3. Сравнительный анализ эффективности дезинфекции поверхностей в водных растворах озона и гипохлорита натрия / А.В. Поспелов [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – Т. 36. – №. 1. – С. 94–99.

4. Comparative Analysis of the Disinfection Efficiency of Steel and Polymer Surfaces with Aqueous Solutions of Ozone and Sodium Hypochlorite / V. Romanovski [et al.] // Water. – 2024. – Vol. 16. – №. 5. – P. 793.

5. Romanovski V. et al. Gypsum binder with increased water resistance derived from membrane water desalination waste // Engineering Reports. – 2025. – Т. 7. – №. 1. – P. e13028.

6. Beletskii E.V. et al. Fall and Rise: Disentangling Cycle Life Trends in Atmospheric Plasma-Synthesized FeOOH/PANI Composite for Conversion Anodes in Lithium-Ion Batteries // ChemEngineering. – 2024. – Т. 8. – №. 1. – P. 24.

7. Рымовская М.В., Романовский В.И. Воздействие отработанных растворов дезинфекции сооружений водоснабжения на почву // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2016. – №. 4 (186). – С. 214-219.

8. Коррозия углеродистых сталей в дезинфицирующих растворах / А.В. Поспелов [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2022. – №. 14. – С. 89-93.

9. Коррозия нержавеющих сталей в дезинфицирующих растворах / А.В. Поспелов [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2023. – №. 1 (33). – С. 90-93.

УДК 628.31

Источники образования сточных вод предприятий железнодорожного транспорта

Комаров Р.А., Шедько Д.А.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь
Научный руководитель Грузинова В.Л., к.т.н., доцент

В работе рассматривается состав и загрязняющие вещества сточных вод железнодорожных предприятий, а также методы их очистки. Анализируются источники загрязнений и нормативы, предложены

технологические решения для снижения вредного воздействия на окружающую среду.

На железнодорожном транспорте имеется большое количество различных промышленных предприятий и других объектов, на которых образуются производственные и близкие к ним по составу дождевые и талые сточные воды. Это локомотивные и вагонные депо, ремонтные заводы, промывочно-пропарочные станции, шпалопропиточные заводы, пункты подготовки грузовых вагонов, обмывки пассажирских вагонов и электросекций, дезинфекционно-промывочные пункты и станции, предприятия метрополитена (депо, ремонтные заводы и базы), щебеночные заводы, рельсосварочные поезда, автобазы, компрессорные станции, котельные, прачечные, прирельсовые склады удобрений и ядохимикатов и другие объекты.

Расходы производственных сточных вод, состав и концентрация их загрязнений зависят от вида предприятия или объекта, технологического процесса на нем, производственной мощности предприятия, комплекса местных условий и могут существенно отличаться друг от друга на разных предприятиях. Однако, как показывает практика, расходы производственных стоков на основных предприятиях железнодорожного транспорта сравнительно невелики и, как правило, не превышают 2000 $м^3$/сут. Основными видами загрязнений производственных сточных вод для большинства предприятий железнодорожного транспорта являются взвешенные вещества минерального и органического происхождения и нефтепродукты. В сточных водах от некоторых предприятий и объектов содержатся также фенолы, поверхностно-активные вещества (ПАВ), тяжелые металлы, кислоты, щелочи и другие загрязнения [4].

Локомотивные и вагонные депо, ремонтные заводы. Производственные сточные воды образуются при наружной и внутренней обмывке подвижного состава, при промывке и опрессовке его узлов и деталей, при промывке и заправке аккумуляторов, при продувке паровозных котлов и оборотных систем, при охлаждении компрессоров и другого оборудования, при выпуске воды из гальванических ванн, систем отопления вагонов и охлаждения дизелей, от мытья полов в производственных помещениях, при стирке спецодежды и т.д. Раз в семь-десять дней в канализацию этих предприятий производятся залповые сбросы отработанных моющих растворов из ванн моечных машин, в которых содержится большое количество механических примесей (взвешенных веществ), нефтепродуктов и щелочей. Залповые сбросы отработанных моющих растворов в производственную канализацию приводят к резкому

ухудшению качественного и количественного состава сточных вод депо и заводов, при этом резко возрастает pH сточных вод – до 10–13 единиц.

Кроме того, в канализацию поступают охлаждающие эмульсии металлорежущих станков, подтоварная вода из нефтехранилищ, содержащая значительное количество нефтепродуктов и механических примесей, использованные растворители (керосин, дизельное топливо и др.) [2, 3].

