

С. Ю. ТЕПЛЫХ
О. П. РАДЧЕНКО
Д. П. КЛОЧКОВ

ВНЕДРЕНИЕ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА АВТОТРАНСПОРТНЫХ УЧАСТКАХ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

INTRODUCTION OF RECYCLED WATER SUPPLY IN MOTOR TRANSPORT SITES OF CONSTRUCTION PRODUCTION FACILITIES

Рассмотрены проблемы загрязнения окружающей среды вследствие работы автотранспортных предприятий и в результате загрязнения транспорта на строительных площадках. Описаны факторы воздействия на окружающую среду при ведении строительных работ. Показаны основные загрязнители сточных вод. Обозначены основные загрязняющие вещества, такие как нефтепродукты. Показан процесс образования и накопления загрязняющих веществ в стоках автопредприятий и на строительных производствах. Представлены фотоматериалы загрязненной сточной воды после мойки автотранспорта. Обозначены концентрации основных загрязняющих веществ, образующихся после мойки машин и автобусов. Предложена технология оборотного водоснабжения для очистки сточных вод и возврата очищенной воды повторно на обмыв автотранспорта до внедрения сорбционной очистки и после нее.

Ключевые слова: автотранспортные предприятия, строительное производство, сточная вода, технология очистки, автотранспорт, сорбент, оборотное водоснабжение, мойка автотранспорта, загрязняющие вещества, нефтепродукты

The problems of environmental pollution due to the operation of motor transport enterprises and as a result of pollution of vehicles at construction sites are considered. Environmental impact factors during construction are described. The main wastewater pollutants are shown. The main pollutants, such as petroleum products, are indicated. The process of formation and accumulation of pollutants in the drains of automobile enterprises and in construction industries is shown. Photographic materials of contaminated waste water after washing vehicles are presented. The concentrations of the main pollutants formed after washing cars and buses are indicated. recirculating water supply technology is proposed for waste water treatment and recirculation of treated water for vehicle washing before and after sorption treatment.

Keywords: motor transport enterprises, construction production, waste water, treatment technology, motor transport, sorbent, recycling water supply, motor vehicle washing, pollutants, oil products

В ходе деятельности автотранспортных и строительных производств неизбежно появляются различные виды отходов. Это отходы бытового, производственного и технического назначения, а также загрязненная вода, которая образуется в результате промывки оборудования [1–3]. Даже небольшое количество опасных веществ постепенно попадает в водные объекты.

Вода, стекающая с территорий автотранспортных и строительных комплексов, содержит множество загрязняющих элементов: твердые частицы, нефтяные продукты, масла, остатки асфальта, песок, смазочно-охлаждающие жидкости, соли тяжелых металлов, топливо и поверхностно-активные вещества из моющих средств. Нефтяные загрязнения могут

быть в виде чистых углеводородов, эмульсий или растворенных веществ.

Часто городские очистные сооружения не справляются с удалением таких загрязнений, в связи с чем требуется предварительная очистка стоков непосредственно на предприятиях.

Нефтепродукты с трудом поддаются биологическому распаду в общих очистных системах. Поэтому необходимо их предварительное удаление в месте образования, т. е. очистка загрязненной воды перед ее поступлением в канализационную сеть [4].

Опасные вещества [5] постоянно накапливаются в сточных водах, образующихся на автотранспортных и строительных площадках, негативно влияя на состояние водных ресурсов

как на территории предприятия, так и за его пределами. Изучение экологического воздействия строительной и автомобильной отраслей подчеркивает важность дальнейшего исследования данной проблемы.

В табл. 1 приводятся некоторые данные о негативных воздействиях на окружающую природную среду на разных этапах строительных работ.

Из таблицы видно, что негативное влияние строительной сферы и автопроизводства на экологическую обстановку влечет за собой потребность в детальном рассмотрении данного вопроса.

В ходе функционирования стройплощадок и автопарков отмечается интенсивное загрязнение как внешних, так и внутренних поверхно-

стей оборудования, соответственно требуется их систематическая очистка.

На рис. 1 представлены фотографии загрязненной поверхности автотранспорта (днища, колес и пр.).

Значительная доля загрязняющих элементов в сточных водах образуется из-за процессов, связанных с автомойкой и особенно с ремонтом автомобилей. К типичным загрязнителям относятся взвешенные вещества, нефтепродукты и мелкий абразив, состоящий из асфальтовой крошки и песка, скапливающихся на дорогах.

