletto, P., Mooren, C.E. and Munaretto, S. (2022), "Circular Economy of Water: Definition, Strategies and Challenges", *Circular Economy and Sustainability*, vol. 2, pp. 1463-1477.

• «*Переосмысление*» – относится к пониманию того, каким образом употреблять воду для ее более циркулярного использования. Данная R-стратегия является всеобъемлющей, т.к. оказывает влияние на другие R-стратегии и способствует созданию синергетических связей между ними.

• «*Сокращение*» потребления воды, включает: «*Отказ*», «*Уменьшение*», «*Замену*».

Наиболее успешно реализуемая R-стратегия в данной категории – это «*уменьшение*» (использование меньшего количества воды), что объясняется в т.ч. эффективной информационной кампанией и проводимой тарифной политикой. Вместе с тем уменьшение потребления воды имеет свои биологические лимиты, поэтому R-стратегия имеет свои ограничения. Что касается двух других R-стратегий, то в силу того, что отказаться от воды или заменить ее практически не возможно, то реализовать на практике эти R-стратегии затруднительно (хотя существуют примеры их применения: компостные туалеты и туалеты на основе вакуумного смыва, сухие спреи для стирки и сухие шампуни для волос, вакуумные насосы в промышленности и пр.).

• «*Удержание*» («*хранение*») – реализация данной R-стратегии позволяет сохранить воду (после очистки) в экономической системе для ее последующего использования (для чего вода перекачивается в специальные резервуары / искусственные бассейны на временное хранение). Примером реализации данной R-стратегии в городах являются «зеленые крыши»; для крупномасштабных объектов – это «умные плотины», которые представляют собой решения для удержания (хранения) воды.

• «*Оптимизация*» использования ВР включает две R-стратегии: «*повторное использование*» и «*рециркуляцию*»<sup>8</sup>.

Разница между этими R-стратегиями заключается в том, что «*рециркуляция*» включает действия и затраты по очистке, в отличие от «*повторного использования*», где обработка использованной воды не предусмотрена. Ограничением реализации последней является то, что уровень загрязнения воды на предыдущем этапе использования должен быть приемлемым для ее последующего применения. Поэтому данная R-стратегия в основном внедряется или на смежных производствах, или в одном и том же производственном цикле. Что касается «*рециркуляции*», то основным ограничением реализации данной R-стратегии являются технологические возможности очистных сооружений.

• «*Рекуперация*» («*восстановление*») напрямую не относится к замыканию водного цикла, но способствует реализации ЭЗЦ в целом. Данная R-стратегия представляет собой извлечение ценных материалов (органических и биохимических элементов) из стоков, а также способствует производству энергии. В отличие от «*рециркуляции*», «*рекуперация*» не преследует цель достижения определенного уровня качества воды, однако требует внедрения технологий, позволяющих извлекать определенные вещества (при этом на практике «*рекуперация*» и «*рециркуляция*» обычно совмещаются). Что касается энергии, то ее можно получать, например, путем переработки шлама (когда метан извлекается из органических остатков сточных вод) или из канализационных вод (получение тепловой энергии).

Рассмотренные R-стратегии ЭЗЦ ВР могут воплощаться отдельно друг от друга, однако на практике для достижения большей эффективности использования ВР предпочтительнее, чтобы они реализовывались взаимосвязанным образом. Кроме того, важным является увязка решений на разных уровнях и координация действий на всех этапах водопользования.

### **Экономическая оценка ЭЗЦ ВР: основные подходы (обзор)**

Как указывалось ранее, переход к циркулярным моделям управления ВР должен сопровождаться всеобъемлющей экономической оценкой воздействия циркулярных решений наравне с измерением прогресса внедрения ЭЗЦ. Представляется важным, чтобы при подобной оценке учитывались экономические затраты и выгоды наравне с социальными последствиями и

<sup>8</sup> Следует отметить, что повторное использование и рециркуляция воды в литературе часто синонимичны (Lazarova, V., Sturny, V. and Sang, G.T. (2012), “Relevance and Benefits of Urban Water Reuse in Tourist Areas”, *Water*, vol. 4, no. 1, pp. 107-122, DOI: 10.3390/w4010107), в отличие от понимания данных процессов в данном исследовании.

