

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>  
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2020, №4, Том 7 / 2020, No 4, Vol 7 <https://resources.today/issue-4-2020.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/15ECOR420.pdf>

DOI: 10.15862/15ECOR420 (<http://dx.doi.org/10.15862/15ECOR420>)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Канунников О.В., Ерощенко С.В., Киселева С.П., Зозуля П.В. Анализ проблем и способов переработки фекальных отходов железнодорожного транспорта // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2020 №4, <https://resources.today/PDF/15ECOR420.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/15ECOR420

**For citation:**

Kanunnikov O.V., Eroshchenko S.V., Kiseleva S.P., Zozulya P.V. (2020). Analysis of the problems and methods of processing fecal waste of railway transport. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*, [online] 4(7). Available at: <https://resources.today/PDF/15ECOR420.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/15ECOR420

*Статья подготовлена по результатам научно-исследовательской работы (НИР) по № 7280-20 «Совершенствование механизмов эколого-экономического регулирования оборота фекальных отходов железнодорожного транспорта»*

**УДК 502; 504**

**Канунников Олег Викторович**

ООО «Экотол-Сервис», Москва, Россия

Главный технолог

Кандидат технических наук

E-mail: [ole1256@gmail.com](mailto:ole1256@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4188-1484>

**Ерощенко Сергей Викторович**

ФБГОУ ВО «Государственный университет управления», Москва, Россия

Магистрант

E-mail: [sochva@yandex.ru](mailto:sochva@yandex.ru)

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1091144](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1091144)

**Киселева Светлана Петровна**

ФБГОУ ВО «Государственный университет управления», Москва, Россия

Профессор

Доктор экономических наук, профессор, действительный член РАЕН и РЭА

E-mail: [svetkiseleva@yandex.ru](mailto:svetkiseleva@yandex.ru)

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=342966](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=342966)

**Зозуля Павел Валерьевич**

ФБГОУ ВО «Государственный университет управления», Москва, Россия

Доцент

Кандидат экономических наук, доцент, член-корреспондент РЭА

E-mail: [docent2002@mail.ru](mailto:docent2002@mail.ru)

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=327657](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=327657)

## **Анализ проблем и способов переработки фекальных отходов железнодорожного транспорта**

**Аннотация.** Действующая схема оборота отходов жизнедеятельности человека несовершенна и имеет ряд серьезных проблем, приводящих к риску загрязнения окружающей природной среды, возникновению угроз для здоровья людей, накоплению малопригодных для

дальнейшего использования осадков сточных вод. Одним из аспектов оборота отходов жизнедеятельности человека является оборот фекальных отходов железнодорожного транспорта. В статье развивается тема, поднятая в научно-исследовательской работе по теме № 7280-20 «Совершенствование механизмов эколого-экономического регулирования оборота фекальных отходов железнодорожного транспорта», выполненной авторами в 2020 году. Произведена количественная оценка объемов фекальных отходов, описаны пути их утилизации в ряде стран, действующие законодательные нормы РФ, которые регулируют данные процессы, существующие схемы оборота, при которых возникают значительные количества разнокачественных по химическому составу и возможным путям использования осадков сточных вод. Описаны возможные пути переработки, исходя из существующего мирового опыта и теоретических разработок, подтвержденных экспериментами. Рассмотрены проблемы и риски для человека вовлечения в естественный круговорот данных отходов, при этом отмечена неоднозначность ситуации и отсутствие единственно верных решений. Задачей статьи является рассмотрение технологических направлений и приемов, которые могут быть полезны для создания технологий переработки данного материала в конкурентоспособный продукт и выбор приоритетных направлений в переработке фекальных отходов. Особое внимание уделено отходам, возникающим при работе железнодорожного пассажирского транспорта и проектирование технологической цепочки, позволяющей более эффективно перерабатывать данные отходы и минимизировать негативное воздействие на окружающую природную и техногенную среды.

