

**ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ
ЛАНДШАФТОВ/PHYSICAL GEOGRAPHY AND BIOGEOGRAPHY, SOIL GEOGRAPHY AND LANDSCAPE
GEOCHEMISTRY**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.65>

**ФОРМИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПЕРЕХОДА К ЭКОНОМИКЕ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА:
ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ И БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ ДЛЯ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Научная статья

Буторов Н.С.^{1,*}, Петров Д.А.², Никонорова И.В.³

² ORCID : 0009-0003-0318-938X;

³ ORCID : 0000-0001-9250-1918;

^{1, 2, 3} Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, Чебоксары, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (hizenbergg[at]mail.ru)

Аннотация

Переход к экономике замкнутого цикла (ЭЗЦ) является стратегическим направлением обеспечения экологического благополучия и повышения ресурсоэффективности Российской Федерации, что закреплено Указом Президента РФ от 07.05.2024 № 309. Достижение национальных целей требует разработки региональных программ, учитывающих не только экономическую специфику, но и физико-географические, биогеографические и геохимические особенности территорий. Чувашская Республика, расположенная в пределах Восточно-Европейской равнины, обладает уникальным сочетанием ландшафтов, почвенных покровов и гидрологических условий, которые детерминируют потенциал и ограничения для внедрения циркулярных моделей. В основе исследования лежит комплексный анализ, объединяющий подходы стратегического планирования с методами физической географии, биогеографии и геохимии ландшафтов для оценки потенциала вовлечения вторичных ресурсов и минимизации антропогенного воздействия на природные системы республики.

Научная новизна исследования заключается в интеграции пространственно-географического и биогеохимического подходов при оценке потенциала внедрения экономики замкнутого цикла на региональном уровне. В отличие от существующих работ, ориентированных преимущественно на нормативно-экономический анализ, в статье обоснована необходимость учета ландшафтно-геохимических ограничений при размещении объектов обработки и утилизации отходов, а также при использовании продуктов их переработки в агроландшафтах Чувашской Республики.

Ключевые слова: экономика замкнутого цикла, обращение с отходами, вторичные ресурсы, физическая география, биогеография, география почв, геохимия ландшафтов, Чувашская Республика, экологическая политика.

DEVELOPMENT OF A REGIONAL PROGRAM FOR TRANSITION TO A CIRCULAR ECONOMY: PHYSIO-GEOGRAPHICAL AND BIOGEOCHEMICAL ASPECTS FOR THE CHUVASH REPUBLIC

Research article

Butorov N.S.^{1,*}, Petrov D.A.², Nikonorova I.V.³

² ORCID : 0009-0003-0318-938X;

³ ORCID : 0000-0001-9250-1918;

^{1, 2, 3} Chuvash State University, Cheboksary, Russian Federation

* Corresponding author (hizenbergg[at]mail.ru)

Abstract

The transition to a circular economy (CE) is a strategic direction for ensuring environmental well-being and improving resource efficiency in the Russian Federation, as enshrined in Decree of the President of the Russian Federation No. 309 dated May 7, 2024. Achieving national goals requires the development of regional programs that consider not only economic specifics but also the physico-geographical, biogeographical, and geochemical characteristics of the territories. The Chuvas Republic, located within the East European Plain, possesses a unique combination of landscapes, soil covers, and hydrological conditions that determine the potential and constraints for implementing circular models. This study is based on a comprehensive analysis combining strategic planning approaches with methods of physical geography, biogeography, and landscape geochemistry to assess the potential for secondary resource involvement and minimize anthropogenic impact on the republic's natural systems.

The scientific novelty of the study lies in the integration of spatial-geographical and biogeochemical approaches in assessing the potential for implementing a circular economy at the regional level. Unlike existing studies, which are primarily focused on regulatory and economic analysis, this paper substantiates the necessity of considering landscape-geochemical constraints when locating waste treatment and disposal facilities, as well as when using recycled waste products within the agricultural landscapes of the Chuvas Republic.

Keywords: circular economy, waste management, secondary resources, physical geography, biogeography, soil geography, landscape geochemistry, Chuvas Republic, environmental policy.

Введение

Современная линейная модель экономики «производство — потребление — захоронение» характеризуется ростом объемов отходов и усилением антропогенной нагрузки на природные системы. В ответ на данные вызовы в мировой и российской практике сформировалась концепция экономики замкнутого цикла, предполагающая сокращение образования отходов, максимальное вовлечение вторичных ресурсов и замыкание материальных потоков.