воздействием на окружающую среду, что позволит избежать эффекта «перекладывания бремени» при принятии управленческих решений.

Вместе с тем, несмотря на важность данной задачи, в научных кругах все еще не разработан общепринятый подход к подобной оценке (что, *помимо прочего*, связано с отсутствием единого понимания ЭЗЦ, в т.ч. в отношении ВР).

Ниже рассмотрены основные (но не исчерпывающие) подходы экономической оценки замкнутости ВС.

### **1. Анализ затрат-выгод (АЗВ) (Cost-Benefit Analysis)**

АЗВ, являясь одним из наиболее широко используемых инструментов экономического анализа, позволяет оценить осуществимость (циркулярных) проектов в водном секторе, в т.ч. с точки зрения прогнозирования затрат (на основе функции затрат, включающей экологические, социальные и экономические параметры). Однако ограничением данного подхода является то, что он позволяет оценить затраты только в рамках действия проекта.

Арбори С. и соавторы (Arborea et al., 2017) с помощью АЗВ провели оценку затрат и выгод в отношении реализации сценария, предусматривающего повторное использование очищенных городских «серых» сточных вод для достижения устойчивости городской ВС. Результаты анализа показали, что использование таких вод в ландшафте способствует увеличению доступности воды для орошения примерно на 10% (отметив, что затраты реализации данного сценария зависят как от мощности очистных сооружений, так и от качества поступающих сточных вод).

Фенг Х. и Хьюедж К. (Feng and Hewage, 2018) использовали АЗВ для оценки эффективности «зеленых крыш» в рамках реализации ПР. Результаты показали, что срок службы «зеленых крыш» превосходит срок их окупаемости (при средних первоначальных затратах) и что реализация подобных сценариев имеет, помимо экономических, также социальные и экологические преимущества. Кроме того, авторы делают вывод, что чем масштабнее проект, тем больше преимуществ он предоставляет.

### **2. Анализ стоимости жизненного цикла (АСЖЦ) (Life-Cycle Cost Analysis)**

Согласно ISO15686-5, АСЖЦ определяется как «экономическая оценка с учетом всех согласованных прогнозируемых значительных и релевантных потоков затрат, выраженных в денежных единицах на протяжении всего анализа для достижения определенного уровня производительности, надежности, безопасности и доступности»<sup>9</sup>. Применительно к ВР, АСЖЦ представляет «широко используемый метод оценки процессов, связанных с покупкой, доставкой, установкой, вводом в эксплуатацию, текущими эксплуатационными расходами, расходами на техническое обслуживание и расходами, связанными с окончанием срока службы в отношении ВС» (Maisham et al., 2019). Вместе с тем применение АСЖЦ ограничено тем, что он сконцентрирован на анализе воздействия принимаемых решений (в т.ч. циркулярных) на окружающую среду, что не позволяет проводить комплексный анализ ЭЗЦ ВР.

Лейн Дж. и соавторы (Lane et al., 2015) использовали АСЖЦ для оценки воздействия ВС на окружающую среду, сравнив традиционную и диверсифицированную городские водные инфраструктуры.

Леонг Дж. и соавторы (Leong et al., 2019) с помощью АСЖЦ провели оценку сценария, предусматривающего совместное повторное использование городской «серой» воды и собранной дождевой воды. Авторы показали, что подобная гибридная система является экономически оправданной, кроме того, анализ чувствительности показал, что повышение тарифов на воду положительно влияет на финансовую жизнеспособность такой системы, в отличие от повышения тарифов на электроэнергию.

На сегодняшний день АЗВ и АСЖЦ (несмотря на указанные выше ограничения) являются наиболее часто используемыми подходами экономической оценки ЭЗЦ ВР, а их интеграция может давать более целостную оценку для принятия управленческих решений.