**Ключевые слова:** переработка; железнодорожный транспорт; фекальные отходы ЭЧТК пассажирских вагонов; технологическая цепочка; минимизация потерь; обезвреживание; компостирование; сжигание

Объем фекальных отходов, образуемых человечеством и одомашненными им животными, оценивается по меньшей мере в 4 млрд тонн в год, а объем веществ, вовлеченных в оборот непосредственно в результате жизнедеятельности человека, только в Российской Федерации оценивается более чем 100 млн м<sup>3</sup>/год или 2,5–3 млн т/год абсолютно сухого вещества [1]. Подавляющий объем отходов рассматриваемой категории во всех развитых странах проходит через централизованную систему водоотведения и накапливается в виде осадков сточных вод. Основные методы утилизации осадков сточных вод в ряде западных стран представлены в таблице 1 [2].

Таблица 1

**Основные методы утилизации осадков сточных вод в странах западной Европы и США, в % [2]**

Страна	Использование в сельском хозяйстве	Захоронение на свалках	Сжигание	Сброс в море
Англия	53	16	7	24
Австрия	20	49	31	-
Германия	25	55	15	5
Дания	45	28	18	9
США	25	25	35	15
Финляндия	40	41	-	19
Швейцария	50	30	20	-
Швеция	60	30	-	10
Франция	23	46	31	-

Приведенные данные говорят об отсутствии «идеальных» решений данного вопроса, свидетельствуют о технологических, логистических и экономических проблемах в сфере обращения отходов рассматриваемой категории. При этом актуальность в создании некоторой дорожной карты по утилизации отходов с применением наилучших доступных технологий

(НДТ) с научно обоснованными критериями и объективной эколого-экономической оценкой растет с каждым годом, как и объемы образованных отходов.

В соответствии с положениями Указа Президента РФ от 19 апреля 2017 г. № 176 “О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года” [3] для достижения указанных в пунктах 24, 25 настоящей Стратегии целей с учетом вызовов и угроз экологической безопасности должны быть решены следующие основные задачи:

- а) предотвращение загрязнения поверхностных и подземных вод, повышение качества воды в загрязненных водных объектах, восстановление водных экосистем;
- б) развитие системы эффективного обращения с отходами производства и потребления, создание индустрии утилизации, в том числе повторного применения, таких отходов; реабилитация загрязненных водных объектов, восстановление водных экосистем;
- в) строительство и модернизация очистных сооружений, а также внедрение технологий, направленных на снижение объема или массы сбросов загрязняющих веществ в водные объекты.

В Стратегии при оценке текущей ситуации приводится статистика, согласно которой 19 процентов сточных вод сбрасывается в водные объекты без очистки, 70 процентов – недостаточно очищенными и только 11 процентов – очищенными до установленных нормативов допустимых сбросов. Сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод является причиной загрязнения поверхностных и подземных вод, накопления в донных отложениях загрязняющих веществ, деградации водных экосистем. Это приводит к тому, что от 30 до 40 процентов населения страны регулярно пользуются водой, не соответствующей гигиеническим нормативам. Вследствие загрязнения питьевой воды химическими веществами и микроорганизмами увеличивается риск смертности (в среднем на 11 тыс. случаев ежегодно) и заболеваемости населения (в среднем на 3 млн. случаев ежегодно) [3].

Модернизация старых очистных сооружений водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) и строительство новых – актуальная задача, поскольку в настоящее время, учитывая развитие жилого частного сектора, в ряде регионов наблюдается нехватка производственных мощностей по качественной очистке сточных вод. Актуальность этого направления указана также в Распоряжении Правительства РФ от 25 января 2018 г №84-р «Стратегия развития промышленности по обработке и утилизации отходов» [4].

В процессе переработки отходов жизнедеятельности человека, необходимо решить ряд проблем, основные из которых:

- эффективное обезвреживание патогенной микрофлоры и ликвидации угрозы паразитарных инвазий при дальнейшем использовании продуктов переработки;
- удаление летучих соединений, прежде всего аммиака и сероводорода. Наличие запаха аммиака и сероводорода противоречит межгосударственному стандарту ГОСТ 33885-2016 «Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Методы испытаний по санитарно-гигиеническим и экологическим показателям», а также регламенту ТР ТС 001/2011, обязательным к применению на территории Таможенного союза;
- разработка эффективной технологии обезвоживания неструктурированной массы отходов;

- несбалансированность состава отходов, затрудняющая их непосредственное применение в качестве удобрения;
- длительность технологических циклов переработки;
- возможное наличие биоцидных средств, препятствующее эффективной работе полезной микрофлоры очистных сооружений.