Суточные расходы производственных сточных вод обычно не превышают 200 м^3/сут, иногда достигая значения 400–600 м^3/сут; на заводах составляют около 1000 м^3/сут, достигая иногда 1700–2200 м^3/сут. Состав производственных сточных вод депо и заводов характеризуется следующими данными: содержание экстрагируемых веществ составляет в среднем 150–500 мг/дм^3, а механических примесей – 200–450 мг/дм^3. При залповых выпусках сточных вод из моечных машин и ванн концентрация загрязнений (экстрагируемых веществ и механических примесей) в общем стоке повышается и составляет от 5–10 до 3–5 тыс. мг/дм^3; pH сточных вод находится в пределах 7–9; БПК$_{полн}$— 50 мг/дм^3; ХПК — 100 мг/дм^3; ПАВ — 10 мг/дм^3.

Методы очистки сточных вод железнодорожного транспорта. На предприятиях железнодорожного транспорта Республики Беларусь очистка сточных вод в основном производится по следующей схеме: отстаивание в нефтеловушке, контакт с реагентами и осветление на фильтрах. Более глубокое удаление нефтепродуктов при данной технологии осуществляется фильтрованием. В качестве фильтрующей загрузки используется активированный уголь, древесная стружка или опилки, кусковой кокс, керамзит, пенополиуретан, сипрон, стекловолокно, угольная ткань. Однако больший эффект очистки дают полимерные материалы благодаря более высокой поглощающей способности. Широкое внедрение таких материалов сдерживается недостаточным объемом их выпуска. Кроме того, основное внимание надо уделять изысканию сорбентов из дешевого сырья или производственных отходов, что и является целью данной работы.

Промывочно-пропарочные станции и пункты. Производственные сточные воды образуются, в основном, при промывке и пропаривании цистерн из-под нефти, мазута, дизельного топлива, смазочных масел, керосина, бензина (в том числе и этилированного), других нефтепродуктов, пищевых жиров и прочих наливных грузов. Эти воды сильно загрязнены нефтепродуктами и взвешенными веществами. Общее количество нефтепродуктов в этих сточных водах составляет 200–3000 мг/дм^3, достигая иногда до 10000-20000 мг/дм^3; содержание механических примесей в стоках составляет до 1000-3000 мг/дм^3. Кроме того, в сточных водах могут содержаться фенолы, ПАВ, органические кислоты, щёлочи, ацетон и пр.; в

сточных водах от промывки цистерн из-под этилированного бензина присутствует также тетраэтилсвинец. В канализацию промывочно-пропарочных станций попадают также воды от охлаждения оборудования, продувки котлов в котельной, промывки водоумягчительных фильтров, воды от душевых, прачечных, мытья эстакад, производственных помещений, атмосферные воды и т.п. Суточные расходы сточных вод на промывочно-пропарочных станциях составляют в среднем 300–1 000м^3/сут, а при оборотном использовании промывных вод – 100–300 м^3/сут. Средний состав загрязнений сточных вод промывочно-пропарочных станций следующий: содержание эфирорастворимых веществ – 80 (5 000) мг/дм^3; содержание механических примесей – 400 (2 000) мг/дм^3; щелочность – 5–6,5 мг-экв/дм^3; БПК$_{полн}$ – 150 мг/дм^3; ХПК – 300 мг/дм^3; фенолы – 20 мг/дм^3; pH – 7–9 (12–13); температура – 50–60° (40–60)°С. В скобках приведены показатели качества сточной воды при наружной промывке цистерн.

При обработке цистерн из-под химических грузов щелочность сточных вод повышается до 30–65 мг–экв/дм^3. Нефтепродукты, смолы и другие загрязнения образуют в щелочной среде устойчивые эмульсии, которые не разрушаются при отстаивании. Их целесообразно очищать по специальной технологии, т.е. устраивать раздельную систему канализации.

Отстаивание сточных вод промывочно-пропарочных станций в обычных отстойниках-нефтеуловителях позволяет удалить до 70% взвешенных веществ и до 85% экстрагируемых веществ. Для повышения эффекта очистки необходимо применять доочистку сточных вод на флотационных установках, в тонкослойных отстойниках-нефтеуловителях и использовать реагенты для интенсификации этого процесса.

