

Е.Е. Алтынникова, Н.В. Руссавская

*Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск,
Российская Федерация*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ СТОКОВ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Аннотация. В статье представлена основная отраслевая структура железнодорожного транспорта, в процессе которой образуется большое количество отходов различных классов опасности. Приведена основная утвержденная Федеральным законом классификация отходов по степени токсичности и классам опасности. Дана характеристика основным отходам повышенного класса опасности, которые образуются на предприятиях железнодорожной отрасли. Как основной отход, выделены сточные воды, так как железнодорожный транспорт использует много воды при мойке и санитарной обработке вагонного парка, значительно загрязняя окружающую среду. Именно сточные воды, содержащие токсичные вещества наносят окружающей среде ущерб. Сбросы загрязнённых вод оказывают негативное влияние на реки, озера, а также ведут к загрязнению почв и уничтожению растительности. Представлена классификация сточных вод для последующего выбора эффективного метода очистки. Приведены основные способы очистки техногенных вод и классическая схема очистки, а также сравнительный анализ технологических характеристик методов очистки сточных вод, используемых на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: Железнодорожный транспорт, отходы, класс опасности, сточные воды, методы и способы очистки.

E.E. Altynnikova, N.V. Russavskaya

¹Irkutsk State University of railway Transport, Irkutsk, the Russian Federation

COMPARATIVE ANALYSIS OF HIGH-LOAD WASTEWATER TREATMENT METHODS AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Abstract. The article presents the main industry structure of railway transport, during which a large amount of waste of various hazard classes is generated. The main classification of wastes approved by the Federal Law according to the degree of toxicity and hazard classes is given. The characteristic is given to the main waste of a higher hazard class that is generated at the enterprises of the railway industry. Waste water is allocated as the main waste, such as rail transport uses a lot of water for

washing and sanitizing the rolling stock, significantly polluting the environment. It is waste water containing toxic substances that harm the environment. Discharges of polluted water have a negative impact on rivers, lakes, and also lead to soil pollution and destruction of vegetation. A classification of wastewater for the subsequent selection of an effective treatment method is presented. The main methods for treating man-made waters and the classical treatment scheme, as well as a comparative analysis of the technological characteristics of the wastewater treatment methods used in industrial enterprises, are presented.

Key words: Railway transport, waste, hazard class, wastewater, methods and methods of treatment.

Введение

Отходы различных видов и классов опасности, неизбежно возникают во всех направлениях жизнедеятельности человека и функционирования промышленных предприятий. Отходы сопровождают работу каждого промышленного и сельскохозяйственного производства, энергетики, транспорта, жизни людей и животных. Они поступают в окружающую среду в виде выбросов в атмосферу, сбросов в водоемы, производственного и бытового мусора, потоков механической, тепловой и электромагнитной энергии. Количественные и качественные показатели отходов, а также регламент обращения с ними, определяют уровни и зоны возникающих при этом опасностей.

Крупные хозяйственные объекты, характеризующиеся комплексным воздействием, обуславливают необходимость нормирования допустимых нагрузок на экосистему в целом.

Одним из таких механизмов экологического нормирования выступает процедура оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС).

ОВОС позволяет выявить характер и степень опасности всех потенциальных видов воздействия проектируемых и действующих объектов на окружающую среду и здоровье населения, а также оценить экологические, экономические и социальные последствия этого воздействия.

Железнодорожная отрасль является крупнейшим комплексом, сочетающая в себе совокупность подотраслей, которые обеспечивают строительство железнодорожных магистралей, их эксплуатацию и отраслей железнодорожного машиностроения. Отраслевая структура данного комплекса имеет следующий состав:

- железнодорожное машиностроение;
- железнодорожный транспорт;
- дорожное строительство;
- обслуживающие отрасли (энергетика, связь, электротехническое машиностроение и т.п.).

В процессе своей хозяйственной деятельности на предприятиях формируется свыше 600 наименований отходов различных классов опасности.

Классификация по степени токсичности отходов проводится на основании Федерального закона «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1988 г. №89-ФЗ[1].

