

# ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТУАЛЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ С БИОРЕАКТОРОМ НА ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА



О.С. Сачкова



В.А. Кочнев

В статье изложены основные этапы технологического развития туалетных систем в России и за рубежом. Отмечена важность использования на подвижном составе железных дорог экологически чистых туалетных комплексов с биореактором (ЭЧТК). Для эффективного функционирования ЭЧТК предложено использовать биоразлагаемое дезинфицирующее средство с моющим и дезодорирующим действием «БИОДЕЗЖТ».

*Ключевые слова:* железнодорожный транспорт, экологически чистые туалетные комплексы, подвижной состав, биоразлагаемое средство

EDN: ASNISV

Обеспечение экологической безопасности на железной дороге — это комплекс мер, который направлен на снижение негативного воздействия на людей, окружающую среду и рациональное использование природных ресурсов. Очистка сточных вод — это ключевая задача, поскольку они непосредственно воздействуют на окружающую среду и здоровье людей. Недостаточная очистка сточных вод может привести к серьезным последствиям, включая распространение инфекционных заболеваний и нанесение значительного ущерба экосистемам, загрязняя водоемы и почву, что в свою очередь влияет на биоразнообразие и сельское хозяйство [1–4].

В конце XX века в мире начали использовать туалеты закрытого типа. В поездах, которые были соз-

даны в Великобритании до 1980 года, применялась система прямого слива. Канализационные отходы из туалетов поездов попадали прямо на рельсы. Для этого использовалась вода из специального резервуара. Но в 1981 году все поменялось. В поездах начали появляться вагоны с емкостями для сбора канализационных отходов.

И только в 1996 году все новые составы были оборудованы такими резервуарами. С 1993 года Индийские железные дороги активно внедряют и тестируют ряд инновационных технологий, направленных на модернизацию системы открытого слива. Среди них — вакуумные туалеты и системы туалетов с контролируемым сливом (CDTS), которые позволяют осуществлять сброс отходов только после дости-

---

**Сачкова Оксана Сергеевна**, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории коммунальной гигиены и эпидемиологии отдела медико-биологических исследований ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта» (ВНИИЖГ Роспотребнадзора), профессор кафедры «Техносферная безопасность» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: исследования полимерсодержащих материалов для железнодорожного транспорта, гигиеническая сертификация подвижного состава железнодорожного транспорта. Автор более 200 научных работ, в том числе пяти монографий, четырех учебников и восьми учебных пособий. Имеет пять патентов на изобретения.

**Кочнев Виктор Андреевич**, соискатель кафедры «Техносферная безопасность» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: безопасность жизнедеятельности на транспорте, охрана труда. Автор 12 научных работ.

## «ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТУАЛЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ С БИОРЕАКТОРОМ НА ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»

жения поездом скорости в 30 километров в час. Это позволяет поддерживать чистоту на станциях. Также внедряются туалеты с нулевым сливом, известные как биотуалеты. Индийская железная дорога (IR) первой в мире внедрила «анаэробные бактерии» в железнодорожные системы и установила биотуалеты в 79 269 пассажирских вагонах в 2021–2022 годах. Это позволяет ежедневно предотвращать попадание на рельсы почти 2 740 000 литров человеческих экскрементов [5].

С 1996 года на железных дорогах начали использовать туалеты с биореактором. В Швейцарии первыми установили такие туалетные комплексы в 60 вагонах на федеральных железных дорогах (SBB). Позднее они появились в служебных вагонах на сети железных дорог Германии (DB) и в поездах железнодорожной компании Bayerische Oberlandbahn [6].

В 1992 году на железных дорогах России появились первые туалеты закрытого типа. В вагонах WLABmee (RIC-200), которые были приобретены в Германии, были установлены специальные устройства. Эти вагоны соответствуют стандартам, действующим на европейских железных дорогах и оснащены экологически чистыми туалетными блоками. Внедрение экологически чистых туалетов в пассажирских вагонах началось в соответствии с «Экологической программой железнодорожного транспорта на 2001–2005 годы», которая была утверждена 23 декабря 2000 года. В 2000 году специальная комиссия, которая работала при Министерстве путей сообщения России, приняла решение об установке на поездах современные и безопасные туалеты «Экотол-В» и «Экотол-ЭП» [7].