Для переработки жидких отходов существует достаточно большое число патентов, подчас весьма остроумных, но, в основном, сейчас используется три основных способа: аэробное и анаэробное биотермическое сбраживание, а также сжигание.

Аэробная обработка является основной по объемам переработки и имеет массу специфических решений [5; 6], направленных на уменьшение срока утилизации и поддержания благоприятных факторов – наличие кислорода воздуха, оптимальная температура и влажность смеси, оптимальная реакция среды, активность микрофлоры. Основными отрицательными аспектами данного способа переработки, как правило, являются отсутствие выраженной высокотемпературной стадии и соответственно риск неполного обеззараживания патогенной микрофлоры. Поэтому зачастую на разных стадиях процесса применяются дополнительные способы обеззараживания, например, введение специальных средств с антимикробным эффектом (например, «Латрина» производства компании «Рэйл Кэмикал» для обработки фекальных стоков туалетов пассажирских вагонов). Или применение термофильно сброженного осадка сточных вод очистных сооружений [7]. Известны способы обеззараживания ультрафиолетовым облучением и СВЧ. В работе [8] описан кавитационный генератор с производительностью 100 м<sup>3</sup>/час, позволяющий за счет механического воздействия кумулятивных микропузырьков дезинтегрировать клетки микроорганизмов.

Промышленные способы переработки фекальных отходов экологически чистых туалетных комплексов (ЭЧТК) пассажирских железнодорожных вагонов в настоящее время отсутствуют. Значительным препятствием к разработке данных подходов является «закрытость» технической политики ОАО «РЖД» и отсутствие в силу этого обстоятельства возможности рассмотрения способов совместной переработки отходов ЭЧТК с отходами сельского хозяйства и животноводства. Это позволило бы использовать российские биотехнологии аэробного и смешанного биотермического компостирования, при использовании которых отходы органического происхождения обезвреживаются и превращаются в ценное органическое удобрение (биогумус, компост). В то же время, создание производств по утилизации отходов биологического происхождения входит в список задач Стратегии развития промышленности по обработке и утилизации отходов [4] и позволит снизить уровень захоронения подобных отходов и обеспечит производство компоста, питательных грунтов и органических удобрений, необходимых для выполнения мелиоративных и рекультивационных мероприятий.

В силу «изолированности» ОАО «РЖД» также упускается возможность технологии вермикомпостирования. При помощи специально выведенных промышленных линий дождевых червей отходы перерабатываются в ценное органическое удобрение (биогумус), улучшающие физико-химические свойства почвы, богатое гуминовыми кислотами и имеющее высокую биологическую активность за счет наличия специфической микрофлоры, ферментов и водорастворимых форм азота фосфора и калия [9; 10]. Дополнительным продуктом является биомасса червей, используемая для откорма птицы и в рыбном хозяйстве.

Другим способом переработки фекальных отходов является анаэробная биотермическая ферментация, заключающаяся в использовании метаногенных микроорганизмов в биореакторах – герметичных резервуарах из бетона или стали с образованием биогаза. Данный путь давно развивается как в ряде европейских стран (первый завод по производству биогаза

из осадка сточных вод был построен в 1911 году в Бирмингеме), так и в России (Москва, Люберецкие очистные сооружения).

Использование метантенков (биореакторов) для анаэробной переработки отходов широко апробировано. В Российской Федерации уже в 2010 году были введены стандарты с общими требованиями к биореакторам [11], развиваются и уточняются технологии производства, например [12; 13], ведутся разработки новых биореакторов [14]. Несколько лет назад первые биореакторы были успешно применены на железных дорогах Европы. Примером такой системы может служить биореактор фирмы AKW A+V Protec Rail GmbH. Согласно «Der Protec Bioreaktor» (<https://www.akwauv-prottec.com/Company.htm>), сточные воды биологически очищаются в описанном в нем биореакторе и затем сбрасываются на железнодорожные пути. К началу 2020 года, такими устройствами было оснащено свыше 2000 вагонов. Правда, успешность биореакторов в Европе в значительной степени обусловлена более низкими экологическими требованиями. Так, заявленные фирмой-производителем ПДК загрязняющих веществ существенно превышают требования российских норм [15].