Для Российской Федерации переход к ЭЗЦ закреплен в системе стратегического планирования и рассматривается как обязательное условие экологически ориентированного развития. Однако универсальные решения, применяемые без учета природной и хозяйственной специфики территорий, не обеспечивают требуемого эффекта. В этой связи особую значимость приобретает разработка региональных программ ЭЗЦ, адаптированных к физико-географическим и биогеохимическим условиям конкретных субъектов.

Чувашская Республика характеризуется развитой промышленностью, интенсивным строительством и значительным агропромышленным сектором, что обуславливает высокие объемы образования отходов. Одновременно территория региона отличается высокой плотностью речной сети, преобладанием дерново-подзолистых и серых лесных почв и мозаичностью ландшафтов, что формирует как потенциал, так и ограничения для внедрения технологий утилизации и переработки отходов. Это определяет необходимость междисциплинарного анализа при формировании региональной программы перехода к ЭЗЦ.

Цель исследования — научно обосновать направления формирования региональной программы экономики замкнутого цикла Чувашской Республики с учетом физико-географических и биогеохимических факторов.

Материалами исследования послужили данные федерального статистического наблюдения по форме № 2-ТП (отходы) за 2024 год, сведения территориальной схемы обращения с отходами производства и потребления Чувашской Республики, материалы государственных докладов о состоянии окружающей среды, а также официальная статистическая информация органов исполнительной власти Чувашской Республики.

В работе использованы методы статистического анализа для оценки объемов образования и утилизации отходов производства и потребления, сравнительный анализ при сопоставлении фактических показателей с целевыми ориентирами федерального проекта «Экономика замкнутого цикла», а также элементы пространственно-географического анализа при оценке территориального размещения объектов инфраструктуры обращения с отходами.

Для выявления экологических ограничений внедрения технологий экономики замкнутого цикла применялись подходы ландшафтной геохимии и биогеохимического анализа, позволяющие оценить потенциальные риски миграции загрязняющих веществ в почвенном покрове и водных объектах при использовании переработки отходов.

Реализация принципов экономики замкнутого цикла в Чувашской Республике: приоритетные направления

2.1. Приоритетные источники образования отходов и потенциал вторичных ресурсов

Для определения отраслей экономики и спектра отходов, в отношении которых разрабатывается Региональная программа проведен анализ данных федерального статистического наблюдения «Сведения об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления» по форме № 2-ТП (отходы) за 2024 год на предприятиях Чувашской Республики. Образовалось 284,776 тыс. тонн отходов производства и потребления.

Из общего количества отходов, образованных на предприятиях в 2024 году, отходы I класса опасности (чрезвычайно опасные) составляют 0,123 тыс. тонн (0,04% от общей массы образованных отходов), II класса (высокоопасные) — 0,041 тыс. тонн (0,01%), III класса (умеренно опасные) — 5,464 тыс. тонн (1,92%), IV класса (малоопасные) — 52,863 тыс. тонн (18,57%), V класса (практически неопасные) — 226,286 тыс. тонн (79,46%).

Данные по массе образованных, обработанных и утилизированных отходов в Чувашской Республике за 2024 год, систематизированные по видам экономической деятельности за 2024 год, приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Сведения об образовании отходов в Чувашской Республике

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.65.1>

№	Вид экономической деятельности	Масса, т	Доля, %
1	Производство металлургическое	43 682	15,3
2	Сбор и обработка сточных вод	27 727	9,7
3	Строительство зданий	22 272	7,8
4	Торговля розничная, кроме торговли автотранспортными средствами и мотоциклами	16 816	5,9
5	Производство машин и оборудования, не включенных в другие группировки	15 916	5,6
6	Производство пищевых	12 409	4,4

№	Вид экономической деятельности	Масса, т	Доля, %
	продуктов		
7	Производство напитков	12 195	4,3
8	Производство прочей неметаллической минеральной продукции	10 234	3,6
9	Растениеводство и животноводство, охота и предоставление соответствующих услуг в этих областях	9 923	3,5
10	Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования	9 724	3,4
11	Производство прочих транспортных средств и оборудования	9 191	3,2
12	Операции с недвижимым имуществом	8 752	3,1
13	Производство электрического оборудования	8 005	2,8
14	Производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов	7 594	2,7
15	Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	7 577	2,7
16	Деятельность сухопутного и трубопроводного транспорта	6 399	2,2
17	Производство химических веществ и химических продуктов	6 385	2,2
18	Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения	5 925	2,1
19	Образование	5 375	1,9
20	Строительство инженерных сооружений	5 178	1,8
21	Деятельность по обслуживанию зданий и территорий	3 303	1,2
22	Деятельность по предоставлению продуктов питания и напитков	2 860	1,0

По остальным видам деятельности доля составила менее 1%.