В соответствии с экологическими нормами Российской Федерации, со стратегией ОАО «РЖД» в области экологии и «Стратегией развития АО «Федеральная пассажирская компания» до 2030 года», компания ОАО «ФПК» реализует меры по защите окружающей среды и поддержанию санитарного состояния инфраструктуры. Экологически чистыми туалетными комплексами (ЭЧТК) оборудуются не только новые, но и прошедшие капи-

тальный ремонт пассажирские вагоны, что также ведет к снижению водопотребления и водоотведения на железнодорожном транспорте (табл. 1) [8–14]. По состоянию на 31 декабря 2023 г. экологически чистыми туалетами оборудовано около 84% от всего парка пассажирских вагонов, что на 2% больше чем годом ранее [11]. Внедрение ЭЧТК с биореактором способствует обеспечению экологической безопасности на железной дороге. Процесс очистки сточных вод, происходящий в биореакторе направлен на снижение негативного воздействия на людей, окружающую среду и рациональное использование природных ресурсов.

В настоящее время на железнодорожном транспорте функционируют туалеты, сточные воды которых направляются в накопительные баки вагонов, а затем удаляются из них в специально оборудованных пунктах обслуживания с последующим сбросом в канализационную систему [12–14] (рис. 1).

Чтобы система работала без перебоев, сотрудники обслуживающих бригад регулярно проводят техническое обслуживание ЭЧТК. В рамках этой работы они откачивают содержимое накопительных баков, а затем вывозят и передают сточные воды в специализированную организацию, которая имеет право принимать стоки в этом регионе. Непрерывная эксплуатация ЭЧТК составляет 3–4 дня в зависимости от объема накопительного бака, после чего требуется произвести откачку.

С 2001 года на всех железных дорогах Министерства путей сообщения Российской Федерации началось создание разветвленной сети станций технического обслуживания, предназначенных для обслуживания ЭЧТК пассажирских вагонов. На этих станциях процесс опорожнения баков-накопителей осуществляется с применением специализированных ассенизаторских машин, которые подъезжают к вагонам и перемещаются вдоль состава [15].

Вводится в эксплуатацию стационарный комплекс обслуживания (СКО), который позволяет очищать баки-сборники ЭЧТК в пассажирских поездах за время, не превышающее четверти часа. СКО обе-

Таблица 1

**Показатели снижения водопотребления и водоотведения  
в период с 2021 по 2023 годы на железнодорожном транспорте**

Параметры	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Водопотребление, млн м <sup>3</sup>	5,7	5,2	4,6
Водоотведение, млн м <sup>3</sup>	3,3	3,2	3,1

спечивает возможность сбора отходов ЭЧТК в специальные контейнеры для их последующего удаления через канализацию или вывоза специализированными транспортными средствами. Эта система обслуживания позволяет проводить очистку и обеззараживание баков-сборников ЭЧТК в пассажирских вагонах, а также имеет функцию откачки (рис. 2) [15].

Данные ЭЧТК используют воду из системы водоснабжения для смыва, что приводит к большому расходу чистой воды, более частой заправке водой вагонов на станциях в пути следования, в связи с чем образуется больше количество сточных вод. Это, в свою очередь, может привести к загрязнению водоемов и почвы, что негативно сказывается на окружающей среде.

Экологически чистые туалетные комплексы с биореактором позволяют снизить количество сточных вод за счет использования биологических процессов для разложения отходов.

Компания AKW A+V Protec (Германия) известна во всем мире как разработчик и изготовитель биореакторов для железнодорожного подвижного состава.

В настоящее время на железных дорогах Швейцарии, Голландии и других стран используются в общей сложности более 3500 биореакторов (рис. 3).