Технология анаэробного сбраживания органических отходов туалетов железнодорожных вагонов представляется перспективной и для использования на железнодорожном транспорте, но следует учесть, что активность метаногенных микроорганизмов падает при наличии в перерабатываемых отходах солей тяжелых металлов и биоцидов [7].

Третьим основным направлением утилизации фекальных отходов является их сжигание. Способ позволяет значительно сократить сроки оборота, при этом, учитывая эпидемиологические риски фекальных отходов, и значительную теплотворную способность конечной смеси, может также иметь перспективы к применению. При этом должны быть решены задачи разделения твердых и жидких фракций и сушка твердой массы. Неструктурированная масса органических отходов чрезвычайно медленно отдает влагу, которая содержится преимущественно в виде пленок и биогелей. Проблему решают применением такого оборудования как вакуум-фильтры, фильтры-прессы, шнековые обезвоживатели, осадительные центрифуги [16], но влажность не удавалось понизить до нужных для эффективного сжигания 5–7 %. Описаны технологии с предварительным мелким измельчением твердой фракции и сушкой ее в потоке воздуха [17], но для них свойственны большие потери летучих веществ и негативное влияние на воздушную среду.

Объем отходов экологически чистых туалетных комплексов пассажирских вагонов в 2019 году составил около 1,4 млн м<sup>3</sup> (в 2018 году – более 1,2 млн м<sup>3</sup>), и это при том, что сегодня в парке АО «ФПК» ЭЧТК оборудованы 62,1 % от общего числа вагонов. Планируется оснащение всех вагонов экологическими туалетами завершить в 2025 году, что приведет к росту объема жидких отходов на железнодорожном транспорте до 2,3 млн м<sup>3</sup>.

Существующая система переработки жидких фекально-мочевых отходов (стоков) ЭЧТК, установленных на пассажирских железнодорожных вагонах, состоит из сбора продуктов жизнедеятельности пассажиров в баках-накопителях с последующей регулярной (4–5 суток) откачкой ассенизационными автомобилями на специально оборудованных станциях в пути следования или пунктах формирования оборота подвижного состава.

Собранные отходы (стоки) ЭЧТК сливаются в городскую канализацию или доставляются непосредственно на хозяйственно-бытовые очистные сооружения (ОЧС), принадлежащие организациям водопроводно-коммунального хозяйства (ВКХ).

Содержимое баков-накопителей ЭЧТК является отходом 4 класса опасности, но особенностью отходов (стоков) ЭЧТК по сравнению с хоз-бытовыми стоками является более



чем 20-ти кратная концентрация: объём бачка обычного унитаза составляет около 9 литров, а при смыве содержимого чаши «вагонного» унитаза форсунки подают около 400–450 мл. воды.

Эта особенность стоков ЭЧТК является менее критичной для крупных городов, поскольку прежде чем попасть в ОЧС, стоки ЭЧТК разбавляются огромным объёмом прочих стоков городской канализации. В то же время, для маломощных ОЧС небольших населенных пунктов, попадание высококонцентрированных стоков ЭЧТК приведет к гибели биоты очистных сооружений и негативному воздействию на окружающую среду.

Второй особенностью отходов ЭЧТК является обязательное присутствие дезинфицирующего средства, которое вводится для предотвращения процессов брожения отходов в течение 4–5 суток между откачками баков.

Проблема состоит в том, что высококонцентрированные отходы ЭЧТК (вместе с применяемым дезсредством), попадая в городскую канализацию, уничтожают активный ил очистных сооружений.

Для разрешения данной проблемы необходимо реализовать одно из управленческих решений:

1. Изменить способ утилизации отходов ЭЧТК (т. е. не использовать городские очистные сооружения).
2. Внедрить дополнительную технологию обработки отходов ЭЧТК (для устранения/снижения токсичности) перед сливом в городскую канализацию.
3. Заменить применяемое дезсредство на дезсредство с управляемым/контролируемым разложением.