Отходы по степени негативного воздействия на среду обитания и здоровье человека распределяются на пять классов опасности. Классы опасности отходов приставлены на рисунке 1.



Рис. 1 – Классы опасности отходов

Класс опасности для окружающей среды устанавливается на основании «Критериев отнесения отходов к I - V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду», утвержденных Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 4 декабря 2014 г. № 536.

Значительная часть отходов образующихся на предприятиях железнодорожной отрасли имеют 1 и 2 класс опасности, которые передаются для обезвреживания в специализированные сторонние организации или вывозятся на санкционированные полигоны и свалки. Частично отходы сжигаются, регенерируются или утилизируются. Такими отходами являются: люминесцентные лампы; отходы аккумуляторов; отходы солей(электролит отработанный (кислотный)); отходы жиров (старая смазка, обтирочный материал, загрязненный маслами); остатки и огарки стальных сварочных электродов.

Основной массив отходов имеет 3 класс опасности, к ним относятся: деревянные шпалы, которые в настоящее время складываются на территориях станций и вдоль железнодорожных путей, сбрасываемые сточные воды, нефтесодержащие отходы, замазочный грунт.

Количественные показатели образования отходов на железнодорожном предприятии по классам опасности [3] представлено на рисунке 2.

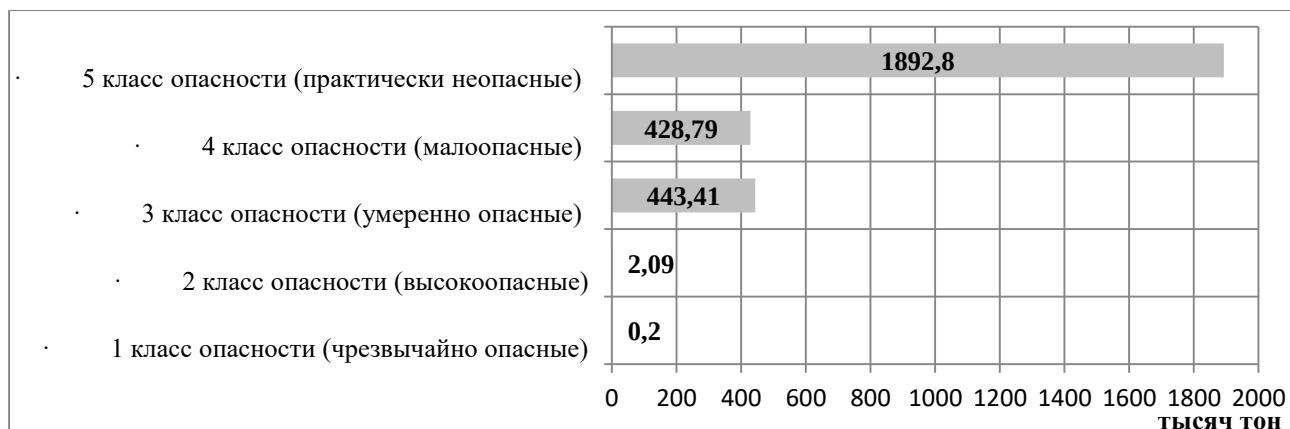


Рис. 2. Количественные показатели образования отходов на железнодорожном предприятии по классам опасности

Железнодорожный транспорт использует много воды при мойке и санитарной обработке вагонного парка, загрязняя окружающую среду сточными водами. К наиболее опасным относятся шламы из очистных сооружений гальванических участков, отходы из химчисток рабочей одежды, плавающие нефтепродукты и нефтешламы [4-7].

Основными токсичными загрязнителями сточных вод являются: взвешенные вещества, нефтепродукты, фенолы, ПАВ, тяжелые металлы, в том числе соединения хрома (VI), в редких случаях кадмий и свинец, показатели биологического поглощения кислорода (БПК). Также сточные воды характеризуются сложным солевым фоном и наличием опасных анионов (фториды, цианиды).

Для предприятий железнодорожного транспорта в той или иной степени характерен следующий усредненный состав сточных вод, представленный в таблице 1 [8].