Воды, стекающие со строительных площадок, зачастую содержат более высокую концентрацию вредных компонентов, превышающую допустимые уровни. Это также связано с интенсивной работой строительной техники и недо-

Таблица 1. Экологические последствия на окружающую среду на разных этапах строительных работ
Table 1. Environmental impacts at different stages of construction works

Тип работ	Основные воздействия на экологию (экологические вопросы)
Транспортировка стройматериалов	Загрязнение внешней части грузового транспорта
Перевозка персонала строительных компаний	Загрязнение внешних и внутренних элементов автобусов и микроавтобусов
Подготовка строительной площадки	Генерация строительного мусора и вынос грязи колесами автотранспорта; загрязнение дорожного покрытия, попадание сточных вод
Транспортировка, погрузка и разгрузка, эксплуатация компрессоров, отбойных молотков и т. д.	Загрязнение поверхностей автотранспорта, оборудования, механизмов
Работы с камнем и бетоном	Образование отходов, потенциальное загрязнение воздуха пылью, загрязнение воды, загрязнение поверхностей строительного оборудования



Рис. 1. Загрязненные поверхности автотранспорта
Fig. 1. Contaminated motor vehicle surfaces

статочным использованием специализированных очистных сооружений.

В табл. 2 представлен список загрязнителей, типичных для сточных вод, образующихся при очистке автотранспорта.

Из табл. 2 видна существенная разница в уровнях загрязнения сточных вод, образующихся на автотранспортных участках стройплощадок по сравнению с аналогичными показателями на автотранспортных предприятиях. Вероятной причиной этого также является более активная эксплуатация техники и оборудования на строительных объектах и отсутствие специализированных систем очистки.

Первостепенной задачей является создание и внедрение постоянно действующей системы мониторинга и контроля качества сточных вод, позволяющей своевременно выявлять и устранять источники загрязнения. Для предотвращения загрязнения необходимо разрабатывать и использовать системы отслеживания и регулирования параметров сбрасываемых вод, что позволит определять и обезвреживать источники вредных веществ [6, 7].

Ключевым моментом является внедрение передовых технологий очистки, направленных на сокращение объемов сбрасываемой жидкости, извлечение нефтепродуктов для их вторичного использования, а также активное применение замкнутых циклов водоснабжения.

Зачастую промышленные предприятия не имеют действенных систем рециркуляции воды, либо существующие очистные сооружения не позволяют повторно использовать очищенную воду из-за несоответствия требованиям. Это объясняется сложностью обслуживания и высокой стоимостью оборудования, упрощенными схемами локальных очистных сооружений, стремлением сэкономить на очистке и избежать штрафов. Проблема загрязнения окружающей среды отходами автомоек и стройплощадок остается актуальной и требует разработки результативных способов очистки, учитывающих особенности каждого предприятия и обеспечивающих снижение концентрации вредных веществ до допустимых значений.

В качестве выхода предлагается замкнутый цикл водопользования с применением сорбционной очистки, а именно интегрированный метод, сочетающий отстаивание с последующим сорбционным удалением загрязняющих элементов. Вода, прошедшая механическую подготовку и финальную сорбционную обработку с использованием опоки, достигает уровня очистки, позволяющего использовать её повторно в замкнутом цикле (табл. 3). Таким образом, она пригодна для возврата в производственный процесс.

Полученные данные свидетельствуют о том, что использование опоки как сорбционного материала позволяет существенно улучшить качество сточных вод, удаляя из них загрязняющие вещества, в том числе нефтепродукты, часто обнаруживаемые в высоких концентрациях в отходах, образующихся при мойке автомобилей.

Основываясь на представленных результатах, можно сделать вывод, что проведенные исследования приближают к достижению цели – разработке действенной системы очистки, дающей ощутимые экономические и экологические преимущества. Эксперименты по сорбционному удалению загрязнений из стоков позволили разработать схему водоочистки с использованием природного алюмосиликата – опоки. На рис. 2 и 3 наглядно показаны системы рециркуляции воды до и после внедрения предложенного технологического решения.

Важным плюсом предлагаемой сорбционной технологии является ее простая реализация и возможность как полной, так и частичной автоматизации всего процесса и его отдельных фаз.

Тестирование сорбентов марок СВ-1-3, СВ-5 и СВ-7 в процессе очистки сточных вод, загрязненных эмульгированными нефтепродуктами, выявило их значительную эффективность и перспективность применения в системах оборотного водоснабжения.

Разработанная технологическая схема локальной очистки стоков от взвешенных частиц и эмульгированных нефтепродуктов обеспечивает получение очищенной воды, в которой концентрация нефтепродуктов не превышает 5 мг/дм^3 , а взвешенных веществ – $3,5 \text{ мг/дм}^3$. Это соответствует требованиям для повторного использования воды в замкнутом цикле.