В ходе выработки технических и технологических решений, с учетом экономической целесообразности, возможно и необходимо использовать описанные в начале статьи способы и подходы. Но на наш взгляд, методологически оправданным решением является, прежде всего создание технологической цепочки из фирмы, занимающейся обслуживанием экологически чистых туалетных комплексов, а также последующей транспортировкой отходов жизнедеятельности пассажиров и предприятия, занимающегося их переработкой, но не имеющего статуса гарантирующей организации ВКХ, которое будет принимающей стороной для данных отходов. Такое объединение даст конкурентные преимущества и будет способствовать вертикальной интеграции заинтересованных участников. При таком подходе возникает возможность принципиально решить вопрос постоянства состава и ритмичности поступления фекальных отходов, что позволит рассматривать их как сырье для получения нового продукта (например, компоста или почвогрунта).

По оценке авторов, наибольшим потенциалом улучшения экономических и экологических показателей оборота отходов туалетов пассажирских железнодорожных вагонов обладает деятельность в области инновационных конструкторских и технологических разработок, а также создания вертикально интегрированных технологических цепочек для переработки отходов. Возможно, потребуется создание специальной инфраструктуры на долгосрочной основе в рамках государственно-частного партнерства. Для оценки эффективности мер экологического менеджмента в рамках организации оборота отходов туалетов железнодорожного транспорта, целесообразно организовать мониторинг основных экологических параметров. Использование полученных в ходе мониторинга массивов цифровых данных в блоке организационно-хозяйственных механизмов, отвечающих за учет, контроль и информационное обеспечение процессов, позволит, по аналогии с другими отраслями, где данные меры применялись к этому блоку механизмов системно [18], создать соответствующую систему управления на железнодорожном транспорте.

Статья подготовлена по результатам научно-исследовательской работы (НИР) по теме № 7280-20 «Совершенствование механизмов эколого-экономического регулирования оборота фекальных отходов железнодорожного транспорта», выполненной в 2020 г. членами коллектива Научной школы «Управление рисками и обеспечением безопасности социально-экономических и общественно-политических систем и природно-техногенных комплексов» (руководитель Научной школы – Заслуженный деятель наук РФ, д.т.н., профессор, Вице-президент НТП, член НТС Росприроднадзора Я.Д. Вишняков) совместно со специалистами ООО «Экотол-Сервис» [19–30].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. учеб. для вузов: М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. 704 с. [Электронный ресурс] режим доступа: <https://www.vo-da.ru/book/vodootvedenie-i-ochistka-stochnyh-vod>.
2. Пахненко Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения [Электронный ресурс] режим доступа: <https://docplayer.ru/33554815-E-p-pahnenko-osadki-stochnyh-vod-i-drugie-netradicionnye-organicheskie-udobreniya.html>.
3. Указ Президента РФ от 19 апреля 2017 г. № 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года».
4. Распоряжение Правительства РФ от 25 января 2018 г №84-р «Стратегия развития промышленности по обработке и утилизации отходов».
5. Гуляев Н.Ф. Расчеты аэрационного, влажностного и теплового режимов при ускоренном механизированном обезвреживании во вращающихся емкостях // Санитарная очистка городов / Н. труды АКХ. – ОНТИ АКХ 1964. Вып. 25. – С. 19–34.
6. Мирный А.Н. Инженерные основы аэробного биотермического компостирования твердых бытовых отходов: дис. доктора техн. наук. 05.23.04. – М., 1996 242 с.
7. Литти Ю.В., Сердюков Д.В., Канунников О.В., Аксельрод В.А., Лойко Н.Г. Антимикробные свойства биоцида на основе четвертичных аммонийных соединений и полигексаметиленгуанидина и потенциальные способы его дезактивации. Биотехнология. 2020. т.36. №6. с. 115–126.
8. Сидоров С.М., Керин А.С., Соколова Е.В. Применение установки «УГОС-110» в технологических процессах обработки осадков сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2011, №7. С. 66–72. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.vstmag.ru/ru/archives-all/2011/2011-7/1576-primenenije-ustanovki>.
9. Ботуз Н.И. Физико-химическая характеристика и биологическая активность биогумуса, полученного на основе дождевого червя «Старатель» автореферат дисс. на соиск. уч. степени кандидата с/х наук: 03:00:23 / Орлов. гос. аграр. ун-т. – Орел, 2007. – 23 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/fiziko-khimicheskaya-kharakteristika-i-biologicheskaya-aktivnost-biogumusa-poluchennogo-na-o>.