---

<sup>9</sup> ISO 15686-5 (Международная организация по стандартизации), ч.5 – «Расчет стоимости жизненного цикла». (ISO/DIS 15686-5.2(en) Buildings and constructed assets – Service-life planning – Part 5: Life-cycle costing, Online Browsing Platform (OBP), available at: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15686:-5:dis:ed-2:v2:en>).

### **3. Оценка (анализ) жизненного цикла (ОЖЦ) (Life Cycle Assessment)**

ОЖЦ – это стандартизированный метод оценки «воздействия на окружающую среду продукта, процесса, услуги в течение всего жизненного цикла»<sup>10</sup>, который также используется для «сравнения экологической устойчивости различных водных технологий» (Guertin et al., 2019) и оценки ВС с позиции ЭЗЦ (Moraga et al., 2019). Как и предыдущие подходы, ОЖЦ имеет ограничения. В первую очередь это высокий уровень абстракции, в результате чего оценки несут информацию о потенциальном воздействии, а не о фактическом, кроме того, данный метод не позволяет анализировать взаимосвязи между процессами в антропогенной и естественной средах. Однако в сочетании с другими подходами ОЖЦ может предоставлять полезную информацию, в т.ч. с точки зрения экологической устойчивости при реализации циркулярных решений в ВС.

Графи М. с коллегами (Garfi et al., 2017) использовали ОЖЦ для проведения сравнительной оценки воздействия на окружающую среду традиционной системы очистки городских сточных вод и альтернативных подходов очистки стоков за счет реализации ПР.

### **4. Анализ экономической эффективности (АЭЭ) (Cost-Effectiveness Analysis)**

АЭЭ – это метод экономического анализа, который позволяет сравнивать относительные затраты и выгоды альтернативных вариантов действий, дающие одинаковые результаты. В отличие от АЗВ (который оперирует в денежных единицах), АЭЭ используется, когда затруднительно оценить преимущества в денежных единицах. Вместе с тем данный факт является одновременно и ограничением данного подхода, т.к. не позволяет проводить обобщенные оценки в силу использования различных единиц измерения для каждого конкретного действия.

Хелм Д. и Хепберн К. (Helm and Hepburn, 2012) использовали АЭЭ для проведения сравнительных оценок различных сценариев, направленных на сохранение биоразнообразия, с учетом инвестиционных затрат для каждого сценария. Янг В. провел аналогичное исследование в отношении эффективности водоснабжения (Yang, 2011).

### **5. Измерение экологической эффективности (ИЭЭ) (Eco-Efficiency Measurement Method)**

Согласно Международной организации по стандартизации, измерение экоэффективности представляет собой «количественный инструмент управления, который способствует изучению воздействия на окружающую среду жизненного цикла производственной системы наряду с ее ценностью для заинтересованной стороны <...> в качестве ценности производственной системы можно выбрать ту, которая отражает, например, ее ресурсы, продукцию, эффективность использования или сочетание всего вышеперечисленного»<sup>11</sup>. На практике экологическая эффективность определяется соотношением экономической переменной (добавленная стоимость) и экологической (потенциальное воздействие на окружающую среду)<sup>12</sup>.

В отношении ВС данный подход используется для оценки всей водной цепочки, включая последствия для конечных пользователей, и его применение в последнее время расширяется, что свидетельствует о заинтересованности исследователей в получении более комплексных (экономических и экологических) оценок.

Фараго М. и соавторы (Faragò et al., 2019) оценили экономические и экологические выгоды от сбора и последующего использования ливневых вод в городах (включая уменьшение рисков наводнений), продемонстрировав целесообразность внедрения альтернативных методов водоснабжения в городах.

Чор-Ман Лам с соавторами (Lam et al., 2017), используя данный подход для оценки системы повторного использования «серой» городской воды, пришли к выводу, что внедрение

<sup>10</sup> Широко признанные процедуры проведения ОЖЦ включены в ISO14000 и ISO14044 – стандарты экологического менеджмента Международной организации по стандартизации. В частности, ISO14000 содержит «принципы и структуру» стандарта (ориентирован на управленцев), а ISO14044 содержит «требования и руководящие принципы» (ориентирован на практиков).