Полученные данные позволяют утверждать, что разработанная технология эффективно устраняет как взвешенные частицы, так и эмульгированные нефтепродукты из загрязненных стоков, обеспечивая показатели, достаточные для возврата очищенной воды в производственный цикл. Исследованные сорбционные материалы продемонстрировали высокую эффективность в удалении нефтепродуктов.

Загрязнение окружающей среды сточными водами, образующимися на автотранспортных и строительных площадках, представляет собой серьезную проблему, требующую разработки эффективных методов очистки. Необходимо учитывать специфические особенности каждого предприятия и обеспечивать снижение концентрации загрязняющих веществ до установленных нормативов. Будущие исследования должны быть направлены на создание

Таблица 2. Содержание вредных примесей в отработанной воде, образующейся на автотранспортных зонах стройплощадок и в автохозяйствах в сравнении с нормативами
Table 2. Content of Harmful Impurities in Waste Water Generated in Motor Transport Areas of Construction Sites and Motor Vehicles in Comparison with Standards

Показатель	Концентрация загрязненных сточных вод, мг/л	СанПиН 2.1.5.980	ПДК РХ
рН	7–7,5	6,5–8,5	6,5–8,5
Взвешенные вещества	2500–5000	0,75	0,25
Нефтепродукты	30–80	0,3	0,05

Таблица 3. Эффективность очистки сточных вод от общих загрязнений на разных этапах
Table 3. Efficiency of wastewater treatment from general contaminants at different stages

Показатель	Исходный уровень загрязнения	Этап обработки			Эффективность очистки, %
		после пескоуловителя	после отстаивания	после сорбции	
Взвешенные вещества, мг/дм ³	700–550	70–55	14–11	3,5	До 99 %
Эмульгированные нефтепродукты, мг/дм ³	90	62,5	35	До 5	До 95 %
Запах, балл	5	4	3	2	100 %
Цвет	Темно-коричневая (до черного)	Светло-коричневая	Светло-коричневая	Бесцветная (прозрачная)	Бесцветная (прозрачная)



Рис. 2. Система оборотного водоснабжения на автопредприятии до внедрения технологии
Fig. 2. Recirculated water supply system at the automobile enterprise prior to technology implementation



Рис. 3. Система оборотного водоснабжения на автопредприятии после внедрения технологии
Fig. 3. Circulating Water Supply System at the Automobile Plant after technology implementation

и внедрение инновационных подходов к очистке стоков, учитывающих характеристики загрязнения и экономическую целесообразность.

Выводы. Результаты исследований показывают, что значительный объем сточных вод, образующихся на автотранспортных и строительных объектах, обуславливает необходимость их эффективной очистки. Анализ имеющихся данных свидетельствует о том, что сорбционный метод с использованием природных сорбентов является оптимальным и экономически выгодным решением.

Существенным преимуществом сорбционной технологии является простота ее аппаратной реализации, а также возможность внедрения полной или частичной автоматизации процесса очистки стоков.

В рамках реализации принципов безотходного производства отработанная опока может быть использована в различных областях:

- в качестве строительного материала, например щебня или опочно-грунтовых смесей, для устройства дорожных покрытий дорог IV и V категорий в определенных дорожно-климатических зонах;

- в качестве компонента для производства бетона, где опока может выступать в роли заполнителя и активной минеральной добавки к цементу.

Применение опоки позволяет достичь высокой степени очистки сточных вод от нефтепродуктов (до 95 %), что позволяет использовать очищенную воду в системах оборотного водоснабжения.

Для эффективного решения проблемы загрязнения окружающей среды сточными водами автотранспортных и строительных предприятий необходим комплексный подход, включающий разработку и внедрение передовых технологий очистки, совершенствование нормативно-правовой базы, стимулирование экологически ответственного поведения предприятий, повышение экологической культуры и ответственности персонала, регулярный мониторинг водных ресурсов, внедрение принципов устойчивого строительства и логистики, разработку автоматизированных систем контроля, усиление контроля за соблюдением экологических норм, международное сотрудничество, применение инновационных технологий, разработку систем управления отходами, проведение экологических аудитов, внедрение систем сертификации, а также экологическое просвещение населения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прохоров Д.Л., Прохорова Н.Л. Проблемы загрязнения городской среды предприятиями автосервиса // Альтернативные источники энергии

в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2014. № 1. С. 281–284.

2. Москвичева Е.В., Радченко О.П., Клочков Д.П. Сточные воды автотранспорта на строительных площадках // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2023»: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М. И. Платова. Новочеркасск, 2023. С. 50–54.