За 2024 год образовано всего 284 776 т отходов производства и потребления.

По остальным отходам процент из общей массы поступивших отходов составляют менее 1%.

Сведения об образовании, утилизации и обезвреживании отходов производства и потребления за 2024 год по классам опасности представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Сведения об образовании, утилизации и обезвреживании отходов производства и потребления за 2024 год по классам опасности

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.65.2>

Показатели	Объем отходов, тыс. тонн	В том числе распределение по классам опасности, тыс. тонн				
		I класс	II класс	III класс	IV класс	V класс
1	2	3	4	5	6	7
Наличие на предприятиях на начало года	3 145,201	0,007	0,114	0,911	3 097,384	46,786
Образовалось на предприятиях в течение года	284,776	0,123	0,041	5,464	52,863	226,286
Поступило от других предприятий	566,890	0,014	0,746	1,440	230,135	333,555
Утилизировано и обезврежено на предприятиях	132,585	0,014	0,020	1,806	2,106	128,639

Передано на утилизацию 130 152 т, из которых для повторного применения (рециклинг) пригодно 84 393 т. Переданные на утилизацию отходы представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Сведения об отходах переданных на утилизацию за 2024 год

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.65.3>

№	Наименование	Масса, т	Доля, %
1	Отходы упаковочного гофрокартона незагрязненные	48 900	37,57
2	Лом и отходы стальные в кусковой форме незагрязненные	22 256	17,10
3	Смесь осадков механической и биологической очистки хозяйствственно-бытовых и смешанных сточных вод, выдержанная на площадках стабилизации, практически неопасная	20 939	16,09
4	Обрезь гофрокартона	10 000	7,68
5	Скреп стальной незагрязненный	5 580	4,29

№	Наименование	Масса, т	Доля, %
6	Песок формовочный горелый отработанный практически неопасный	5 528	4,25
7	Осадок с песколовок при очистке хозяйствственно-бытовых и смешанных сточных вод практически неопасный	3 258	2,50
8	Лом и отходы чугунные несортированные	3 163	2,43
9	Грунт, образовавшийся при проведении землеройных работ, не загрязненный опасными веществами	2 364	1,82
10	Отходы бумаги при изготовлении печатной продукции	1 391	1,07

2.2. Пространственно-географические и биогеохимические ограничения внедрения экономики замкнутого цикла

Физико-географические условия Чувашской Республики формируют систему объективных пространственных и экологических ограничений при реализации мероприятий экономики замкнутого цикла. Территория региона отличается высокой плотностью речной сети (в среднем 0,35–0,45 км/км²), при этом долины рек Волги, Суры и Цивиля характеризуются развитием аллювиальных и пойменных ландшафтов с активными процессами фильтрации и аккумуляции загрязняющих веществ [1], [2]. Значительная расчленённость рельефа правобережной части республики (относительные превышения до 80–120 м) усиливает поверхностный и склоновый сток, способствуя вторичному перераспределению загрязнителей при размещении объектов переработки отходов. Карта геологического строения почв Чувашской Республики приведена на рисунке 1.