В биореакторе AKW A+V Protec происходит процесс, в результате которого твердые фракции задерживаются в емкости и подвергаются биологическому разложению, что приводит к уменьшению данной фракции. Жидкая составляющая очищается с помощью микроорганизмов. Биологически обработанная жидкость подвергается дополнительной гигиенической обработке, после чего может сливаться на железнодорожное полотно. Биологические процессы очистки жидкой фракции сточных вод должны осуществляться в биореакторе Protec за счет находящейся там биомассы, содержащей нитрифицирующие микроорганизмы при температуре +20°C и активной аэрации воздухом (рис. 4) [14].

Заполнение биореактора биомассой происходит только при первом вводе ЭЧТК в эксплуатацию, для эффективной работы биореактора достаточно 1 л биологического раствора на весь период эксплуата-



Рис. 1. Внешний вид экологически чистых туалетных комплексов с накопительными баками



Рис. 2. Мобильная и стационарная установки для откачки сточных вод

ции. В дальнейшем добавление микроорганизмов не требуется.

Биомасса представляет собой суспензию почвенных аэробных нитрифицирующих бактерий в питательном растворе. Концентрация микроорганизмов составляет примерно 5–7% сухого вещества (50–70 г сухих бактерий в одном литре раствора). В качестве питательной среды для нитробактерий (субстрата) используется раствор минеральных солей (сульфат аммония, хлориды кальция, магния и натрия, гидрофосфаты калия и натрия) с мочевиной. Нитрифицирующие микроорганизмы широко распространены в окружающей среде и обитают как в почве, так и в различных водоемах. Их деятельность играет важную роль в круговороте азота в природе, поскольку они участвуют в процессе превращения аммония в нитраты, которые легко усваиваются растениями. Кроме того, нитрифицирующие бактерии способствуют повышению растворимости некоторых минералов [19].

В соответствии с указаниями контролирующих ведомств, очищенная остаточная жидкость регулярно проверяется на содержание микроорганизмов. Как правило, предельно допустимые значения не превышают нормативных требований [17;18].

Консервация и обеззараживание отходов осуществляется при использовании средства, дезинфицирующего с моющим и дезодорирующим действием, «БИОДЕЗЖТ», производства ООО «ПолимерРус». Данное средство также предназначено для промывки и дезодорации накопительных баков (металлических и полимерных) ЭЧТК [20]. Основными критериями к таким средствам являются химический состав, био-

разлагаемость, антимикробная активность, токсичность. Средство «БИОДЕЗЖТ» соответствует требованиям МР 2.01-081/22 «Санитарно-гигиенические и противоэпидемические мероприятия по обеспечению безопасности при обслуживании туалетных комплексов замкнутого типа (ЭЧТК) подвижного состава железнодорожного транспорта» [21]. Данное средство доказало свою эффективность в ходе проведения комплексных испытаний низкой степенью токсичности в отношении активного ила очистных сооружений. В ходе исследований было установлено, что показатель токсичности образцов рабочих растворов дезинфицирующего средства «БИОДЕЗЖТ» с моющим и дезодорирующим эффектом составил 19,7%. Этот результат соответствует нормативному значению, не превышающему 20%.

Это может снизить негативное воздействие на экосистему и минимизировать риск распространения бактерий и вредоносных микроорганизмов через сточные воды.

После введения в желудок крыс дезинфицирующего средства «БИОДЕЗЖТ» в различных дозировках от 1000,0 до 5000,0 мг/кг не удалось определить летальную дозу. Результаты эксперимента показали, что по критерию  $DL_{50}$  при введении в желудок дезинфицирующего средства «БИОДЕЗЖТ» относится к четвертому классу малоопасных веществ согласно ГОСТ 12.1.007-76.

Применение нативного препарата в количестве 2500 мг/кг на кожу крыс не вызвало никаких симптомов отравления или смерти животных, было замечено только легкое раздражение в месте нанесения.



Рис. 3. Пример биореактора для подвижного состава

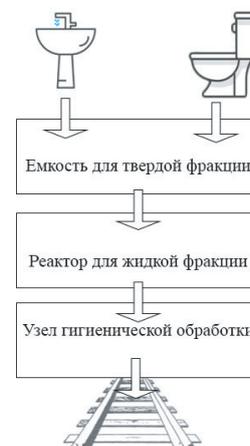


Рис. 4. Схема функционирования биореактора

Исходя из этого, можно сделать вывод, что  $DL_{50}$  препарата при нанесении на кожу составляет более 2500 мг/кг. Эти данные позволяют отнести препарат «БИОДЕЗЖТ» к 4 классу малоопасных веществ согласно ГОСТ 12.1.007-76 (табл. 1).

