

УДК 658

## РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИРКУЛЯРНОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕЗОСИСТЕМ В РОССИИ

Шинкевич А.И., Галимулина Ф.Ф., Иванова Л.Н.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,  
Казань, e-mail: ashinkevich@mail.ru, 080502e\_m@mail.ru, ivanova2314372@mail.ru

Настоящее научное исследование освещает проблематику реализации циркулярной модели восстановления ресурсов (повторного использования ресурсов) в российских условиях на мезоуровне. В качестве цели исследования обозначена оценка бизнес-модели восстановления ресурсов на примере оборотного использования водных ресурсов в разрезе мезосистем. Методами исследования послужили измерение, экономико-математическое моделирование, компаративный анализ и графический метод. Представлен контент-анализ научных трудов, посвященных исследованию реализации принципов циркулярной экономики в промышленности; предложена и апробирована методика оценки оборотного использования водных ресурсов на мезоуровне; выявлены закономерности перехода российских мезосистем к бизнес-модели восстановления ресурсов и закономерности структурной трансформации отечественной промышленности в условиях замыкания ресурсных циклов. Новизна результатов исследования состоит в разработке методического подхода к оценке циркулярной модели восстановления ресурсов в промышленности России, обеспечивающего объективность выводов об уровне перехода мезосистем к реализации принципа замыкания ресурсных циклов. Сформулированные выводы о неравномерности развития промышленных мезосистем в России в условиях реализации циркулярной модели восстановления ресурсов могут быть приняты во внимание при формировании и реализации федерального проекта «Экономика замкнутого цикла», в рамках регулирования развития промышленности на уровне мезосистем и муниципалитетов путем приоритизации государственной поддержки модернизации промышленных систем, относящихся к четвертому типу (согласно авторской типологии).

**Ключевые слова:** циркулярная модель, восстановление ресурсов, замыкание ресурсных циклов, водные ресурсы, промышленная мезосистема, кластерный анализ

## IMPLEMENTATION OF A CIRCULAR MODEL FOR THE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL MESOSYSTEMS IN RUSSIA

Shinkevich A.I., Galimulina F.F., Ivanova L.N.

Kazan National Research Technological University, Kazan,  
e-mail: ashinkevich@mail.ru, 080502e\_m@mail.ru, ivanova2314372@mail.ru

This scientific study highlights the problems of implementing a circular model of resource recovery (reuse of resources) in Russian conditions at the meso-level. The purpose of the study is to evaluate the business model of resource recovery on the example of the recycling of water resources in the context of mesosystems. The research methods were measurement, economic and mathematical modeling, comparative analysis and graphical method. The content analysis of scientific papers devoted to the study of the implementation of the principles of circular economy in industry is presented; a methodology for assessing the recycling use of water resources at the meso-level is proposed and tested; patterns of transition of Russian mesosystems to a business model of resource recovery and patterns of structural transformation of domestic industry in the conditions of closure of resource cycles are revealed. The novelty of the research results consists in the development of a methodological approach to the assessment of the circular model of resource recovery in the Russian industry, which ensures the objectivity of conclusions about the level of transition of mesosystems to the implementation of the principle of closure of resource cycles. The formulated conclusions about the uneven development of industrial mesosystems in Russia in the context of the implementation of the circular model of resource recovery can be taken into account when forming and implementing the federal project "Closed-loop Economy", within the framework of regulating the development of industry at the level of mesosystems and municipalities by prioritizing state support for the modernization of industrial systems belonging to the fourth type (according to the author's typology).

**Keywords:** circular model, resource recovery, closure of resource cycles, water resources, industrial mesosystem, cluster analysis

Принципы циркулярной экономики прочно закрепляются в функционировании промышленных систем. В текущем году ожидается утверждение четырех программ в рамках реализации федерального проекта «Экономика замкнутого цикла» и национального проекта «Экология». К числу отмеченных четырех программ относятся мероприятия по переработке отходов и альтернативные виды топлива в промышленных производствах. Данный факт подчеркивает актуальность исследуемой

проблематики и определяет значимость исследования моделей развития промышленных систем в актуальных условиях.