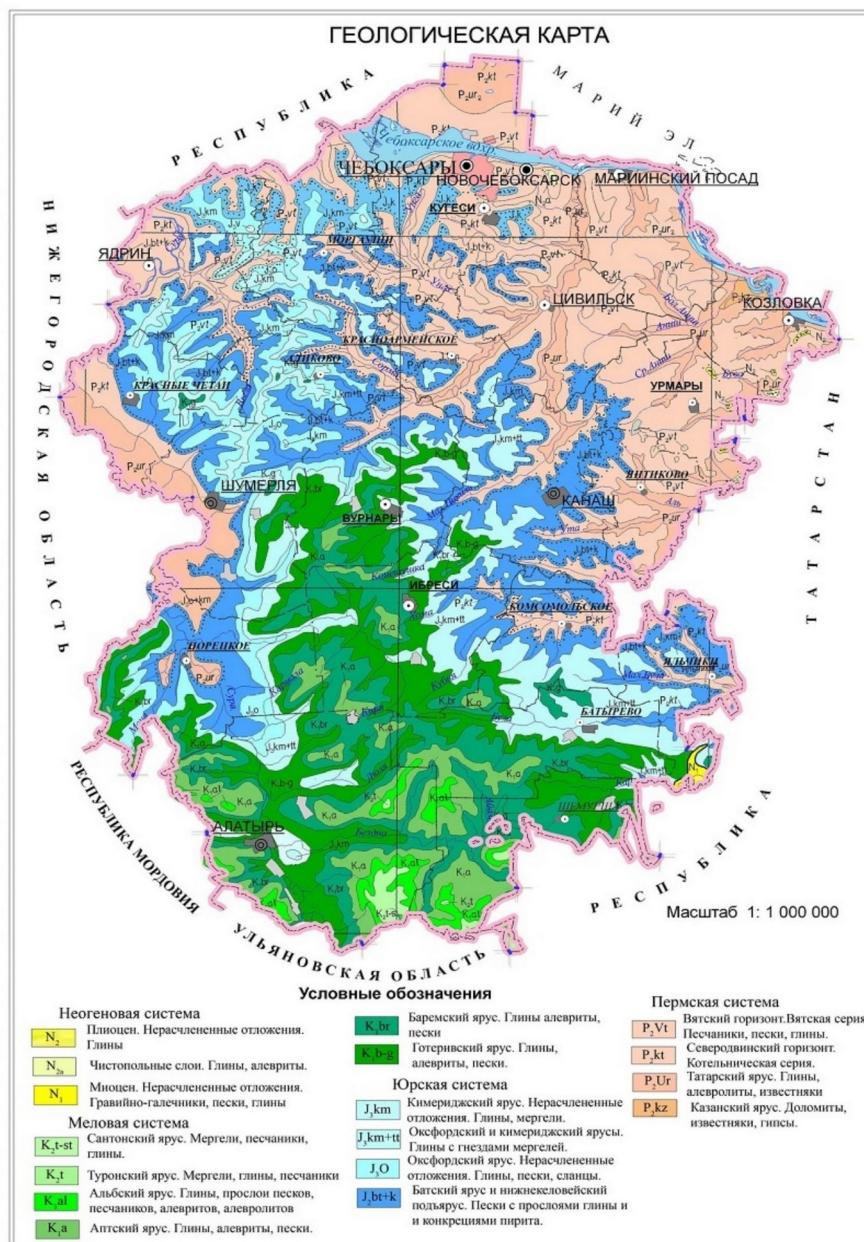


Рисунок 1 - Геологическая карта Чувашской Республики

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.164.65.4>

Почвенный покров региона представлен преимущественно дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами, суммарно занимающими более 65% площади сельскохозяйственных угодий. Эти почвы отличаются пониженной буферной ёмкостью (pH 4,5–5,5) и низким содержанием гумуса (в среднем 1,5–2,5%), что обуславливает их повышенную чувствительность к поступлению техногенных компонентов [2], [3]. В условиях лёгкого и среднесуглинистого гранулометрического состава коэффициент миграции нитратов и подвижных форм тяжёлых металлов может достигать 0,6–0,8, что существенно повышает риск загрязнения почвенно-грунтовых вод [3], [4].

Биогеохимический анализ показывает, что при нерациональном размещении объектов компостирования, анаэробного сбраживания и временного хранения вторичных материалов возрастает вероятность миграции нитратов, фосфатов, цинка, меди и кадмия. По данным региональных наблюдений, в отдельных агроландшафтах содержание подвижных форм цинка и меди в пахотном горизонте уже приближается к 60–80% от ПДК, что существенно ограничивает допустимые объёмы внесения компостов и дигестата без предварительного агрохимического и геохимического контроля [4], [5].

Особо уязвимыми являются долины рек Сура и Цивиль, где уровень грунтовых вод местами залегает на глубине 1,5–3,0 м, а данные водоносные горизонты используются для хозяйствственно-питьевого водоснабжения населённых пунктов. В таких условиях даже локальные нарушения технологии обращения с органическими отходами могут приводить к росту концентраций нитратов в подземных водах выше 45 мг/л, что подтверждается результатами мониторинга в ряде муниципальных районов [2], [5].

В этой связи внедрение технологий компостирования, использования дигестата, почвогрунтов и рекультивантов в рамках экономики замкнутого цикла должно осуществляться на основе территориальной дифференциации с

обязательным учётом почвенно-ландшафтных условий, глубины залегания грунтовых вод и ассимиляционного потенциала агроландшафтов. Наиболее перспективными являются водораздельные и надпойменные участки с мощным гумусовым горизонтом и устойчивыми агрокосистемами [3], [6].