10. Бубина А.Б. Биоконверсия органических субстратов технологичными дождевыми червями в биологически активные удобрения полифункционального действия: диссертация кандидата биологических наук: 03:00:32 / Бубина Алла Борисовна; [место защиты: Новосиб. гос. аграр. ун-т]. – Новосибирск, 2008. – 169 с.: ил. РГБ ОД, 61 08-3/626 [Электронный ресурс] режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16185681>.
11. ГОСТ Р 53790-2010 «Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Общие технические требования к биогазовым установкам».
12. Комплексная технология переработки отходов свиноводства для получения биогаза и органических удобрений для климатических условий АПК Сибири. М.П. Баранова, А.В. Бастрон, С.Н. Шахматов, О.А. Ульянова. Текст научной статьи по специальности «Сельское хозяйство, лесное хозяйство, рыбное хозяйство» 2017 г. [Электронный ресурс], режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-tehnologiya-pererabotki-othodov-svinovodstva-dlya-polucheniya-biogaza-i-organicheskikh-udobreniy-dlya-klimaticheskikh/viewer/>.
13. Колосова Н.В. Интенсификация процессов тепломассообмена в биогазовой установке для увеличения выхода горючих газов.: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.03 / Колосова Нелли Вадимовна – Макеевка, 2019. – 150 с. [Электронный ресурс], режим доступа: [http://donnasa.ru/docs/DS/D\\_01.005.01/Kolosova\\_N.V/dissertaciya\\_kolosova\\_n.v.pdf](http://donnasa.ru/docs/DS/D_01.005.01/Kolosova_N.V/dissertaciya_kolosova_n.v.pdf).
14. Кильчукова О.Х. Совершенствование конструкции и режимов работы биогазовой установки для малых сельскохозяйственных предприятий.: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Кильчукова Олеся Хаутиевна. – Нальчик, 2020. – 142 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://kubsau.ru/upload/iblock/8c6/8c68ef265bcd89a555ecc4dd164b65e1.pdf>.
15. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 N644 «Об утверждении правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты правительства Российской Федерации».
16. Сайт Научно-производственного объединения «Центр Обезвоживания Осадка» [электронный ресурс] режим доступа: <http://www.biostock.ru/dopoborudovanie/ob-ezvozhivanie-osadka/145-2012-11-16-15-03-57.pdf>.
17. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. 2016. Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. ИТС 8-2015 М.: Стандартинформ [электронный ресурс] режим доступа: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293757/4293757763.htm>.
18. Бабкин А.В. Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы: монография / А.С. Алетдинова, А.В. Бабкин и др. / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. – СПб: Изд-во политехн. ун-та, 2017 – 807 с.
19. Вишняков Я.Д., Киселева С.П., Канунников О.В., Аракелова, Зозуля П.В. Эколого-экономические аспекты технологического развития туалетных комплексов пассажирских поездов // Материалы 24-й Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы управления-2019» – М.: ГУУ, 2020.