Пункты подготовки пассажирских вагонов. Сточные воды образуются в результате механизированной наружной обмывки пассажирских вагонов и электросекций, основными загрязнениями сточных вод являются взвешенные вещества и нефтепродукты (смазочные масла), а также бактериальные загрязнения, смываемые с подвагонных узлов. При использовании для обмывки моющих средств в сточных водах могут присутствовать ПАВ и щелочи. Суточные расходы сточных вод на пунктах обмывки пассажирских вагонов составляют от 15 до 200 м^3/сут. Концентрация загрязнений сточных вод составляет: по взвешенным веществам – 100–500 мг/дм^3 (в среднем 300 мг/дм^3), по экстрагируемым веществам – 10–300 мг/дм^3 (в среднем 100 мг/дм^3), pH – 7–8; температура от 20 до 40°С, БПК$_{полн}$ – 100 мг/дм^3, ХПК – 200 мг/дм^3. По составу загрязнений эти стоки близки к сточным водам локомотивных и вагонных депо, поэтому методы очистки их также аналогичны методам очистки сточных вод от локомотивных и вагонных депо.

Пункты подготовки грузовых вагонов. Сточные воды образуются при внутренней и наружной обмывке грузовых вагонов после перевозки в них различных насыпных или штучных грузов (строительных материалов – цемента, извести, песка, минерных удобрений, зерна, овощей, химикатов, комбикормов, рыбной муки и т.п.). Основными загрязнениями сточных вод являются тяжёлые механические примеси минерального происхождения, содержание которых иногда достигает 10–20 г/дм^3; в сточных водах могут содержаться также нефтепродукты (до 600 мг/дм^3), растворенные соли, органические примеси и т.п. Суточные расходы сточных вод на пунктах промывки грузовых вагонов составляют от 50 до 500 м^3/сут. Размеры частиц механических примесей в сточных водах составляют от нескольких миллиметров до десятков микрон, а плотность 2,7–2,8 г/см^3. Кинетика выпадения взвеси характеризуется осаждением основной массы нерастворенных примесей (90-95%) в течение нескольких минут. Для удаления остальной взвеси требуется дополнительное отстаивание воды (до 40 и более минут) или применение коагулянта. Образующийся при отстаивании воды осадок имеет объемный вес 2 т/м^3 и влажность от 30 до 70%; содержание органических примесей в осадке составляет 5–10% по весу.

Концентрация содержащихся в сточных водах растворенных загрязнений минерального и органического происхождения (сульфаты, хлориды, кремнекислые и углекислые соли магния, натрия и др.) достигает 10–12 г/дм^3. Основной задачей очистки сточных вод от пунктов подготовки грузовых вагонов является извлечение из них взвешенных веществ, нефтепродуктов и механических примесей. По данным исследований ЦНИИ МПС промывочная вода, образующаяся при промывке полувагонов, загрязняется остатками перевозимых, в них грузов (щебень, гравий, песок, уголь, кокс, известняк, мел, флюсы, различные руды и т.д.), количество которых составляет в среднем 100–150 кг на вагон. Средняя концентрация загрязнений в промывочной воде составляет 10–20 кг/м^3, а концентрация песка в ней может достигать 50–100 кг/м^3. Остатки грузов в вагонах имеют самый различный размер частиц: от 10–20 мм до 0,25 мм и менее, а плотность от 1,3 до 2,6 г/см^3. Перевозимые в полувагонах грузы не содержат много водорастворимых соединений, поэтому концентрация водорастворимых солей в промывной воде возрастает незначительно. В промывной воде содержится также некоторое количество нефтепродуктов.

С учётом предварительного удаления крупной и тяжелой взвеси в качестве расчетных показателей качества сточных вод для пунктов подготовки грузовых вагонов рекомендуется принимать концентрацию взвешенных и эфирорастворимых веществ (нефтепродуктов) 100 мг/дм^3, БПК$_{полн}$ – 150 мг/дм^3, ХПК – 300 мг/дм^3.

Дезинфекционно-промывочные станции. Средние концентрации загрязнений сточных вод по эфирорастворимым веществам составляют 200 мг/дм^3, взвешенным веществам – 2 000 мг/дм^3, БПК$_{полн}$– 400 мг/дм^3, ХПК – 800 мг/дм^3.