Универсальное масштабирование технологий замкнутого цикла без предварительного анализа региональных биогеохимических процессов может привести к вторичному загрязнению почв и водных объектов, снижению продуктивности агроландшафтов и росту экологических рисков. Таким образом, пространственно-географические и биогеохимические ограничения являются ключевым фактором, определяющим необходимость адаптации моделей экономики замкнутого цикла к природным условиям Чувашской Республики [4], [7].

2.3. Развитие инфраструктуры обработки и утилизации отходов

Анализ существующей инфраструктуры обращения с твердыми коммунальными отходами в Чувашской Республике выявляет выраженную пространственную диспропорцию. Действующие объекты обработки ТКО сосредоточены преимущественно в северной части региона (г. Чебоксары и г. Новочебоксарск), в то время как южные и западные муниципальные округа вынуждены транспортировать отходы на расстояния до 150–200 км [8].

Данная логистическая особенность приводит к росту транспортных затрат, перегрузке действующих мощностей и снижению фактической эффективности сортировки. В 2024 году уровень сортировки ТКО составил 67%, тогда как доля захоронения достигла 86,6%, что существенно превышает целевые показатели федерального проекта «Экономика замкнутого цикла» [9], [13], [14].

Для устранения выявленных диспропорций региональной программой предусмотрено строительство мусоросортировочных комплексов в Канашском, Батыревском и Моргаушском муниципальных округах проектной мощностью по 30 тыс. т/год каждый. Реализация данных проектов позволит сформировать территориально сбалансированную систему обработки отходов и обеспечить к 2030 году сортировку 100% ежегодно образуемых ТКО [8].

Размещение объектов обработки отходов должно сопровождаться обязательным пространственно-ландшафтным анализом, исключающим размещение в водоохранных зонах, на участках с высоким уровнем грунтовых вод и в зонах распространения легкофильтрующих грунтов [2], [5].

2.4. Утилизация органической фракции отходов и компостирование

Морфологический анализ твердых коммунальных отходов, выполненный в рамках региональных обследований, показывает, что органическая фракция составляет от 24 до 35% их общего состава. При фактическом объеме образования ТКО на территории Чувашской Республики это соответствует примерно 90–120 тыс. т органических отходов в год, формируемых преимущественно за счет пищевых отходов, растительных остатков и отходов общественного питания [9], [20]. Указанный объем позволяет рассматривать органическую фракцию как один из ключевых ресурсных потоков в системе экономики замкнутого цикла региона.

Региональной программой предусмотрено поэтапное формирование инфраструктуры компостирования, включающее создание участка мощностью 60 тыс. т/год в г. Новочебоксарске, а также дополнительных участков компостирования в Канашском, Батыревском и Моргаушском муниципальных округах общей проектной мощностью до 90 тыс. т/год. Сопоставление проектируемых мощностей с фактическим объемом образования органической фракции ТКО показывает их количественное соответствие потенциальному сырьевому потоку [8]. Вместе с тем реальная загрузка данных объектов будет зависеть от эффективности раздельного сбора органических отходов и степени их загрязненности неорганическими примесями, что в настоящее время остается ограничивающим фактором.

Использование компоста, получаемого из органической фракции ТКО, в агроландшафтах Чувашской Республики требует строгого биогеохимического обоснования. Почвенный покров региона представлен преимущественно дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами, характеризующимися относительно низкой буферной емкостью и чувствительностью к избыточному поступлению биогенных элементов. В этих условиях неконтролируемое внесение компоста может приводить к накоплению подвижных форм азота и фосфора, а также к вторичному загрязнению почв и поверхностных вод тяжелыми металлами и солями [3], [6].

В связи с этим применение компоста должно осуществляться на основе нормирования доз внесения с учетом агрохимических показателей почв, потребностей сельскохозяйственных культур и фоновых геохимических характеристик территории. Обязательным условием является контроль качества компоста по показателям содержания тяжелых металлов, патогенной микрофлоры и минеральных солей в соответствии с действующими санитарными и экологическими нормативами [12], [15]. Такой подход позволяет рассматривать компостирование не как универсальное решение, а как элемент управляемой системы возврата органического вещества в почвенный покров без нарушения устойчивости агроландшафтов.