Принимая во внимание приоритетность принципов устойчивого развития, можно считать закономерной широкую освещенность вопросов защиты окружающей среды, экономии природных ресурсов и оборотного использования в научной литературе. К числу работ, содержащих научно значимые положения в области экономики замкнутого цикла, следует отнести

труды Д.О. Скобелева [1], который уточняет понятийный аппарат циркулярной экономики и исследует ее во взаимосвязи с категориями ресурсоэффективности и наилучших доступных технологий; Н.Ю. Титовой [2], предлагающей систему оценки условий реализации принципов экономики замкнутого цикла в промышленности; А.М. Кряжева, Т.В. Гусевой и др. [3], в научной работе которых принципы циркулярной экономики исследованы в контексте устойчивого развития целлюлозно-бумажного производства; М.А. Ветровой и Д.В. Ивановой, в исследовании которых систематизированы условия, элементы, возможности и угрозы становления экономики замкнутого цикла, а также освещены две модели потребления первичного и вторичного использования [4].

Широко распространенной является классификация бизнес-моделей циркулярной экономики, представленная консалтинговой компанией Accenture: циркулярные поставки, восстановление ресурсов, продление срока службы изделия, платформы для совместного использования, продукт как услуга [5] – а также раскрытая на примерах в исследованиях М.А. Гурьевой [6], Н.В. Пахомовой, К.К. Рихтера и М.А. Ветровой [7] и др.

Особенно актуальным и крайне чувствительным для общества вопросом является защита водных объектов, рациональное использование водных ресурсов, чему уделяется внимание при реализации Цели 6 устойчивого развития «Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех» и Цели 12 «Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства». В связи с отмеченным важна оценка перехода отечественной промышленности к бизнес-модели восстановления ресурсов.

Контент-анализ опубликованных научных трудов, посвященных исследованию реализации принципов циркулярной экономики в промышленности, позволяет резюмировать слабую освещенность оценки эффективности реализации моделей развития промышленных систем в условиях экономики замкнутого цикла. В связи с этим определены цель и задачи настоящего научного исследования.

Цель исследования заключается в оценке бизнес-модели восстановления ресурсов на примере оборотного использования водных ресурсов в разрезе мезосистем, что определило формулирование следующих задач:

– предложить и апробировать методику оценки оборотного использования водных ресурсов на мезоуровне;

– оценить динамику перехода российских мезосистем к бизнес-модели восстановления ресурсов;

– выявить закономерности структурной трансформации отечественной промышленности в условиях замыкания ресурсных циклов.

### Материалы и методы исследования

Результаты исследования получены на основе применения следующих методов:

– измерение – обеспечивает возможность оценки показателей рациональной организации использования ресурсов;

– экономико-математическое моделирование, а именно – кластерный анализ, который с учетом ряда критериев позволяет классифицировать объекты наблюдения на заданное число кластеров и сравнивать структуру в динамике, что служит основой для выявления закономерностей развития промышленности на мезоуровне;

– компаративный анализ, позволяющий сравнивать позиции мезосистем между собой и в динамике;

– графический метод – обеспечивает наглядность результатов исследования.

### Результаты исследования и их обсуждение

В качестве объекта исследования рассмотрены мезосистемы. Предметом исследования послужила система оборотного водоснабжения, применяемая в разных субъектах Российской Федерации, в связи с чем такая циркулярная бизнес-модель, как «повторное использование ресурсов», оценена в разрезе мезосистем. Ключевыми параметрами оценки послужили два показателя, опубликованных на сайте Росстата и наблюдаемых за период с 2005 по 2020 г. [8]:

– объем оборотной и последовательно используемой воды (млн куб. м);

– использование свежей воды (млн куб. м).