<sup>11</sup> ISO 14045:2012(ru) *Environmental management – Eco-efficiency assessment of product systems – Principles, requirements and guidelines*, Online Browsing Platform (OBP), available at: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:14045:ed-1:v1:ru>.

<sup>12</sup> Согласно Международной организации по стандартизации, экологическая переменная оценивается с помощью ОЖЦ (ISO 14045: *Environmental management – eco-efficiency assessment of product systems – principles, requirements and guidelines* (2012), ISO, available at: <https://www.iso.org/standard/43262.html>).



подобной системы способствует эффективному использованию ГВ и устойчивости ВС, основанной на циркулярных решениях.

#### **6. Анализ материальных потоков (АМП) (Material Flow Analysis)**

АМП (называемый также «Анализ потока веществ» (*Substance Flow Analysis*)) считается одним из основных подходов «социального, городского и промышленного метаболизма и является важным инструментом для изучения ЭЗЦ»<sup>13</sup>, который позволяет количественно оценить потоки и запасы материалов в конкретной системе. Несмотря на то что данный подход не учитывает фактическое воздействие на окружающую среду, его интеграция с другими подходами может способствовать более эффективному использованию ВР, в т.ч. за счет реализации циркулярных решений.

Рассмотренные подходы представляют собой наиболее часто применяемые в научных исследованиях, но они не являются исчерпывающими при проведении экономической оценки ЭЗЦ ВР. Так, Боэли Э. и соавторы (Boelee et al., 2017) использовали «сценарное моделирование» для оценки различных альтернативных сценариев (в отношении динамики темпов урбанизации, климатических изменений, роли гидроэнергетики), направленных на решение проблем, связанных с ухудшением качества ВР, утратой биоразнообразия, дефицитом воды.

Агудело-Вера К. с соавторами (Agudelo-Vera et al., 2012) разработали подход «Сохранения городских ресурсов» (*Urban Harvest Approach*) для оценки потенциала первичных и вторичных ресурсов в рамках функционирования городской ВС (анализируя в т.ч. такие R-стратегии, как повторное использование, сокращение, переработка).

Кенвуэй С. и соавторы (Kenway et al., 2011) разработали подход «Водного метаболизма ГВ» (*Urban Water Metabolism*), с помощью которого рассчитали эффективность городской ВС. Ренаф М. с коллегами (Renouf et al., 2018) на базе данного подхода продемонстрировали, что он может использоваться для оценки перехода к циркулярному метаболизму городской ВС.

Несмотря на широкий спектр подходов к оценке ЭЗЦ ВР, они не отражают системный подход, в первую очередь из-за того, что циркулярные сценарии оцениваются в отрыве от функционирования всей ВС. Кроме того, при проведении оценок авторы уделяют недостаточное внимание измерению стоимости и количеству воды (а именно эти параметры имеют важное значение для анализа степени закрытия водных контуров).

В связи с эти существующие подходы не могут в полной мере служить для установления стандартов оценки экономического воздействия циркулярных инициатив в водном секторе. Также сложившийся фрагментарный подход может привести к принятию ошибочных и неэффективных решений. Разработка всеобъемлющей системы экономической оценки ЭЗЦ ВР, в основу которой будут заложены экономические, экологические и социальные показатели, была бы своевременной для поддержки циркулярного подхода при реализации КУВР.

#### **Обсуждение**

Система управления ВР зачастую не справляется с современными вызовами (связанными с климатическими изменениями, деградацией естественных водных объектов и прочим на фоне продолжающейся урбанизации и роста спроса на ВР) и требует адаптации к существующим реалиям.