При введении в брюшную полость крыс, смертельная доза ( $DL_{50}$ ) средства составила  $865 \pm 86$  мг/кг. Животные погибли в течение первых 24 часов. Следовательно, дезинфицирующее средство «БИОДЕЗЖТ» относится к 4 классу малотоксичных веществ, согласно классификации К.К. Сидорова (табл 2).

В ходе исследований было установлено, что «БИОДЕЗЖТ» может вызывать раздражение кожи морских свинок при нанесении. При нанесении на кожу нативного средства наблюдались такие реакции как эритема (1 балл) и отек кожи (0,5 балла). Общая сумма баллов составила 1,5. После заживления кожа полностью восстанавливалась без образования рубцов.

Следовательно, «БИОДЕЗЖТ» относится к 4 классу опасности по выраженности местно-раздражающих свойств дезинфицирующих средств на кожу (табл. 3).

В ходе исследований было установлено, что при однократном нанесении средства «БИОДЕЗЖТ» на кожу мышей в концентрации 2,0% не было выявлено никаких признаков химического ожога или раздражения. Даже многократное нанесение средства «БИОДЕЗЖТ» на кожу животных (10 аппликаций) не вызвало морфологических изменений кожи. Таким образом, рабочий раствор средства с концентрацией 2,0% относится к 4 классу опасности – малоопасным по выраженности местно-раздражающих свойств дезинфицирующих средств на кожу.

После того как кроликам в конъюнктивальный мешок глаза была введена одна капля препарата, проводилось исследование, направленное на оценку местного раздражающего воздействия на глазные оболочки.

Таблица 1

**Классификация опасности веществ по степени воздействия на организм (ГОСТ 12.1.007-76)**

Наименование показателя	Класс опасности			
	1 – чрезвычайно опасные	2 – высоко-опасные	3 – умеренно опасные	4 – малоопасные
Предельно допустимая концентрация ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/куб. м	Менее 0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	Более 10,0
Среднесмертельная доза ( $DL_{50}$ ) при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15–150	151–5000	Более 5000
Среднесмертельная доза ( $DL_{50}$ ) при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100–500	501–2500	Более 2500

Таблица 2

**Классификация токсичности веществ при введении под кожу и в брюшную полость животного (по К.К. Сидорову)**

Класс токсичности	Степень токсичности	Средняя смертельная доза при введении, мг/кг:	
		под кожу	в брюшную полость
1	Чрезвычайно токсично	0,3	0,2
2	Высокотоксично	0,4–15,0	0,3–10,0
3	Умеренно токсично	16–150	11–100
4	Малотоксично	151–1500	101–1000
5	Практически нетоксично	1501–4500	1001–3000
6	Относительно безвредно	Более 4500	Более 3000

Применение средства вызывало покраснение и отек конъюнктивы у кроликов (суммарная оценка 4 балла). Через 24 часа признаки раздражения уже не наблюдались и в течение последующих шести дней они не проявлялись. Это соответствует третьему классу опасности по степени выраженности раздражающего действия дезинфицирующих средств на глаза.

После того, как на органы зрения кроликов был нанесен раствор изучаемого вещества, необходимо провести процедуру промывания водой. Это поможет предотвратить возможное раздражение.

В ходе исследования было обнаружено, что у животных, которым на глаза был нанесен раствор, признаки раздражения исчезли в течение нескольких суток. Данные представлены в табл. 4.

Использование 2,0% рабочих растворов препарата в форме капель для глаз у кроликов приводило к легкому раздражению слизистых оболочек глаз (4 класс опасности).

Чтобы определить, как средство всасывается через кожу, хвосты мышей погружали в рабочий раствор на две трети длины. Эксперименты проводили каждый день по два часа в течение десяти дней.