На первом этапе в целях выявления динамики и качественного перехода к экономике замкнутого цикла рассчитан коэффициент, отражающий отношение объема оборотной воды к использованию свежей воды в мезосистемах, а также абсолютное изменение коэффициента за 15 лет. На рис. 1 представлена динамика показателя по крупным промышленным мезосистемам (через призму обрабатывающих производств). Среди промышленных мезосистем в контексте повторного использования водных ресурсов лидирует Свердловская область, линия тренда – восходящая; на втором месте – Республика Татарстан с нестабильной динамикой показателя; на третьем месте Республика Башкортостан с более ровной динамикой развития.

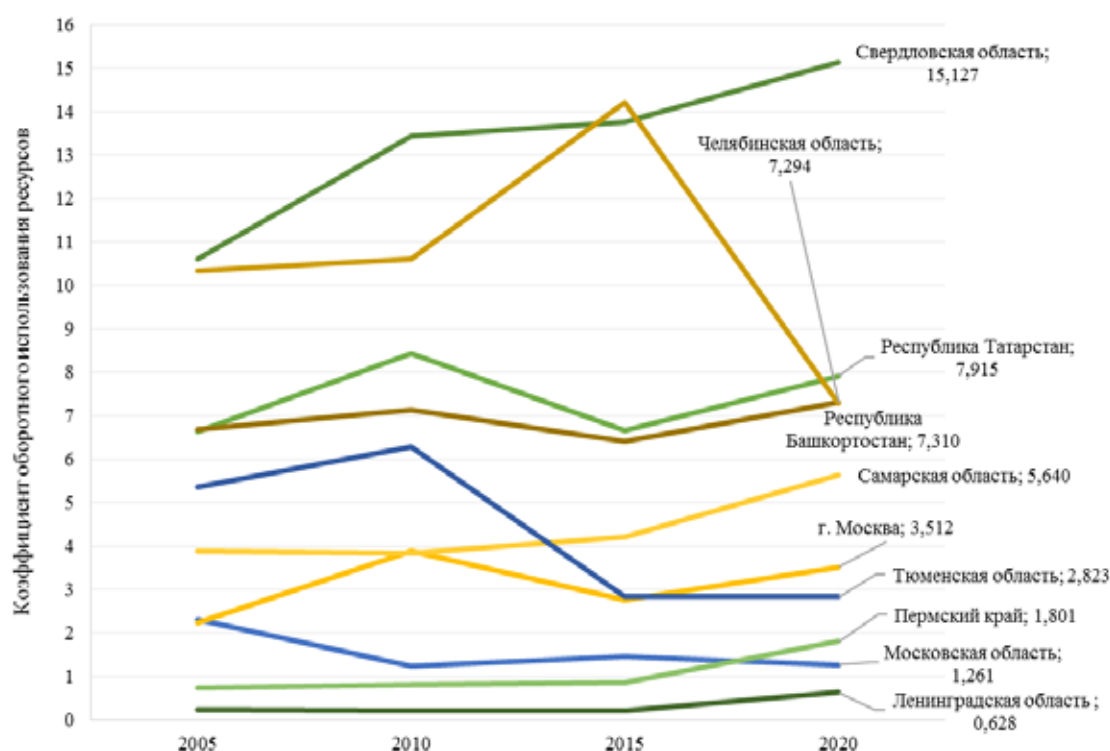


Рис. 1. Динамика коэффициента оборотного использования водных ресурсов по крупным промышленным мезосистемам (рассчитано авторами по данным Росстата [8])

Также стабильный рост демонстрируют Самарская область и Пермский край. Нисходящий тренд наблюдается по Челябинской (существенное сокращение показателя за 2015–2020 гг.) и Тюменской (существенное сокращение показателя за 2010–2025 гг.) областям.

На рис. 2 отражено изменение показателя за 2005–2020 гг. По итогам 2020 г. высокое значение коэффициента (выше, чем 10/1) зафиксировано в таких мезосистемах, как Воронежская область (12,9; объект 4), Курская область (28,2; объект 8), Липецкая область (14,0; объект 9), Орловская область (23,3; объект 11), Смоленская область (36,6; объект 13), Вологодская область (22,1; объект 22), Новгородская область (10,6; объект 26), Саратовская область (14,3; объект 52), Свердловская область (15,1; объект 55), Амурская область (25,7; объект 74), в то время как в целом по России показатель составил 3,0. Преобладание использования свежей воды над оборотными технологиями отмечается в 19 мезосистемах – коэффициент ниже 1. Это Брянская область (0,3; объект 2), Костромская область (0,5; объект 7), Ленинградская область (0,6; объект 24) и др.