В исследовании обосновывается актуальность перехода к комплексному управлению ВР, учитывающему в т.ч. преимущества альтернативных видов водоснабжения, в частности, циркулярных решений. Кроме того, при выработке управленческих решений необходимо опираться на многозначные и многосторонние подходы, позволяющие рассматривать ВР как важный источник достижения не только экономических, но и социальных, экологических и сопутствующих целей, что будет способствовать более эффективному совместному использованию ВР, а также переходу к КУВР.

Включение циркулярных решений в систему комплексного управления ВР отвечает современным вызовам, в т.ч. на фоне роста дефицита пресной качественной воды для удовлетворения потребностей населения и экономики. Вместе с тем теоретическое понимание ЭЗЦ ВР все еще находится в стадии становления, отсутствует единое определение ЭЗЦ ВР,

<sup>13</sup> “Material flow analysis”, *Wikipedia*, available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/Material\\_flow\\_analysis](https://en.wikipedia.org/wiki/Material_flow_analysis).

соответственно, подходы оценки влияния циркулярных решений в ВС не имеют целостной общепринятой структуры.

В исследовании приводится определение ЭЗЦ ВР и предпринята попытка рассмотрения R-стратегий, присущих ЭЗЦ ВР: переосмысление; сокращение (отказ от использования; уменьшение использования, замена другим веществом); оптимизация (повторное использование без дополнительной обработки и рециркуляция воды, подразумевающая очистку перед повторным использованием); сохранение использованной (обработанной) воды для ее применения в последующие интервалы времени; рекуперация (извлечение ценных биохимических соединений и выработка энергии) (не относится напрямую к ЭЗЦ ВР, но способствует продвижению ЭЗЦ в целом).

Для достижения большей эффективности R-стратегии могут интегрироваться между собой. Кроме того, успешная реализация R-стратегий ЭЗЦ ВР подразумевает преодоление существующих барьеров и создание благоприятной политической, законодательной, финансовой и технологической ситуации (Ерзнкян и Фонтана, 2023).

В исследовании акцентируется внимание на необходимость разработки общепринятого подхода для экономической оценки ЭЗЦ ВР, т.к. инструменты оценки цикличности ВС имеют решающее значение для принятия управленческих решений. Помимо того, подобные подходы могут помочь в измерении прогресса в направлении циркулярности, облегчить сравнение вариантов стратегий на различных уровнях управления ВР, помочь в установлении надежных целевых показателей циркулярности, а также влияния циркулярных решений на экономическую и природную системы.

В частности, в исследовании рассмотрены наиболее используемые подходы экономической оценки циркуляции воды в ВС: *анализ затрат-выгод* (позволяет оценить осуществимость проектов в ВС); *анализ стоимости жизненного цикла* (позволяет оценить процессы, связанные с разработкой, вводом в эксплуатацию, эксплуатационными расходами, расходами, требующимися при окончании срока службы в отношении ВС); *оценка (анализ) жизненного цикла* (позволяет оценить воздействие ЭЗЦ ВР на окружающую среду ВС и экологическую устойчивость водных технологий); *анализ экономической эффективности* (позволяет сравнивать относительные затраты/выгоды альтернативных вариантов действий, дающие одинаковые результаты); *измерение экологической эффективности* (позволяет оценить всю водную цепочку); *анализ материальных потоков* (позволяет оценить природные и антропогенные потоки, связанные с водой).

Согласно проведенному обзору, делается вывод, что «анализ затрат-выгод» и «анализ стоимости жизненного цикла» на сегодняшний день являются наиболее используемыми подходами экономической оценки ЭЗЦ ВР. Однако сочетание рассмотренных подходов между собой может способствовать проведению более целостной оценки и предоставлять полезную информацию при реализации циркулярных решений в ВС.

Вместе с тем отмечается, что существующие подходы ориентированы главным образом на решение конкретных экономических задач, игнорируя экологические и социальные выгоды, и поэтому не могут быть использованы для системного анализа циркулярных решений ВС с учетом необходимости соблюдения баланса экономических, социальных и экологических задач. Неспособность адекватно оценить ЭЗЦ ВР ведет к разрозненным и фрагментарным действиям, недостаточным для достижения целей устойчивого развития ВС.