2.5. Потенциал биогазовых технологий в агропромышленном комплексе

Агропромышленный комплекс Чувашской Республики является одним из ключевых источников органических отходов, формирующих значимый ресурсный потенциал для внедрения технологий экономики замкнутого цикла. По данным Министерства сельского хозяйства Чувашской Республики, суммарный объем побочных продуктов животноводства превышает 880 тыс. т в год, при этом переработка птичьего помета в специализированных установках достигает 78–80 тыс. т в год [16]. Указанные потоки характеризуются высокой концентрацией органического вещества и биогенных элементов, прежде всего азота и фосфора, что делает их потенциально пригодными для биотехнологической переработки.

Частичное вовлечение данных потоков в процессы анаэробного сбраживания позволяет не только снизить нагрузку на окружающую среду, связанную с хранением и размещением органических отходов, но и стабилизировать их химический состав. Вместе с тем эксплуатация биогазовых установок в условиях умеренно-континентального климата Чувашской Республики сопряжена с необходимостью поддержания технологически заданных температурных режимов, особенно в зимний период [17]. Это приводит к увеличению собственных энергозатрат установок и снижает

их экономическую эффективность при ориентации исключительно на производство электрической или тепловой энергии [14].

В этой связи биогазовые технологии в региональных условиях целесообразно рассматривать прежде всего как элемент системы утилизации органических отходов и замыкания биогеохимических циклов, а не как самостоятельный энергетический проект. Анаэробное сбраживание позволяет перевести органическое вещество в более стабильную форму, снижая потери азота за счет уменьшения процессов аммиачной эмиссии и вымывания нитратов. Получаемый в результате переработки дигестат характеризуется более предсказуемым химическим составом по сравнению с исходными отходами и может использоваться в качестве органического удобрения при условии строгого нормирования доз внесения и контроля содержания тяжелых металлов, патогенной микрофлоры и солей [6], [12].

Таким образом, внедрение биогазовых технологий в агропромышленном комплексе Чувашской Республики следует рассматривать как инструмент экологически безопасной переработки органических отходов и управления потоками биогенных элементов в агроландшафтах, что позволяет снизить риск деградации почв и поверхностных вод при одновременном сокращении объемов отходов, направляемых на захоронение.

2.6. Переработка строительных отходов и использование вторичных материалов

В строительном комплексе Чувашской Республики ежегодно образуется более 30 тыс. т отходов бетона, железобетона и асфальтобетона. В настоящее время значительная часть данных отходов направляется на захоронение, что обусловлено отсутствием на региональном уровне специализированных предприятий по их переработке, а также недостаточной нормативно-методической проработкой вопросов сертификации вторичного применения строительных материалов [8], [15]. При этом международный опыт свидетельствует о высокой технологической и экономической эффективности рециклинга строительных и демонтажных отходов при их использовании в дорожном строительстве и благоустройстве территорий [18].

Региональной программой предусмотрено строительство предприятия по переработке строительных отходов проектной мощностью до 30 тыс. т/год к 2030 году. Реализация данного проекта позволит вовлекать вторичные инертные материалы (дробленый бетон, асфальтогранулят) в строительство и ремонт автомобильных дорог, а также в работы по благоустройству, что приведет к сокращению потребления природного щебня и песка и снижению антропогенной нагрузки на природные ландшафты [15], [16], [18].

Использование вторичных строительных материалов должно сопровождаться обязательным геохимическим контролем, исключающим превышение фоновых концентраций подвижных форм тяжелых металлов и негативное воздействие на почвы и поверхностные воды. Контроль качества вторичного сырья должен осуществляться с учетом требований действующих технических регламентов и стандартов, а также региональных геохимических условий [3], [7], [19].

Заключение

Реализация модели экономики замкнутого цикла в Чувашской Республике, рассмотренная через призму физической географии, биогеографии и геохимии ландшафтов, приобретает черты не просто экономической модернизации, а крупномасштабного проекта по экологической оптимизации региона.

Ключевыми факторами успеха становятся ландшафтно-экологическое обоснование при размещении любой инфраструктуры обращения с отходами, замыкание биогеохимических циклов в агропромышленном комплексе как основа повышения плодородия почв и снижения химической нагрузки, геохимический мониторинг всех этапов обращения с вторичными ресурсами, развитие междисциплинарных научных исследований и кадрового потенциала на стыке географии, экологии и экономики.