В среднем по России выявлена положительная динамика перехода к оборотному использованию водных ресурсов, коэффициент увеличился на 0,794 пункта (рис. 2, пунктирная линия). Наибольшее изменение демонстрируют Орловская область (+20,4 пункта; объект 11), Амурская область (+17,9 пункта; объект 74) и Вологодская область (+16,3 пункта; объект 22). В то же время в 19 исследуемых мезосистемах, несмотря на преобладание замыкания водных ресурсов в производственных циклах, наблюдается отрицательный тренд: Московская область (-1,0 пункта; объект 10), Рязанская область (-4,8; объект 12), Республика Мордовия (-0,3; объект 42) и др.

На втором этапе исследования осуществлена динамическая классификация мезосистем в условиях тиражирования опыта перехода к циркулярной модели организации промышленных систем. Ключевым инструментом послужил кластерный анализ. Входными переменными послужили показатели:

- объем оборотной и последовательно используемой воды (млн куб. м),  $x_1$ ;
- коэффициент оборотного использования водных ресурсов,  $x_2$ .

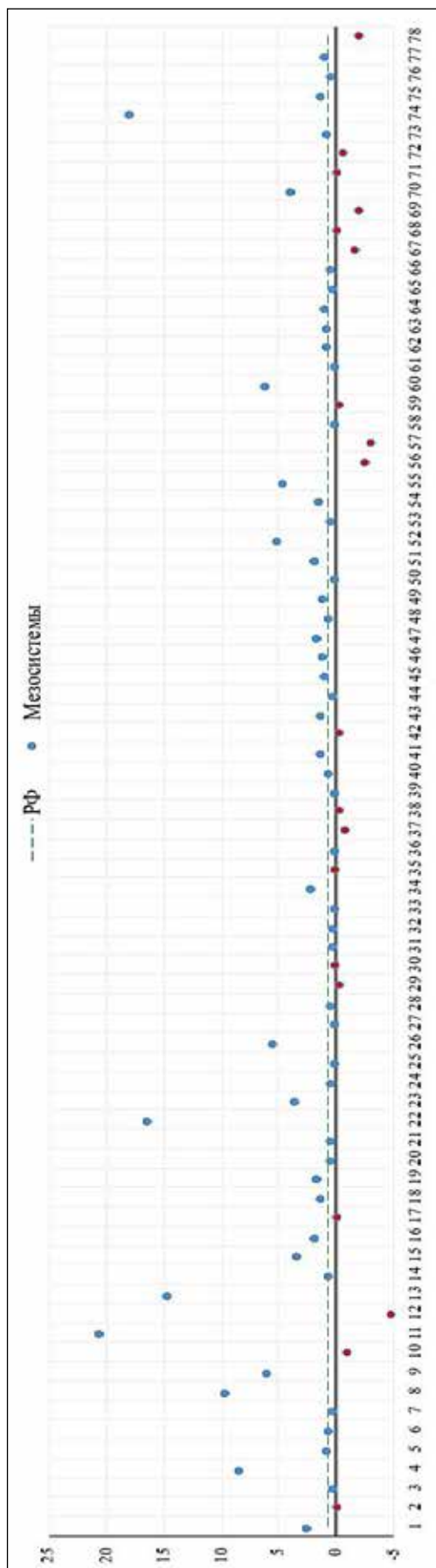


Рис. 2. Динамика перехода мезосистем к циркулярной модели за 2005–2020 гг. (рассчитано авторами по данным Росстата [8])

Описательные статистики для кластеров мезосистем по уровню повторного использования водных ресурсов