### **Выводы**

Для эффективного решения проблем в водном секторе и обеспечения населения и отраслей экономики водой определенного качества и в требуемом количестве необходимо адаптировать систему управления ВР к современным реалиям, что подразумевает переход к КУВР, учитывающему альтернативные виды водоснабжения.

Актуальным является выработка единого понимания в отношении ЭЗЦ ВР и R-стратегий, присущих ВС.

Несмотря на широкий набор подходов к экономической оценке ЭЗЦ ВР, отсутствует всесторонний подход к оценке циркулярности воды, что препятствует реализации ЭЗЦ в водном секторе и достижению устойчивости всей ВС на фоне современных вызовов. Кроме того, важным

является, чтобы экологические и социальные затраты и выгоды учитывались наравне с экономическими аспектами.

Результаты исследования могут найти отклик в научном сообществе, в частности, у ученых, занимающихся вопросами ЭЗЦ и управления ВР для достижения целей устойчивого развития водного сектора. Сделанные выводы могут быть использованы при разработке стратегий развития водного хозяйства при переходе к ЭЗЦ, а также при принятии решений на различных уровнях управления.

### Литература / References

1. Бобылев, С.Н. и Захаров, В.М. (2012), ««Зеленая» экономика и модернизация. Эколого-экономические основы устойчивого развития», *Бюллетень Института устойчивого развития Общественной палаты РФ «На пути к устойчивому развитию России»*, № 60, с. 1-90. [Bobylyev, S.N. and Zakharov, V.M. (2012), ««Green» economy and modernization. Ecological and economic foundations of sustainable development», *Bulletin of the Institute of Sustainable Development of the Public Chamber of the Russian Federation «On the way to sustainable development of Russia»*, no. 60, pp. 1-90].

2. Воронцова, Е.В. (2022), ««Зеленая» экономика: от идеи к реальности», *Феномен права и законодательство: стратегии и методы познания*, т. 1, № 2, с. 13-21, DOI: <https://doi.org/10.53315/2949-1193-2022-1-2-13-21>. [Vorontsova, E.V. (2022), ««Green» economy: from idea to reality», *Phenomenon of law and legislation: strategies and methods of knowledge*, vol. 1, no. 2, pp. 13-21, DOI: <https://doi.org/10.53315/2949-1193-2022-1-2-13-21>].

3. Гурьева, М.А. (2019), «Теоретические основы концепта циркулярной экономики», *Экономические отношения*, т. 9, № 3, с. 2311-2336, DOI: 10.18334/eo.9.3.40990. [Guryeva, M.A. (2019), «Theoretical foundations of the concept of a circular economy», *Economic Relations*, vol. 9, no. 3, pp. 2311-2336, DOI: 10.18334/eo.9.3.40990].

4. Ерзнкян, Б.А. и Фонтана, К.А. (2020), «Эффективность управления городскими водными ресурсами и ее оценка», *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*, т. 16, № 2 (383), pp. 255-276, DOI: <https://doi.org/10.24891/ni.16.2.255>. [Yerznkyan, B.H. and Fontana, K.A. (2020), «Efficiency of urban water resources management and its assessment», *National interests: priorities and security*, vol. 16, no. 2 (383), pp. 255-276, DOI: <https://doi.org/10.24891/ni.16.2.255>].

5. Ерзнкян, Б.А. и Фонтана, К.А. (2023), «Изучение барьеров на пути к экономике замкнутого цикла (малые и средние предприятия)», *Проблемы рыночной экономики*, № 2, с. 6-24, DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2023-2-06-24>. [Yerznkyan, B.H. and Fontana, K.A. (2023), «Exploring barriers to a circular economy (small and medium-sized enterprises)», *Market economy problems*, no. 2, pp. 6-24, DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2023-2-06-24>].