В процессе исследования не было выявлено общего токсического эффекта при оценке способности вещества проникать через кожный покров. У животных, задействованных в эксперименте, не наблюдалось ни клинических проявлений, ни функциональных изменений в работе нервной системы сразу после проведения опыта. Это позволяет сделать вывод, что вещество не оказывает токсического воздействия на организм при попадании на кожу.

Исследование сенсibiliзирующего действия препарата проводилось в соответствии с методическими указаниями МР № ОI-19/126-17 из руководства Р 4.2.3676-20. В ходе экспериментов не было обнаружено признаков ответной реакции гиперчувствительности замедленного типа.

Это означает, что рабочие растворы не вызывают сенсibiliзации, и препарат можно считать малоопасным с точки зрения сенсibiliзирующего эффекта.

В ходе проведенных экспериментов по оценке острой токсичности и опасности средства дезинфицирующего с моющим и дезодорирующим действием «БИОДЕЗЖТ» показатели безопасности полностью соответствуют «Нормативным показателям безопас-

Таблица 3

**Классификация опасности по выраженности местнораздражающих свойств дезинфицирующих средств на коже**

Выраженность раздражающего действия	Средний суммарный балл выраженности эритемы и величины отека	Классы опасности
Резко выраженное	Более 6	1
Выраженное	4,1–6,0	2
Умеренное	2,1–4,0	3
Слабое или отсутствие	0–2,0	4

Таблица 4

**Классификация по выраженности раздражающих свойств дезинфицирующих средств на глаза**

Выраженность раздражающего действия	Средний суммарный балл конъюнктивы (А+Б+В) и роговица (А+Б)	Классы опасности
Резко выраженное	Более 11	1
Выраженное	7–10	2
Умеренное	4–6	3
Слабое	1–3	4
Отсутствие	0	5

ности и эффективности дезинфекционных средств, подлежащих контролю при проведении обязательной сертификации» №01-12/75-97 и Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (глава II, Раздел 20 «Требования к дезинфекционным средствам»), требованиям по эффективности и безопасности, установленным Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Для работников бригад, обслуживающих экологически чистые туалетные комплексы, применение средств с низкой токсичностью минимизирует опасность воздействия вредных химических соединений и способствует предотвращению распространения бактерий и прочих вредных микроорганизмов, что также не отменяет использование средств индивидуальной защиты [22].

### Выводы

Комплексный подход к внедрению на подвижном составе железных дорог ЭЧТК с биореактором совместно с дезинфицирующим средством «БИОДЕЗЖТ» является одним из методов обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте. Использование ЭЧТК, оснащенных биореакторами, позволяет предотвратить попадание твердых фракций отходов на железнодорожные пути, обеспечить эпидемиологическую безопасность сточных вод, поступающих в окружающую среду, повышает уровень комфорта пассажиров за счет использования современных технологий и снижает нагрузку на канализационные системы. Применяемое в ЭЧТК дезинфицирующее средство безопасно для контактирующих с ним работников бригад обслуживания и уменьшает риск распространения инфекционных заболеваний. Условия труда работника, занимающе-

гося откачкой, сопряжены с воздействием на него вредных и опасных условий. Условия труда слесаря-сантехника по тяжести трудового процесса, согласно Р 2.2.2006-05, определяются как вредные. Внедрение ЭЧТК с биореактором и СКО способствует снижению частоты обслуживания ЭЧТК и взаимодействию с отходами обслуживающего персонала, что, в свою очередь, уменьшает воздействие негативных факторов на него.

В Российской Федерации существуют гигиенические требования к сбросу сточных вод на почву применительно к условиям орошения. Санитарно-химические показатели сточных вод, очищенных в ЭЧТК с биореактором, укладываются в диапазоны требований данного документа [18]. При этом термическая обработка сточных вод имеет преимущества перед другими способами обеззараживания, т.к. не связана с применением вредных для человека и окружающей среды химических средств дезинфекции с одной стороны и, с другой стороны, является значительно менее энергоемкой, чем такие физические методы как озонирование и ультрафиолетовое облучение. Таким образом, сточные воды пассажирских вагонов, сбрасываемые из ЭЧТК, безопасны в эпидемическом отношении и не приводят к загрязнению окружающей среды опасными химическими веществами [23].