Рекомендуется начать с пилотных проектов, например, по созданию замкнутой системы утилизации органических отходов в одном из муниципальных районов с типичными для республики почвенно-ландшафтными условиями. Это позволит отработать технологии, оценить их эффективность и экологические последствия перед масштабированием на весь регион.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года: указ Президента Рос. Федерации от 07.05.2024 № 309 // Официальный интернет-портал правовой информации. — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202405070001> (дата обращения: 02.10.2025).
2. Российская Федерация. Законы. Об отходах производства и потребления: федер. закон: [от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 14.07.2022)] // Собрание законодательства РФ. — 1998. — № 26. — Ст. 3009.
3. Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 25.01.2018 № 84-р // Собрание законодательства РФ. — 2018. — № 5. — Ст. 769.

4. Территориальная схема обращения с отходами производства и потребления, в том числе с твердыми коммунальными отходами, на территории Чувашской Республики: утв. приказом Министерства природных ресурсов и экологии Чуваш. Респ. от 23.12.2022 № 813 // Официальный портал органов власти Чувашской Республики. — URL: <https://minpriroda.cap.ru/action/activity/obraschenie-s-othodami-proizvodstva-i-potrebleniya/territorialjnaya-shema-obrascheniya-s-othodami> (дата обращения: 01.10.2025).
5. Атлас Чувашской Республики / В.Н. Петров [и др.]; под ред. В.Н. Петрова. — Чебоксары: Чувашское книжное издательство, 2010. — 160 с.
6. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Чувашской Республики в 2024 году». — Чебоксары: Министерство природных ресурсов и экологии Чувашской Республики, 2025. — 210 с.
7. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова / В.А. Ковда. — Москва: Наука, 1985. — 264 с.
8. Перельман А.И. Геохимия ландшафтов / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. — Москва: Астрея, 2000. — 768 с.
9. Ресурсы поверхностных и подземных вод Чувашской Республики / И.И. Иванов [и др.]; под ред. И.И. Иванова. — Чебоксары, 2012. — 184 с.
10. Орлов Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д.С. Орлов. — Москва: Высшая школа, 2002. — 336 с.
11. Alloway B.J. Heavy Metals in Soils / B.J. Alloway. — Dordrecht: Springer, 2013. — 613 р.
12. Полуэктов Т.Ю. Экономика замкнутого цикла как перспективная концепция в области переработки отходов / Т.Ю. Полуэктов // Московский экономический журнал. — 2022. — № 8. — С. 106–132.
13. Паспорт федерального проекта «Экономика замкнутого цикла». — Москва: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2023.
14. Circular economy and municipal waste / European Environment Agency. — Copenhagen, 2020.
15. Guidelines on compost quality and use / FAO. — Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019.
16. Статистический сборник / Министерство сельского хозяйства Чувашской Республики. — Чебоксары, 2024.
17. Weiland P. Biogas production: current state and perspectives / P. Weiland // Applied Microbiology and Biotechnology. — 2010. — № 85. — Р. 849–860.
18. Pacheco-Torgal F. Construction and demolition waste recycling / F. Pacheco-Torgal, J. Labrincha, Y. Ding, J. de Brito // Waste Management. — 2014. — № 34. — Р. 179–188.
19. ГОСТ 32495–2013. Материалы строительные из отходов. Общие технические условия. — Введ. 01.07.2014. — Москва: Стандартинформ, 2014.
20. Методические рекомендации по определению морфологического состава твердых коммунальных отходов / Министерство природных ресурсов и экологии России. — Москва, 2021.