6. Ларионов, В.И. (2018), «Циркулярная экономика как новый путь развития», *Актуальные проблемы и современные тенденции социально-экономического развития региона и страны: сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической конференции*, Саратов, с. 173-174. [Larionov, V.I. (2018), «Circular economy as a new path of development», *Current problems and current trends in the socio-economic development of the region and the country: a collection of scientific papers based on the results of the International Scientific and Practical Conference*, Saratov, pp. 173-174].

7. Матвеева, Л.Г., Косолапова, Н.А., Каплюк, Е.В. и Лихацкая, Е.А. (2022), «Модели циркулярной экономики в ресурсообеспечении индустриального развития регионов», *Terra Economicus*, т. 20, № 3, с. 116-132, DOI: <https://doi.org/10.18522/2073-6606-2022-20-3-116-132>. [Matveeva, L.G., Kosolapova, N.A., Kaplyuk, E.V. and Likhatskaya, E.A. (2022), «Models of circular economy in resource provision for industrial development of regions», *Terra Economicus*, vol. 20, no. 3, pp. 116-132, DOI: <https://doi.org/10.18522/2073-6606-2022-20-3-116-132>].

8. Фонтана, К.А. и Ерзнкян, Б.А. (2023), «Экономика замкнутого цикла – циркулярные образы будущего», *Экономическая наука современной России*, № 3, с. 32-46, DOI: [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2023-3\(102\)-32-46](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2023-3(102)-32-46), EDN: KLQLQY. [Fontana, K.A. and Yerznkyan, B.H. (2023), «Circular Economy – Circular Visions of the Future», *Economics of Contemporary Russia*, no. 3, pp. 32-46, DOI: [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2023-3\(102\)-32-46](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2023-3(102)-32-46), EDN: KLQLQY].

9. Чернова, О.А. (2022), “Экосистемные услуги водных объектов в обеспечении устойчивого развития региона”, *РЕГИОНОЛОГИЯ*, т. 30, № 3, с. 586-601, DOI: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.120.030.202203.586-601>. [Chernova, O.A. (2022), “Ecosystem services of water bodies in ensuring sustainable development of the region”, *REGIONOLOGY*, vol. 30, no. 3, pp. 586-601, DOI: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.120.030.202203.586-601>].
10. Agudelo-Vera, C.M., Mels, A., Keesman, K. and Rijnaarts, H. (2012), “The Urban Harvest Approach as an Aid for Sustainable Urban Resource Planning”, *Journal of Industrial Ecology*, vol. 16 (6), pp. 839-850, DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00561.x>.
11. Arborea, S., Giannoccaro, G., De Gennaro, B.C., Iacobellis, V. and Piccinni, A.F. (2017), “Cost-Benefit Analysis of Wastewater Reuse in Puglia, Southern Italy”, *Water*, № 9 (3), 175, pp. 1-17, DOI: <https://doi.org/10.3390/w9030175>.
12. Boelee, E., Janse, J., Le Gal, A., Kok, M., Alkemade, R. and Ligtoet, W. (2017), “Overcoming water challenges through nature-based solutions”, *Water Policy*, vol. 19 (5), pp. 820-836, DOI: <https://doi.org/10.2166/wp.2017.105>.
13. Faragò, M., Brudler, S., Godsken, B. and Rygaard, M. (2019), “An eco-efficiency evaluation of community-scale rainwater and stormwater harvesting in Aarhus, Denmark”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 219, pp. 601-612, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.265>.
14. Feng, H. and Hewage, K.N. (2018), “Economic Benefits and Costs of Green Roofs”, *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability, Elsevier Inc.*, Chapter 4.5, pp. 307-318, DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00028-8>.
15. Garfi, M., Flores, L. and Ferrer, I. (2017), “Life Cycle Assessment of wastewater treatment systems for small communities: Activated sludge, constructed wetlands and high rate algal ponds”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 161, pp. 211-219, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.116>.
16. Guertin, F., Halsey, K., Polzin, T., Rogers, M. and Witt, B. (2019), “From ash pond to Riverside Wetlands: Making the business case for engineered natural technologies”, *Science of The Total Environment*, vol. 651 (1), pp. 419-426, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.035>.
17. Helm, D. and Hepburn, C. (2012), “The economic analysis of biodiversity: an assessment”, *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 28 (1), pp. 1-21, DOI: <https://doi.org/10.1093/oxrep/grs014>.
18. Kenway, S., Gregory, A. and McMahon, J. (2011), “Urban Water Mass Balance Analysis”, *Journal of Industrial Ecology*, vol. 15 (5), pp. 693-706, DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00357.x>.
19. Lam, C.M., Leng, L., Chen, P.C., Lee, P.H. and Hsu, S.C. (2017), “Eco-efficiency analysis of non-potable water systems in domestic buildings”, *Applied Energy*, vol. 202, pp. 293-307, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.05.095>.
20. Lane, J.L., de Haas, D.W. and Lant, P.A. (2015), “The diverse environmental burden of city-scale urban water systems”, *Water Research*, vol. 81, pp. 398-415, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.03.005>.
21. Leigh, N.G. and Lee, H. (2019), “Sustainable and resilient urban water systems: The role of decentralization and planning”, *Sustainability*, vol. 11 (3), 918, DOI: <https://doi.org/10.3390/su11030918>.
22. Leong, J.Y.C., Balan, P., Chong, M.N. and Poh, P.E. (2019), “Life-cycle assessment and life-cycle cost analysis of decentralised rainwater harvesting, greywater recycling and hybrid rainwater-greywater systems”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 229, pp. 1211-1224, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.046>.
23. Maisham, M., Adnan, H., Ismail, N.A.A. and Mahat, N.A.A. (2019), “Developing a Research Methodology for Life Cycle Costing Framework for Application in Green Projects”, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 385, 4<sup>th</sup> International Conference on Research Methodology for Built Environment and Engineering, 24-25 April 2019, Malaysia, DOI: 10.1088/1755-1315/385/1/012066.
24. Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G.A., Alaerts, L., Van Acker, V., De Meester, S. and Dewulf, J. (2019), “Circular economy indicators: What do they measure?”, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 146, pp. 452-461, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>.
25. Morseletto, P., Mooren, C.E. and Munaretto, S. (2022), “Circular Economy of Water: Definition, Strategies and Challenges”, *Circular Economy and Sustainability*, vol. 2, pp. 1463-1477, DOI: <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00165-x>.
26. OECD (2012), *OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*, OECD Publishing, p. 353, DOI: <https://doi.org/10.1787/1999155x>.