Важно отметить, что внедрение ЭЧТК требует определенных затрат на оборудование и обслуживание, однако в долгосрочной перспективе это может привести к снижению затрат на очистку сточных вод и повышению уровня безопасности и комфорта.

Таким образом, внедрение ЭЧТК, оснащенных биореактором, представляет собой обоснованное решение, направленное на обеспечение комфортных и безопасных условий как для пассажиров, так и для работников бригад обслуживания на железнодорожном транспорте. 

## Литература

1. Вишняков, Я. Д. Экологический императив технологического развития России : монография / Я. Д. Вишняков, С. П. Киселева : Ростов-на-Дону: Терра. - 295 с. - Текст : непосредственный.
2. Karmanov M.V., Korotkov A.V., Gryzunova N.V., Kiseleva I.A., Kuznetsov V.I. The strategic analysis of industry-specific competition and environmental risks – an integrated approach // International Journal of Environmental and Science Education. - 2016. - Vol. 11. - № 18. - pp. 12657-12667.
3. Kosyakova I.V., Anopchenko T.Yu., Murzin A.D., Kandrashina E.A., Surnina O.E. Environmental risk to health of the population // International Journal of Environmental and Science Education. - 2016. - Vol. 11. - № 14. - pp. 7091-7115.
4. Киселёва, С. П. Организационный механизм эколого- ориентированного инновационного развития в регионе / С. П. Киселёва, М. О. Шевченко. - Текст : электронный // Интернет-журнал Науковедение. -

2013. - № 6 (19). - С. 44. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=sakqcd&ysclid=m35jws0tpb484060-487> (дата обращения: 08.10.2024).

5. E-Paper: The New Indian Express. - URL: <https://www.newindianexpress.com/nation/2022/Jul/17/railways-introduces-bio-toilets-in-79269-passenger-coaches-2477747.html> (дата обращения: 03.09.2024). - Текст : электронный.

6. Устройство, эксплуатация и обслуживание туалетов с биореакторами. - Текст : непосредственный // Железные дороги мира. - 2008. - № 4. - С. 59-62.

7. Комплексное обеспечение технологического развития экологически чистых туалетных комплексов пассажирских поездов / С. П. Киселева, О. В. Канунников, Г. А. Аракелова, П. В. Зозуля. - Текст : непосредственный // Управление. - 2020. - Т. 8, № 3. - С. 42-52. - DOI: 10.26425/2309-3633-2020-8-3-42-52.

8. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ: принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года; одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года. - Москва : Омега-Л, 2014. - 62 с. - Текст : непосредственный.

9. Экологическая стратегия ОАО «РЖД» до 2030 года и перспективу до 2035 года (утверждена протоколом заседания правления ОАО «РЖД» от 12.07.2022 г. № 44. - URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=2008> (дата обращения: 05.11.2024). - Текст : электронный.

10. Стратегия развития ОАО «Федеральная пассажирская компания» до 2030 года. - URL: <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=46605&ysclid=m34e16qi6h517273418> (дата обращения: 05.10.2024). - Текст : электронный.

11. Годовой отчет АО «ФПК» за 2022 г. - URL: <https://ar2022.fpc.ru/ru> (дата обращения: 23.05.2024). - Текст : электронный.

12. Обеспечение санитарно-гигиенической и противоэпидемиологической безопасности железнодорожного подвижного состава при использовании сантехнических систем замкнутого типа / О. С. Юдаева, О. В. Канунников, В. А. Аксельрод, С. Ю. Алехин. - Текст : непосредственный // Наука и техника транспорта. - 2017. - № 3. - С. 66-69.

13. Перспективы унификации санитарно-технических систем пассажирского подвижного состава / О. С. Юдаева, В. А. Аксельрод, С. Ю. Алехин, И. А. Семенов, А. С. Козлов. - Текст : непосредственный // Проблемы безопасности российского общества. - 2017. - № 2. - С. 86-89.