Типы мезосистем	2005		2010		2015		2020	
	$x_1$	$x_2$	$x_1$	$x_2$	$x_1$	$x_2$	$x_1$	$x_2$
Тип 1	10 160	8,77	11 327	10,11	8 607	10,18	6 086	12,12
Тип 2	5 174	8,95	4 523	8,03	4 283	9,2	2 232	5,99
Тип 3	2 286	3,53	1 388	3,53	1 550	4,54	1 035	4,69
Тип 4	457	2,07	208	1,86	321	2,23	183	1,94
Число объектов наблюдения								
Тип 1	3		3		5		14	
Тип 2	8		14		12		13	
Тип 3	18		26		20		20	
Тип 4	49		35		41		31	

Позиции мезосистем в условиях перехода к экономике замкнутого цикла оценены по состоянию на 2005, 2010, 2015 и 2020 гг. В силу массивного объема наблюдений методом *k*-средних число кластеров обозначено равным 4. Дисперсионный анализ во всех четырех случаях (за 4 периода) позволяет судить о существенном вкладе двух критериев в выделение кластеров, уровень *p*-значимости менее 0,05 во всех случаях.

Выявлена реструктуризация кластеров в динамике, что подтверждает структурную трансформацию, протекающую в национальной экономике. В таблице представлены описательные статистики для кластеров в разные периоды. Первый тип – это преимущественно мезосистемы с высоким уровнем потребления оборотной воды и высоким уровнем перехода к повторному использованию водных ресурсов, прогрессивные промышленные мезосистемы; второй тип – это промышленные мезосистемы с заметным уровнем перехода к бизнес-модели восстановления ресурсов; третий тип – с умеренным уровнем перехода (за исключением наблюдений 2015 г.); четвертый тип – с низким уровнем перехода. В динамике наблюдается рост коэффициента оборотного использования водных ресурсов. Так, для первого типа мезосистем рост показателя составил 3,35 пункта, что оценивается как позитивный тренд.

Применение форматирования ячеек (серая заливка) связано с обозначением типа мезосистем, к числу которых отнесена Республика Татарстан. По итогам 2005, 2010 и 2015 гг. к первому типу мезосистем отнесены Свердловская, Тюменская и Челябинская области, поскольку в данных регионах объем использования оборотной воды был заметно выше остальных объектов наблюдения (в 2005 г.: 12488 млн куб. м, 9763 млн куб. м и 8229 млн куб. м соответственно [8]). Существенное изменение позиций демонстрируют, к примеру, Воронежская, Тверская, Вологодская области и др. (переход из кластера 3 в 2005 г. в кластер 1 в 2020 г.), Амурская область (переход из кластера 4 в кластер 2) и т.д.

Также по данным таблицы наблюдаем структурное выравнивание кластеров: если в 2005 г. превалировало число мезосистем четвертого типа, то в 2020 г. зафиксировано более равномерное распределение объектов наблюдения, что следует расценивать как позитивную закономерность в условиях устойчивого развития промышленности. Вместе с тем на основе анализа описательных статистик необходимо констатировать:

- увеличение асимметрии коэффициента оборотного использования водных ресурсов (с 2,41 в 2005 до 2,56 в 2020 г.);
- увеличение размаха показателя (с 22 до 36,56);
- увеличение стандартного отклонения (с 3,96 до 6,9).

### Заключение

Федеральная служба государственной статистики в качестве методической базы использует показатели объема оборотной и последовательно используемой воды и объема использования свежей воды [8]. Однако данные показатели, на наш взгляд, не отражают объективную основу для сравнительного анализа мезосистем. Данную проблему решает предложенный и проанализированный нами коэффициент оборотного использования водных ресурсов, который является относительным и позволяет, независимо от объемов промышленного производства, объективно оценить переход мезосистем к реализации принципов устойчивого развития и восстановления ресурсов.