3. Радченко О.П., Поздняков А.П., Клочков Д.П. Обеспечение условий, повышающих экологическую безопасность автопредприятий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 2(87). С. 115–122.

4. Пат. 2712571 Российская Федерация, МПК C02F 9/02 (2006.01) Система оборотного водоснабжения для автотранспортных предприятий / Е. В. Москвичева, О. П. Радченко, Д. П. Клочков; ВолгГТУ. Волгоград, 2020.

5. Москвичева Е.В. Радченко О.П., Клочков Д.П. Состав сточных вод, образующихся после обмыва автотранспорта на строительных площадках // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2020. № 1(78). С. 182–189.

6. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалёв П.А., Саргсян А.М. Разработка установки для очистки сточных вод // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7, № 1. С. 52–57. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.01.9.

7. Шувалов М.В. Системный анализ эволюции нормативных требований к составу и свойствам сточных вод при сбросе в поверхностные водные объекты // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 2. С. 43–56. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.7.

REFERENCES

1. Prokhorov D.L., Prokhorova N.L. Problems of urban pollution by car service enterprises. *Al'ternativnye istochniki jenergii v transportno-tehnologicheskom komplekse: problemy i perspektivy racional'nogo ispol'zovaniya* [Alternative energy sources in the transport and technological complex: problems and prospects for rational use], 2014, no. 1, pp. 281–284. (in Russian)

2. Moskvicheva E.V., Radchenko O.P., Klochkov D.P. Motor vehicle wastewater at construction sites. *Tehnologii ochistki vody «TEHNOVOD-2023»: materialy XIV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Technologies of water purification “TECHNOVOD-2023”: materials of the XIV International. scientific-practical. conf.]. Novocherkassk, South - Ros. state. polytechnic. University (NPI) named after M. I. Platova, 2023, pp. 50–54. (In Russian).

3. Radchenko O.P., Pozdnyakov A.P., Klochkov D.P. Ensuring conditions that increase the environmental safety of automobile enterprises. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering.

Series: Construction and Architecture], 2022, iss. 2(87), pp. 115–122. (in Russian)

4. Moskvicheva E.V., Radchenko O.P., Klochkov D.P. *Sistema oborotnogo vodosnabzheniya dlja avtotransportnyh predpriyatij* [Circulating water supply system for motor transport enterprises]. Patent RF, no. 2712571, 2020.

5. Moskvicheva E.V., Radchenko O.P., Klochkov D.P. Composition of wastewater generated after washing vehicles at construction sites. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture], 2020, no. 1(78), pp. 182–189. (in Russian)

6. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A., Sargsyan A.M. Design of waste water treatment unit. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2017, vol. 7, no 1, pp. 52–57. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2017.01.9

7. Shuvalov M.V. System Analysis of Normative Requirements Evolution in Terms of Composition and Characteristics of Sewage Discharged into Surface Water Bodies. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 2, pp. 43–56. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.7

Об авторах:

ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна

доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры водоснабжения и водоотведения
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: lana2802@mail.ru

TEPLYKH Svetlana Yu.

Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor,
Professor of the Water Supply and Sanitation Chair
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244
E-mail: lana2802@mail.ru

РАДЧЕНКО Ольга Петровна

старший преподаватель кафедры технологии
строительного производства
Волгоградский государственный технический
университет
400074, Россия, г. Волгоград, ул. Академическая, 1
E-mail: olga.radchenko.82@mail.ru

RADCHENKO Olga P.

Senior Lecturer of the Construction Technology Chair
Volgograd State Technical University
400074, Russia, Volgograd, Akademicheskaya st., 1
E-mail: olga.radchenko.82@mail.ru

КЛОЧКОВ Дмитрий Петрович

кандидат технических наук,
доцент кафедры технологии
строительного производства
Волгоградский государственный технический
университет
400074, Россия, г. Волгоград, ул. Академическая, 1
E-mail: look_back_in@mail.ru

KLOCHKOV Dmitry P.

PhD Engineering Sciences,
Associate Professor of the Construction Technology Chair
Volgograd State Technical University
400074, Russia, Volgograd, Akademicheskaya st., 1
E-mail: look_back_in@mail.ru

Для цитирования: Теплых С.Ю., Радченко О.А., Клочков Д.П. Внедрение оборотного водоснабжения на автотранспортных участках объектов строительного производства // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 4. С. 60–65. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.09.

For citation: Teplykh S.Yu., Radchenko O.A., Klochkov D.P. Introduction of recycled water supply in motor transport sites of construction production facilities. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 4, pp. 60–65. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.04.09.

Принята: 01.06.2025 г.