Таблица 1

Усредненный состав сточных вод

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
1	2	3
Температура	°С	15-25
Прозрачность по шрифту	см	2-3
Запах воды	баллы	нефтяной
Цвет	-	-
рН	-	6-8,5
Щелочность общая	мг-экв/л	3-7
Взвешенные вещества	мг/л	200-500
Эфирорастворимые	мг/л	200-500
Сухой остаток	мг/л	300-3000
Ионы тяжелых металлов	мг/л	следы
ПАВ	мг/л	5-10
ХПК	мг/л	100-1000
БПК ₅	мг/л<	50-300
Фосфор в пересчете на Р ₂ О ₅	мг/л	До 0,5
Азот	мг/л	До 0,5
Фенолопроизводные	мг/л	5-150

Основной урон, наносимый окружающей среде вследствие сброса сточных вод промышленных предприятий, содержащих токсичные загрязняющие вещества – это загрязнение рек, морей и озер, почв, уничтожение зеленых насаждений и их обитателей.

Чтобы избежать аварий и негативных последствий, необходимо осуществлять контроль над любой сферой промышленности. С целью охраны окружающей среды очистка сточных вод промышленных предприятий и способы их нормирования заложены в экологическом природоохранном законодательстве Российской Федерации.

Очистка сточных вод и подбор эффективных методов должна являться главной и первостепенной задачей каждого предприятия. Вследствие не эффективной очистки своих стоков предприятие может понести значительные финансовые затраты, связанные с установлением сверхлимитных платежей. Также очистка водостоков должна стать приоритетным направлением внутренней политики города [9].

К настоящему времени сточные воды (особенно высоконагруженные стоки) стали сложной гетерогенной смесью растворенных веществ и взвешенных частиц различного происхождения. Эти вещества, в зависимости от химической природы, могут окисляться, осаждаться в виде нерастворимой фракции, вступать в реакции комплексообразования.

Поэтому технологии очистки сточных вод – довольно обширное и постоянно развивающееся направление, целью которого является эффективный подбор методов утилизации. Сточные воды промышленных предприятий делятся на три вида. Классификация сточных вод представлена на рисунке 3.



Рис. 3. Классификация сточных вод по источнику образования

В основе всех методов очистки лежит отделение и выделение загрязнений в твердую фазу и образование чистой воды. Для этого существуют следующие способы:

- гидромеханические(отстаивание, улавливание всплывающих материалов, фильтрование, центрифугирование);
- физико-химические (флотация, флокуляция, коагуляция, реагентная обработка);
- сорбционный;
- обратный осмос и ультрафильтрация;
- обеззараживание (озонирование, хлорирование, воздействие УФ облучения).

В большинстве случаев, методы используются не отдельно, а в комплексе. Классическая технологическая схема включает отстаивание, механическую фильтрацию, физико-химический метод, сорбцию и обеззараживание. Классическая схема очистки сточных вод представлена на рисунке 4.