Шпалопропиточные заводы. Сточные воды содержат в среднем около 1000 мг/дм^3 эфирорастворимых веществ; 500 мг/дм^3 взвешенных веществ и соответственно такие же показатели ХПК и БПК$_{полн}$. В них может содержаться до 100 мг/дм^3 фенолов, температура сточных вод составляет 40–50°С, а pH = 6,5–7,5. В зоне действия железнодорожных предприятий и на железнодорожных станциях размещаются автобазы, котельные, прачечные и другие объекты.

Сточные воды автобаз и котельных загрязнены нефтепродуктами в количестве соответственно 200 мг/дм^3 и 50 мг/дм^3, взвешенными веществами в количестве 3 000 и 200 мг/дм^3 соответственно. При обмывке автомашин в воду попадают органические загрязнения, характеризующиеся в среднем БПК$_{полн}$ – 100 мг/дм^3 и ХПК — 200 мг/дм^3. Кроме того, в сбросах от котельных присутствуют хлористый кальций 500–3 000 мг/дм^3, хлористый натрий 100–1 000 мг/дм^3, а сточные воды от прачечных имеют pH 10–11, содержат ПАВ до 100 мг/дм^3, имеют БПК$_{полн}$ 400 мг/дм^3 и ХПК – 1 400 мг/дм^3. Температура стоков от котельной может доходить до 50–80°С, а от прачечных до 35–40°С.

Поверхностные сточные с территории железнодорожных станций и предприятий. Они образуются во время выпадения дождя и при таянии снега. Эти стоки загрязнены различным мусором, нефтепродуктами, нерастворимыми минеральными и органическими примесями (песок, шлак, копоть, пыль и пр.). Содержание нефтепродуктов после мойки территории приёмно-отправочных парков, локомотивных и вагонных депо в среднем составляют 300 мг/дм^3, взвешенных веществ – 500–300 мг/дм^3, БПК$_{полн}$– 80–20 мг/дм^3, ХПК – 100–45 мг/дм^3. Меньшие значения имеют показатели загрязненности поверхностных вод с территории пунктов экипировки локомотивов. В стоках от шпалопропиточных заводов концентрация нефтепродуктов и взвеси доходит до 600 и 520 мг/дм^3 соответственно. Кроме того, в них могут содержаться фенолы в среднем до 15 мг/дм^3.

Расходы поверхностных сточных вод, состав и концентрация их загрязнения зависят от климатических и других местных условий (интенсивности и продолжительности дождя, свойств грунтов и рода поверхности, размеров территории предприятия или железнодорожной станции, загрязненности территории и т.п.). Организованный отвод и очистка поверхностного стока обычно предусматриваются с наиболее загрязненных участков территории железнодорожных станций, депо,

ремонтных заводов, промывочно-пропарочных станций, шпалопропиточных заводов и других предприятий.

Вывод: сточные воды железнодорожных предприятий содержат различные вредные вещества, такие как нефтепродукты, фенолы и соли, требующие обработки. Использование комбинированных методов механической, химической и биологической очистки позволяет снизить их концентрацию до допустимых нормативов. Внедрение современных технологий очистки способствует сокращению экологического воздействия предприятия. Таким образом, правильная организация очистки сточных вод–ключевой фактор экологической безопасности железнодорожного транспорта.

Литература

1. Водоснабжение и канализация на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов ж. д. транспорта / М.М. Белявский, Е.П. Воронина, В.С. Дикаревский и др. Под ред. В.С. Дикаревского / 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1980. – 279 с.

2. Кидярова, К.С., Чудинова, О.Н. Анализ воздействия локомотивного депо на окружающую среду / Инновационные технологии защиты окржающей среды в современном мире // сб. трудов Всероссийской. научной конф. с междунар. участием молодых ученых и специалистов, Казань, 18-19 марта 2021 г. / Казанский национальный иссл. технолог. ун-т. – Казань: КНИТУ, 2021. – С.1388-1393.

3. Калинина-Шувалова, С.Ф. Коммисарова, А.Э. Лисица, С.С. Водоотведение и очистка производственных и ливневых сточных вод / Журнал Дальний Восток: Проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. Экология. – 2015. – №1. – С.129-133.

4. Грузинова, В. Л. Очистка нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо с применением коагулянтов и отходов синтетических материалов: автореферат диссертации ... канд. техн. наук : 05.23.04 / В. Л. Грузинова ; Белорусский национальный технический университет. – Минск, 2014. – 26 с.