Проведенное исследование позволяет резюмировать следующее:

- наблюдается общий позитивный тренд замыкания циклов в использовании водных ресурсов (в целом по России), о чем свидетельствует увеличение коэффициента оборотного использования водных ресурсов на 0,794 пункта, на основании чего возможно констатировать успешную реализацию циркулярной модели восстановления ресурсов;

– выявленные тенденции на мезоуровне характеризуют отечественную промышленность как асимметрично развивающуюся систему, с высокой степенью энтропии в контексте циркулярной экономики и модели повторного использования ресурсов.

Таким образом, в результате научного исследования сформулированы следующие положения:

- предложена и апробирована методика оценки оборотного использования водных ресурсов на мезоуровне, в основе которой лежит расчет коэффициента, основанный на сопоставлении объемов использования оборотной и свежей воды; авторская методика обеспечивает объективность выводов об уровне перехода мезосистем к реализации принципа замыкания ресурсных циклов;

– выявлены закономерности перехода российских мезосистем к бизнес-модели «Восстановление ресурсов», которые заключаются преимущественно в положительной динамике перехода к оборотному использованию водных ресурсов, за исклю-

чением 19 мезосистем, на регулирование развития которых следует обратить особое внимание в рамках реализации национального проекта «Экология», отраслевых и пространственных программ и стратегий развития отечественной промышленности;

– выявить закономерности структурной трансформации отечественной промышленности в условиях замыкания ресурсных циклов, проявляющиеся в структурном выравнивании кластеров (более равномерном распределении объектов наблюдения по четырем кластерам), но разнонаправленности и асимметричности развития промышленных мезосистем в России.

Тенденции развития промышленных систем в условиях замыкания ресурсных циклов, а также выводы о неравномерности развития промышленных мезосистем в России могут быть приняты во внимание при формировании и реализации федерального проекта «Экономика замкнутого цикла», в рамках регулирования развития промышленности на уровне мезосистем и муниципалитетов путем приоритизации государственной поддержки модернизации промышленных систем, относящихся к четвертому типу (согласно авторской типологии).

*Исследование выполнено в рамках гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ РФ № НИШ-1886.2022.2.*

### Список литературы

1. Скобелев Д.О., Федосеев С.В. Политика повышения ресурсоэффективности и формирование экономики замкнутого цикла // Компетентность. 2021. № 3. С. 5–14. DOI: 10.24412/1993-8780-2021-3-05-14.
2. Титова Н.Ю. Условия внедрения циркулярной экономики в промышленность Российской Федерации // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2020. Т. 12. № 2. С. 29–37. DOI: 10.24866/VVSU/2073-3984/2020-2/029-037.
3. Кряжев А.М., Гусева Т.В., Тихонова И.О., Очеретенко Д.П., Алмгрен Р. Целлюлозно-бумажное производство: устойчивое развитие и формирование экономики замкнутого цикла // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 11. С. 48–53. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-11-48-53.
4. Ветрова М.А., Иванова Д.В. Циркулярные модели производства и потребления как инструмент достижения целей устойчивого развития // Russian Economic Bulletin. 2020. Т. 3. № 5. С. 44–54.
5. Circular Advantage. Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth. 2014. URL: [https://www.accenture.com/t20150523t053139\\_w\\_/us-en/\\_acnmedia/accnture/conversion-assets/dotcom/documents/global/pdf/strategy\\_6/accnture-circular-advantage-innovative-business-models-technologies-value-growth.pdf](https://www.accenture.com/t20150523t053139_w_/us-en/_acnmedia/accnture/conversion-assets/dotcom/documents/global/pdf/strategy_6/accnture-circular-advantage-innovative-business-models-technologies-value-growth.pdf) (дата обращения: 14.06.2022).
6. Гурьева М.А. Циркулярная экономика как инновационная модель развития социально-экономического пространства // Вопросы инновационной экономики. 2019. Т. 9. № 4. С. 1295–1316. DOI: 10.18334/vinec.9.4.41236.
7. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2017. Т. 33 (2). С. 244–268. DOI: 10.21638/10.21638/11701/spbu05.2017.203.
8. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: Стат. сб. / Росстат. М., 2021. 1112 с.