Список литературы на английском языке / References in English

1. O nacional'nyh celyah razvitiia Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2036 goda [On the national development goals of the Russian Federation for the period up to 2030 and for the future until 2036]: Decree of the President of the Russian Federation No. 309 dated 7 May 2024 // Oficial'nyj internet-portal pravovoij informacii [Official Internet portal of legal information]. — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202405070001> (accessed: 02.10.2025). [in Russian]
2. Rossiiskaya Federatsiya. Zakoni. Ob othodah proizvodstva i potreblenia [Russian Federation. Laws. On production and consumption waste]: Federal Law: [No. 89-FZ dated 24 June 1998 (as amended on 14 July 2022)] // Sobranie zakonodatel'stva RF [Collection of Legislation of the Russian Federation]. — 1998. — № 26. — Art. 3009. [in Russian]
3. Ob utverzdenii Strategii razvitiia promyshlennosti po obrabotke, utilizacii i obezvrezivanijû othodov proizvodstva i potrebleniâ na period do 2030 goda [On approval of the Strategy for the development of the industry for the processing, recycling and disposal of production and consumption waste for the period up to 2030]: Decree of the Government of the Russian Federation No. 84-r dated 25 January 2018 // Sobranie zakonodatel'stva RF [Collection of Legislation of the Russian Federation]. — 2018. — № 5. — Art. 769. [in Russian]
4. Territorial'naa shema obrashenia s othodami proizvodstva i potrebleniâ, v tom cisle s tverdymi kommunal'nymi othodami, na territorii Cuvasskoj Respublikii [Territorial waste management scheme for production and consumption waste, including municipal solid waste, on the territory of the Chuvash Republic]: Approved by Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Chuvash Republic No. 813 dated 23 December 2022 // Oficial'nyj portal organov vlasti Cuvasskoj Respublikii [Official portal of government bodies of the Chuvash Republic]. — URL: <https://minpriroda.cap.ru/action/activity/obraschenie-s-othodami-proizvodstva-i-potrebleniya/territorialjnaya-shema-obrascheniya-s-othodami> (accessed: 01.10.2025). [in Russian]
5. Atlas Čuvašskoj Respublikii [Atlas of the Chuvash Republic] / V.N. Petrov [et al.]; ed. by V.N. Petrov. — Cheboksary: Chuvash Book Publishing House, 2010. — 160 p. [in Russian]
6. Gosudarstvennyj doklad «O sostojanii i ob ohrane okružaûšej sredy Čuvašskoj Respublikii v 2024 godu» [State report "On the state and protection of the environment of the Chuvash Republic in 2024"]. — Cheboksary: Ministry of Natural Resources and Ecology of the Chuvash Republic, 2025. — 210 p. [in Russian]
7. Kovda V.A. Biogeohimiâ počvennogo pokrova [Biogeochemistry of the Soil Cover] / V.A. Kovda. — Moscow: Nauka, 1985. — 264 p. [in Russian]
8. Perel'man A.I. Geohimiâ landšaftov [Landscape Geochemistry] / A.I. Perel'man, N.S. Kasimov. — Moscow: Astreya, 2000. — 768 p. [in Russian]

9. Resursy poverhnostnyh i podzemnyh vod Čuvaškoj Respubliki [Resources of surface and groundwater of the Chuvash Republic] / I.I. Ivanov [et al.]; ed. by I.I. Ivanov. — Cheboksary, 2012. — 184 p. [in Russian]
10. Orlov D.S. Èkologijâ i ohrana biosfery pri himičeskem zagrâznenii [Ecology and protection of the biosphere under chemical pollution] / D.S. Orlov. — Moscow: Higher School, 2002. — 336 p. [in Russian]
11. Alloway B.J. Heavy Metals in Soils / B.J. Alloway. — Dordrecht: Springer, 2013. — 613 p.
12. Poluektov T.Û. Èkonomika zamknutogo cikla kak perspektivnaâ konsepcia v oblasti pererabotki othodov [Circular economy as a promising concept in the field of waste processing] / T.Û. Poluektov // Moskovskij èkonomičeskij žurnal [Moscow Economic Journal]. — 2022. — № 8. — P. 106–132. [in Russian]
13. Pasport federal'nogo proekta «Èkonomika zamknutogo cikla» [Passport of the federal project "Circular Economy"]. — Moscow: Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation, 2023. [in Russian]
14. Circular economy and municipal waste / European Environment Agency. — Copenhagen, 2020.
15. Guidelines on compost quality and use / FAO. — Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019.
16. Statističeskij sbornik [Ministry of Agriculture of the Chuvash Republic. Statistical collection] / Ministry of Agriculture of the Chuvash Republic. — Cheboksary, 2024. [in Russian]
17. Weiland P. Biogas production: current state and perspectives / P. Weiland // Applied Microbiology and Biotechnology. — 2010. — № 85. — P. 849–860.
18. Pacheco-Torgal F. Construction and demolition waste recycling / F. Pacheco-Torgal, J. Labrincha, Y. Ding, J. de Brito // Waste Management. — 2014. — № 34. — P. 179–188.
19. GOST 32495–2013. Materialy stroitel'nye iz othodov. Obšie tehnicheskie usloviâ [State Standard 32495–2013. Construction materials from waste. General specifications]. — Introduced 01.07.2014. — Moscow: Standartinform, 2014. [in Russian]
20. Metodičeskie rekomendacii po opredeleniû morfologičeskogo sostava tverdyh kommunal'nyh othodov [Methodological recommendations for determining the morphological composition of municipal solid waste] / Ministry of Natural Resources and Environment of Russia. — Moscow, 2021. [in Russian]