20. Вишняков Я.Д., Киселева С.П. Научная школа "Управление рисками и обеспечением безопасности социально-экономических и общественно-политических систем" ГУУ Управление. 2015. Т. 3. № 3. С. 5–17.
21. Зозуля П.В., Зозуля А.В. Оценка воздействия на окружающую среду: учебник и практикум. – Москва: КНОРУС, 2021. – 292 с. – (Бакалавриат).
22. Киселева С.П., Канунников О.В., Аракелова Г.А., Зозуля П.В. Комплексное обеспечение технологического развития экологически чистых туалетных комплексов пассажирских поездов // Научно-практический журнал «Управление», Т. 8 № 3/2020 (стр. 42–52).
23. Киселева С.П., Вишняков Я.Д., Зозуля П.В., Ерошенко С.В., Канунников О.В. Комплексный подход к анализу и оценке механизмов эколого-экономического регулирования системы железнодорожного транспорта с учетом государственной экологической политики технологического развития РФ // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2020 №4, <https://resources.today/PDF/04ECOR420.pdf> (доступ свободный).
24. Киселева С.П., Вишняков Я.Д., Пухов С.А., Разовский Ю.В., Маколова Л.В. Вовлечение отходов тепловых электростанций в эколого-ориентированное развитие экономики. Уголь. 2020. № 11 (1136). С. 64–66.
25. Киселева С.П., Маравьев В.А., Смирнова Т.С. Переход к экономике замкнутого цикла – путь к улучшению экологической ситуации в России. В сборнике: Приоритетные и перспективные направления научно-технического развития Российской Федерации. Материалы I-й Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 240–245.
26. Марьев В.А., Смирнова Т.С., Киселева С.П. Экотехнопарки как основа комплексной системы управления отходами и вторичными ресурсами (мировой опыт). В сборнике: Эколого-ориентированное управление рисками и обеспечение безопасности социально-экономических и общественно-политических систем и природно-техногенных комплексов. Сборник материалов круглого стола. Государственный университет управления. 2017. С. 102–110.
27. Вишняков Я.Д., Киселева С.П., Марьев В.А., Демичева Е.А. Стратегический курс российской федерации на промышленную переработку отходов и вторичных ресурсов, экотехнопарки – основа отрасли. Проблемы машиностроения и автоматизации. 2017. № 4. С. 151–157.
28. Эколого-ориентированное обращение с твердыми коммунальными отходами в условиях технологического развития. Макаров П.В., Вишняков Я.Д., Киселева С.П. Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7. № 6 (31). С. 61.
29. Киселева С.П., Маколова Л.В. Эколого-ориентированный подход к использованию вторичных ресурсов в АПК в условиях технологического развития. Интернет-журнал Науковедение. 2016. Т. 8. № 3 (34). С. 34.
30. Вишняков Я.Д., Киселева С.П., Маколова Л.В. Эколого-ориентированное потребление смазочных материалов в интересах инновационного развития предприятий агропромышленного комплекса. Экология и промышленность России. 2016. Т. 20. № 7. С. 54–59.

### **Kanunnikov Oleg Viktorovich**

Limited liability company «Ecotol-Servis», Moscow, Russia  
E-mail: ole1256@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4188-1484>

### **Eroshchenko Sergey Viktorovich**

State university of management, Moscow, Russia  
E-mail: sochva@yandex.ru  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1091144](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1091144)

### **Kiseleva Svetlana Petrovna**

State university of management, Moscow, Russia  
E-mail: svetkiseleva@yandex.ru  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=342966](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=342966)

### **Zozulya Pavel Valeryevich**

State university of management, Moscow, Russia  
E-mail: docent2002@mail.ru  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=327657](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=327657)

## **Analysis of the problems and methods of processing fecal waste of railway transport**

**Abstract.** The current scheme for the turnover of human waste is imperfect and has a number of serious problems that lead to the risk of pollution of the surrounding natural environment, the emergence of threats to human health, the accumulation of waste water that is not suitable for further use. one of the aspects of the turnover of human waste is the turnover of fecal waste of railway transport. The article develops the topic raised in the research work on the topic No. 7280-20 "Improving the mechanisms of ecological and economic regulation of the turnover of fecal waste of railway transport", carried out by the authors in 2020. A quantitative assessment of the volume of fecal waste is made, the ways of its utilization in a number of countries are described, the current legislative norms of the Russian Federation that regulate these processes, the existing turnover schemes, in which there are significant amounts of different chemical composition and possible ways of using sewage sludge. possible ways of processing are described, based on the existing world experience and theoretical developments confirmed by experiments. the problems and risks of human involvement in the natural cycle of these wastes are considered, while the ambiguity of the situation and the lack of the only correct solutions are noted. The purpose of the article is to consider the technological directions and techniques that can be useful for creating technologies for processing this material into a competitive product and choosing priority directions in the processing of fecal waste. Special attention is paid to the waste generated during the operation of railway passenger transport and the design of the technological chain that allows more efficient processing of these wastes and minimizes the negative impact on the natural and man-made environment.

**Keywords:** processing; railway transport; faecal sludge of ESTC of passenger railcars; technological chain; minimization of losses; neutralization; composting; incineration