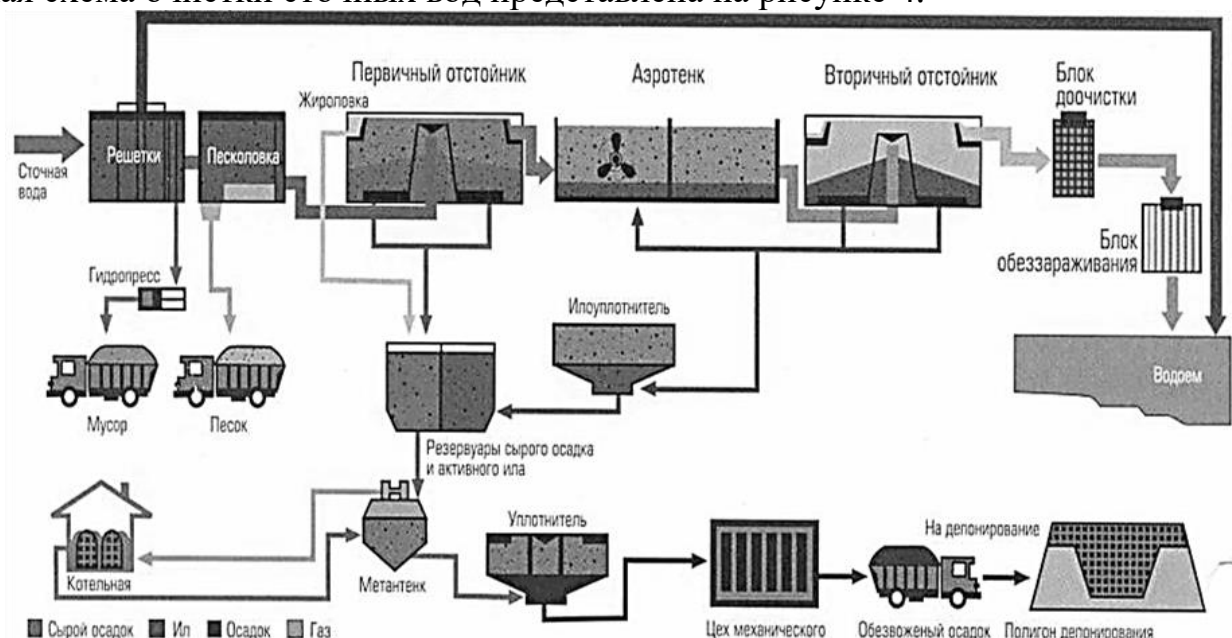


Рис. 2 – Классическая схема очистки сточных вод

В отношении взвешенных дисперсных частиц можно инициировать такие физические процессы, как коагуляция, коалесценция, флотация, осаждение. Кроме того, частицы дисперсных загрязнений могут быть подвергнуты фильтрации и сорбции [10].

Сравнительные характеристики методов очистки сточных вод, используемых в промышленной деятельности, представлены в таблице 2[11-12].

Таблица 2

Сравнительные характеристики методов очистки сточных вод

Степень реализации	Достоинства	Недостатки
1	2	3
РЕАГЕНТНЫЙ МЕТОД		
Реализован на большинстве	+широкий интервал начальных концен-	- не обеспечивается ПДКдля рыбохо-

предприятий в виде станций нейтрализации.	траций ионов тяжелых металлов; + универсальность; + простота эксплуатации; + не требуется разделение промывных вод и концентратов.	зайственных водоемов; - массивность оборудования; - большой расход реагентов; - дополнительное загрязнение сточных вод; - невозможность возврата в оборотный цикл очищенной воды из-за повышенного содержания; - сложность процесса извлечения из шлама тяжелых металлов для утилизации; - потребность в значительных площадях для шлама отвалов.
МЕТОД ИОННОГО ОБМЕНА		
Реализуются редко. Изготавливаются по индивидуальным проектам.	+ возможность очистки до требований ПДК; + возврат очищенной воды до 95% в оборотный цикл; + возможность утилизации тяжелых металлов; + возможность очистки в присутствии эффективных лигандов.	- необходимость предварительной очистки сточных вод от масел, ПАВ, растворителей, органики; - значительный расход реагентов для регенерации ионитов и обработки смол; - обязательность предварительного разделения промывных вод от концентратов; - громоздкость оборудования, высокая стоимость смол; - образование вторичных отходов элюатов, требующих дополнительной переработки.
МЕТОД ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА		
Единичные случаи внедрения для гальваносток.	+ возможность очистки стоков до требований ПДК; + возврат очищенной воды до 60% в оборотный цикл; + возможность извлечения ценных компонентов.	- необходимость предварительной очистки стоков от масел, ПАВ, растворителей, органики, солей жесткости; - большие электроэнергетические затраты; - дефицитность и дороговизна мембран; - сложность эксплуатации; - отсутствие селективности; - чувствительность мембран к изменению параметров.
МЕТОД ОБРАТНОГО ОСМОСА		
Реализуются крайне редко.	+ возможность очистки до требований ПДК; + возврат очищенной воды до 60% в оборотный цикл; + возможность извлечения тяжелых металлов; + возможность очистки в присутствии лигандов, образующих прочные комплексные соединения. + возможность обессоливания воды до 98%; + опреснение соленой воды.	- необходимость предварительной очистки сточных вод от масел, ПАВ, растворителей, органики; - дефицитность и дороговизна мембран; - сложность в эксплуатации, высокие требования к герметичности установок; - большие площади, высокие капитальные затраты; - отсутствие селективности. - чувствительность мембран к изменению параметров очищаемых стоков.
МЕТОД ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ		