14. Эколого-экономические аспекты технологического развития туалетных комплексов пассажирских поездов / Я. Д. Вишняков, С. П. Киселева, О. В. Канунников, Г. А. Аракелова, П. В. Зозуля. - Текст : непосредственный // «Актуальные проблемы управления-2019» : материалы 24-й Международной научно-практической конференции, Москва, 19-20 декабря 2019 года. - Т. 1, вып. 1. - Москва : Государственный университет управления, 2020. - С. 274-278.

15. Эффективность системы эколого-экономического регулирования оборота фекальных отходов железнодорожного транспорта в Российской Федерации / П. В. Зозуля, С. П. Киселева, Я. Д. Вишняков, О. В. Канунников, С. В. Ерошенко. - Текст : электронный // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». - URL: <https://resources.today/PDF/06ECOR420.pdf>. - 2020. - № 4. - С. 1-16. - DOI: 10.15862/06ECOR420 (дата обращения: 05.11.2024).

16. Материалы интернет-сайта. - URL: <https://www.protec-bioreactor.com/en/solutions/#facts> (дата обращения: 19.08.2024). - Текст : электронный.

17. СанПиН 2.1.5.980-00. 2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы : утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г. Г. Онищенко : введены взамен СанПиН 4630-88 «Охрана поверхностных вод от загрязнения»: дата введения 2001-01-01. - URL: [https://10.gospotrebnadzor.ru/upload/medialibrary/668/sanpin-2.1.5.980\\_00.pdf?ysclid=m34ejqv6wq897228346](https://10.gospotrebnadzor.ru/upload/medialibrary/668/sanpin-2.1.5.980_00.pdf?ysclid=m34ejqv6wq897228346) (дата обращения: 05.11.2024). - Текст : электронный.

18. СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения» : утверждены постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г. № 46. - Москва : Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. - 54 с. - URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293825/4293825376.pdf?ysclid=m34eunwya825751709> (дата обращения: 05.11.2024). - Текст : электронный.

19. Антимикробные свойства биоцида на основе четвертичных аммонийных соединений и полигексаметиленгуанидина и потенциальные способы его дезактивации / Ю. В. Литти, Д. В. Сердюков, О. В. Канунников,

В. А. Аксельрод, Н. Г. Лойко. - Текст : непосредственный // Биотехнология. - 2020. - Т. 36, № 6. - С. 115-126.

20. Кочнев, В. А. Обоснование использования биоразлагаемых моющих, дезинфицирующих и дезодорирующих средств в экологически чистых туалетных комплексах подвижного состава железнодорожного транспорта / В. А. Кочнев. - Текст : непосредственный // Наука и техника транспорта. - 2024. - № 3. - С. 83-86. - EDN: VIRQKS.

21. МР 2.01-081/22. Методические рекомендации. Санитарно-гигиенические и противоэпидемические мероприятия по обеспечению безопасности при обслуживании туалетных комплексов замкнутого типа (ЭЧТК) подвижного состава железнодорожного транспорта : ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (ВНИИЖГ)» (М. Ф. Вильк, Ж. В. Овечкина, О. С. Сачкова, А. А. Шарабан, О. А. Резанова) : Утверждено Главным государственным санитарным врачом по железнодорожному транспорту Российской Федерации Ю. Н. Каськовым : согласовано Директором ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора, доктором медицинских наук, профессором, член корреспондентом РАН М. Ф. Вильком. - Москва, 2022. - 23 с. - Текст : непосредственный.

22. WorksafeMahi Naumaru Aotearoa, Protective clothing: WorkSafe guidance, 2021. - ISBN: 978-1-98-856796-9.

23. Комплексный подход к анализу и оценке механизмов эколого-экономического регулирования системы железнодорожного транспорта с учетом государственной экологической политики технологического развития РФ / С. П. Киселева, Я. Д. Вишняков, П. В. Зозуля, С. В. Ерощенко, О. В. Канунников. - Текст : электронный // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». - 2020. - Т. 7, № 4. - С. 1-15. - URL: <https://resources.today/PDF/04ECOR420.pdf>. - DOI: 10.15862/04ECOR420 (дата обращения: 06.09.2024).