27. Renouf, M.A., Kenway, S.J., Lam, K.L., Weber, T., Roux, E., Serrao-Neumann, S., Choy, D.L. and Morgan, E.A. (2018), "Understanding urban water performance at the city-region scale using an urban water metabolism evaluation framework", *Water Research*, vol. 137, pp. 395-406, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.01.070>.

28. Wintgens, T., Nattorp, A., Elango, L. and Asolekar, S.R. (2016), *Natural water treatment systems for safe and sustainable water supply in the Indian context: Saph Pani*, IWA Publishing, vol. 15, p. 336, DOI: <https://doi.org/10.2166/9781780408392>.

29. Yang, W. (2011), "A multi-objective optimization approach to allocate environmental flows to the artificially restored wetlands of China's Yellow River Delta", *Ecological Modelling*, vol. 222 (2), pp. 261-267, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.08.024>.

### Об авторах

*Фонтана Каринэ Аркадьевна*, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Лаборатории стратегии экономического развития, Центральный экономико-математический институт РАН, Москва.

*Ерзнкян Баграт Айкович*, доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель Лаборатории стратегии экономического развития, Центральный экономико-математический институт РАН, Москва.

### About authors

*Karine A. Fontana*, Candidate of Sci (Econ.), Senior Researcher at the Laboratory of Economic Development Strategy, Central Economics and Mathematics Institute of RAS, Moscow.

*Bagrat H. Yerznkyan*, Doctor of Sci (Econ.), Professor, Principal Researcher, Head of the Laboratory of Economic Development Strategy, Central Economics and Mathematics Institute of RAS, Moscow.