Электрокоагуляторы внедрены на ряде предприятий.	+ Очистка до требований ПДК от соединений хрома; + высокая производительность; + простота эксплуатации. + небольшие площади, занимаемые оборудованием; + экономичный расход реагентов; + малая чувствительность к изменениям параметров процесса.	- не обеспечивается ПДК для рыбохозяйственных водоемов; - большой расход электроэнергии; - значительный расход металлических растворимых анодов. - пассивация анодов. - невозможность возврата воды в оборот из-за повышенного содержания; - невозможность извлечения из шлама ИТМ из-за высокого содержания железа; - потребность в значительных площадях для шламоотвалов; - необходимость предварительного разбавления стоков до суммарной концентрации ионов тяжелых металлов 100 мг/л.
МЕТОД ГАЛЬВАНОКОАГУЛЯЦИИ		
Внедрен на ряде предприятий.	+ очистка до требований ПДК от соединений хрома; + в качестве реагента используются отходы железа; + малая энергоемкость; + низкие эксплуатационные затраты; + значительное снижение концентрации сульфат-ионов; + высокая скорость процесса.	- не достигается ПДК при сбросе в водоемы рыбохозяйственного назначения; - значительная трудоемкость при смене загрузки; - необходимость больших избытков реагента (железа); - образование большого количества осадка и сложность его обезвреживания.
МЕТОД ЭЛЕКТРОЛИЗА		
Используется периодически на многих предприятиях.	+ отсутствие шлама; + незначительный расход реагентов; + простота эксплуатации; + малые площади, занимаемые оборудованием; + возможность извлечения металлов из концентрированных стоков.	- не обеспечивает очистку до ПДК при сбросе в водоемы рыбохозяйственного назначения; - аноды из дефицитного материала; - неэкономичность очистки разбавленных стоков.
МЕТОД ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИИ		
Внедрен на ряде предприятий.	+ очистка до требований ПДК; + малый расход реагентов; + простота эксплуатации; + небольшие площади, занимаемые оборудованием; + возможность возврата ИТМ до 96%; + возможность очистки от жиров, масел и взвешенных частиц; + высокая сочетаемость с другими методами; + отсутствие вторичного загрязнения.	- незначительное (до 30%) снижение содержания очищаемых стоков; - аноды из дефицитного материала; - необходимость разбавления концентрированных вод.
АДСОРБЦИОННЫЙ МЕТОД		
Использование сорбентов (кроме активированного угля) крайне редко.	+ Очистка до ПДК; + возможность совместного удаления различных по природе примесей; + отсутствие вторичного загрязнения очищаемых вод; + возможность рекуперации сорбированных веществ; + возможность возврата в оборотный цикл очищенной воды после корректировки pH.	- дороговизна и дефицитность сорбентов; - природные сорбенты применимы для ограниченного круга примесей и их концентраций; - громоздкость оборудования; - большой расход реагентов для регенерации сорбентов; - образование вторичных отходов, требующих дополнительной очистки и утилизации.
МЕТОД ДОЗИРОВАННОГО ВЫПАРИВАНИЯ		

Единичные внедрения на промышленных предприятиях.	+ очистка до ПДК; + возврат солей и воды в производство; + возможность организации замкнутого цикла без сбросов вредных веществ в окружающую среду.	- высокая энергоемкость; - значительные капитальные затраты; - необходимость использования многокаскадных ванн промывки.
---	---	--

Перспективным направлением, используемым, на предприятиях железнодорожного транспорта является технологическая схема очистки на основе физико-химического метода, потому что данная схема наиболее доступна, экономически выгодна и обладает высоким качеством очистки.

К активно развивающимся физико-химическим методам относится метод сорбции.

Как показывают результаты авторов более ранних исследований по водочистке, использование сорбентов является эффективным после механической очистки, когда очищаемая вода уже не содержит грубодисперсные примеси: тем самым реализуется последовательность процессов «коагуляция–отстаивание–фильтрование–сорбция».

Сорбция – один из наиболее эффективных методов очистки воды. Под этим термином понимают способность одного вещества (точнее, материала) поглощать различные вещества своей поверхностью или объемом. Основным элементом для осуществления сорбции является материал-сорбент, который обладает достаточно развитой поверхностью и, как следствие, способен к поглощению загрязнений из воды. Технические сорбенты на практике чаще всего представляют собой насыпанные в некоторую проницаемую ёмкость древесные опилки, активированные угли, шламы и др., а также размещенные в более сложных устройствах активные смолы.

Существующие виды сорбентов условно делят на 4 группы:

К первой относятся фильтрующие элементы на основе органики, состоящие из торфа, мха, отходов очистки гречки и риса.

Вторая группа включает сорбенты на основе полимерных материалов – полипропилена, полиуретана, поропласта. В качестве примера можно привести «Иверлен-М».

К третьей группе относятся биологические сорбенты (наиболее популярным являются виды штаммов бактериальной культуры «Rhodococcus»; биосорбенты на основе перлита).

Четвертую группу представляют наносорбенты на основе графита.

Получение доступных экономически выгодных и эффективных сорбентов является актуальной задачей инженерной экологии.

Заключение

Основными источниками загрязнения окружающей среды являются промышленные производства, сточные воды которых содержат различные токсические вещества. Проблема очистки техногенных вод является одной из кардинальных проблем охраны окружающей среды, поскольку они наносят колоссальный урон биосфере.

Для правильного выбора эффективного метода очистки сточных вод необходимо изучение, как широко используемых методов очистки, так и способов их усовершенствования путем разработки новых технологий глубокой очистки загрязнённых сточных вод.

Библиографический список

1. Об отходах производства и потребления: Федеральный закон № 89-ФЗ:[принят Государственной думой 24 июня 1988 года]: (с изменениями и дополнениями). – Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс. – Текст: электронный;
2. Санитарные правила: СП 2.1.7.1386-03 Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления(редакция от 31 марта 2011 года). – Доступ из справ.-правовой системы Гарант. – Текст: электронный;
3. Отходы от деятельности железнодорожного транспорта [Электронный ресурс] – Режим доступа: [ecology/otxody-ot-deyatelnosti-zheleznodorozhnogo-transporta](http://ecology.otxody-ot-deyatelnosti-zheleznodorozhnogo-transporta). (Дата обращения: 22.11.2019);
4. Пронин А. П. Влияние железнодорожного транспорта на окружающую природную среду // Автоматика на транспорте. 2016. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-zheleznodorozhnogo-transporta-na-okruzhayuschuyu-prirodnuyu-sredu> (дата обращения: 12.11.2019);
5. Типовой технологический процесс работы грузовой станции : Утв. М-вом путей сообщ. СССР 22.09.88. - М. : Транспорт, 1991. - 215,[1] с.;
6. Формирование отходов на предприятиях железнодорожного транспорта: Методические указания по курсу БЖД для самостоятельных занятий и дипломного проектирования студентов всех специальностей. - Самара: СамГАПС, 2004. – 28 с.;
7. Пащенко Л.В., Потапенко В.И. Загрязнение атмосферы предприятиями железнодорожного транспорта//Сборник научных трудов ДонИЖТ. 2017. №47. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zagryaznenie-atmosfery-predpriyatiyami-zheleznodorozhnogo-transporta> (дата обращения: 12.11.2019);
8. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. – М.: Стройиздат, 1990. – С. 204-205.;
9. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте: Учебное пособие/Под редакцией проф. Зубрева Н.И., Шарповой Н.А. – М.: УМК МПС России, 1999. – С. 34-43.;
10. Зубарева А.В. Сорбенты для очистки воды [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.irb.basnet.by/ru/sorbenty-dlya-ochistki-vody/>(Дата обращения: 06.05.2020).
11. Ивлеева А.М. Современные методы очистки воды: учебное пособие / Ивлеева А.М., Образцов С.В., Орлов А.А. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 78 с.;

12. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. / Под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева. – М. Производственно-издательское предприятие «Глобус», 1998. – 302 с.

REFERENCES

1. On production and consumption wastes: Federal Law No. 89-ФЗ: [adopted by the State Duma on June 24, 1988]: (as amended). - Access from sprav.-legal system ConsultantPlus. - Text: electronic;
2. Sanitary rules: SP 2.1.7.1386-03 Sanitary rules for determining the hazard class of toxic waste from production and consumption (revised March 31, 2011). - Access from sprav.-legal system of the Guarantor. - Text: electronic;
3. Waste from the activities of railway transport [Electronic resource] - Access mode: ecology / otxody-ot-deyatelnosti-zheleznodorozhnogo-transporta. (Date of treatment: 11/22/2019);
4. Pronin A. P. Influence of railway transport on the environment // Automation in transport. 2016. No4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-zheleznodorozhnogo-transporta-na-okruzhayushchuyu-prirodnuyu-sredu> (accessed: 12.11.2019);
5. Typical technological process of the cargo station: Approved. M-vom ways of communication. USSR 09.22.88. - M.: Transport, 1991. - 215, [1] p. ;
6. Waste generation at railway transport enterprises: Guidelines for the Belarusian Railways course for independent studies and diploma design of students of all specialties. - Samara: SamGAPS, 2004. - 28 p. ;
7. Pashchenko L.V., Potapenko V.I. Atmospheric pollution by the enterprises of railway transport // Collection of scientific papers DonIZHT. 2017. No47. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zagryaznenie-atmosfery-predpriyatiyami-zheleznodorozhnogo-transporta> (accessed: 12.11.2019);
8. Palgunov P.P., Sumarokov M.V. Utilization of industrial waste. - M.: Stroyizdat, 1990. - S. 204-205. ;
9. Environmental Protection and Ecological Safety in Rail Transport: Textbook / Edited by prof. Zubreva N.I., Sharpova N.A. - M.: UMK MPS of Russia, 1999. - S. 34-43. ;
10. Zubareva A.V. Sorbents for water purification [Electronic resource] - Access mode: <http://www.irb.basnet.by/ru/sorbenty-dlya-ochistki-vody/> (Date of treatment: 06.05.2020).
11. Ivleeva A.M. Modern methods of water purification: a teaching aid / Ivleeva A.M., Obratsov C.B., Orlov A.A. Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2010. - 78 p. ;
12. Vinogradov S.S. Environmentally friendly galvanic production. / Edited by prof. V.N. Kudryavtseva. - M. Production and Publishing Enterprise Globus, 1998. - 302 p.

Информация об авторах

Алтынникова Екатерина Евгеньевна – аспирант кафедры «Техносферная безопасность», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: kanirina_msi@mail.ru;

Руссавская Наталья Владимировна – доктор химических наук, доцент, профессор кафедры «Техносферная безопасность», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: rusnatali64@yandex.ru.

Authors

Altynnikova Ekaterina Evgen'evna – graduate student of Technosphere safety Department, Irkutsk state University of railway transport, Irkutsk, e-mail: kanirina_msi@mail.ru

Russavskaya Natalia Vladimirovna – doctor of chemical sciences, professor, professor of Technosphere safety Department, Irkutsk state University of railway transport, Irkutsk, e-mail: rusnatali64@yandex.ru.

Для цитирования

Алтынникова Е.Е. Руссавская Н.В. Сравнительный анализ методов очистки высоконагруженных стоков и их воздействие на окружающую среду [Электронный ресурс] / Е.Е. Алтынникова, Н.В. Руссавская // Наука и молодежь: электрон. науч. журн. — 2020. — №4. — Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma/39-2020>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 19.05.2020).

For citation

Altynnikova E.E., Russavskaya N.V. *Comparative analysis of high-load wastewater treatment methods and their impact on the environment* [Elektronnyj resurs] / E. E. Altynnikova, N.V. Russavskaya // Naukamolodeg: elektron. nauch. zhurn. — 2020. — №4. — Rezhim dostupa: <http://mnv.irgups.ru/toma/39-2020>, svobodnyj. — Zagl. sekrana. — YAz. rus., angl. (data obrashcheniya: 19.05.2020).