

Анализ условий труда и использование метода иерархии мер управления профессиональными рисками для рабочего места оператора по очистке сточных вод угольного предприятия

Л.А. Иванова✉, П.П. Иванов, Е.С. Михайлова, Т.А. Утробина
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Российская Федерация
✉ lyuda_ivan@mail.ru

Резюме: Статья посвящена комплексной оценке условий труда оператора по очистке сточных вод угольного предприятия с целью выявления профессиональных рисков и разработки мер по их устранению. Рассматриваются физические, химические, биологические и психофизиологические факторы, влияющие на здоровье и безопасность оператора. Предлагается использовать метод иерархии мер управления профессиональными рисками, включающий устранение и замену источников опасности, внедрение инженерных решений, административных мер и индивидуальных средств защиты. Приводятся конкретные рекомендации по модернизации производственного процесса, выбору менее токсичных реагентов, установке звукоизоляционного оборудования. Представленные в статье подходы позволят значительно снизить профессиональные риски, обеспечить комфортные и безопасные условия труда, повысить производительность и сократить экономические потери предприятия, вызванные профессиональным травматизмом и заболеваниями. Статья предназначена для специалистов в области охраны труда, руководителей предприятий и инженеров-технологов, занимающихся проектированием и внедрением безопасных производственных процессов.

Ключевые слова: оператор по очистке сточных вод, сточные воды, охрана труда, условия труда, профессиональные риски, техносферная безопасность, угольная промышленность

Благодарности: Исследование выполнено в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. №1144-р, при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, № соглашения 075-15-2022-1201 от 30.09.2022 г.

Для цитирования: Иванова Л.А., Иванов П.П., Михайлова Е.С., Утробина Т.А. Анализ условий труда и использование метода иерархии мер управления профессиональными рисками для рабочего места оператора по очистке сточных вод угольного предприятия. *Горная промышленность*. 2026;(2):176–183. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2026-2-176-183>

Analysis of working conditions and application of the occupational risk control hierarchy method to the workplace of a wastewater treatment operator at a coal mining operation

L.A. Ivanova ✉, P.P. Ivanov, E.S. Mikhailova, T.A. Utrobina
Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation
✉ lyuda_ivan@mail.ru

Abstract: This article focuses on a comprehensive assessment of the working conditions of a wastewater treatment operator at a coal mining operation with the aim of identifying occupational risks and developing measures to eliminate them. We look at the physical, chemical, biological, and psychophysiological factors that affect the operator's health and safety. It is suggested to use a hierarchy of occupational risk control measures, including elimination and substitution of hazard sources, implementation of engineering solutions, administrative controls, and personal protective equipment. Specific recommendations are provided for upgrading the production process, selection of less toxic reactive agents, and installation of soundproofing equipment. The approaches presented in the article will significantly reduce occupational risks, ensure comfortable and safe working environment, enhance productivity, and reduce economic losses of the company due to occupational injuries and diseases.

The article is intended for occupational safety specialists, enterprise managers, and process engineers involved in the design and implementation of safe manufacturing processes.

Keywords: wastewater treatment operator, wastewater, occupational safety, working conditions, occupational risks, technosphere safety, coal industry

Acknowledgments: The research was carried out as part of the 'Development and implementation of complex technologies in the areas of exploration and extraction of minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new deep conversion products from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to human life' Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle, approved by Order No. 1144p of the Government of the Russian Federation dated May 11, 2022, with financial support by the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation, Agreement No. 075-15–2022-1201 as of September 30, 2022.

For citation: Ivanova L.A., Ivanov P.P., Mikhailova E.S., Utrobina T.A. Analysis of working conditions and application of the occupational risk control hierarchy method to the workplace of a wastewater treatment operator at a coal mining operation. *Russian Mining Industry*. 2026;(2):176–183. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2026-2-176-183>

Введение

Охрана труда является ключевым аспектом производственной деятельности, направленным на обеспечение здоровья и безопасности работников, а также на повышение производительности труда за счет снижения уровня травматизма и профессиональных заболеваний. Эффективная организация системы охраны труда способствует достижению ряда положительных эффектов, таких как увеличение производительности труда за счет сокращения числа больничных листов и повышения мотивации сотрудников, улучшение репутации работодателя среди потенциальных кандидатов на вакансии, а также сокращение финансовых потерь, связанных с выплатами по страховым случаям и компенсациями за профессиональные заболевания. Соблюдение всех установленных государством норм и правил по охране труда минимизирует риски штрафов и санкций со стороны контролирующих органов. Охрана труда является неотъемлемой частью современной промышленной политики, направленной на повышение качества жизни и благополучия работников организаций различных отраслей экономики [1].

Работа оператора по очистке сточных вод угольного предприятия связана с рядом рисков, обусловленных особенностями технологического процесса и условиями эксплуатации оборудования. Регулярная оценка и контроль санитарно-гигиенических показателей на рабочем месте, обеспечение персонала необходимыми средствами индивидуальной защиты и организация периодического обучения правилам охраны труда являются важными мерами, направленными на снижение вероятности возникновения несчастных случаев и профессиональных заболеваний, повышение эффективности производственного процесса и обеспечение безопасности сотрудников предприятия.

Целью исследования является всесторонний анализ условий труда оператора по очистке сточных вод угольного предприятия, включая оценку санитарно-гигиенических и эргономических условий, идентификацию факторов риска, связанных с технологическим процессом и эксплуатацией оборудования, а также анализ существующей системы охраны труда и выявление возможностей для ее улучшения.

Задачи исследования включают изучение технологического процесса и условий эксплуатации оборудования, включая описание технологического процесса очистки сточных вод на угольном предприятии; оценку санитарно-гигиенических показателей и оценку соответствия условий труда нормативным требованиям; идентификацию рисков и факторов опасности, включая выявление потенциальных рисков, связанных с работой оператора по очист-

ке сточных вод, и оценку вероятности и последствий возможных аварийных ситуаций; разработку предложений по улучшению условий труда, а также предложение конкретных мероприятий по снижению рисков и повышению безопасности.

Описание технологического процесса

Технологический процесс очистки карьерных сточных вод – важный элемент обеспечения экологической безопасности. Применение эффективных технологий очистки позволит минимизировать отрицательное воздействие на окружающую среду и сохранить ресурсы природных водоемов [2].

Технология очистки сточных вод (СВ) на угольном предприятии представляет собой многоступенчатый процесс, направленный на максимальное удаление загрязняющих веществ и подготовку воды к дальнейшему использованию либо сбросу в природную среду.

Основными загрязняющими веществами сточных вод угольного предприятия являются: взвешенные вещества, металлы (железо, марганец) растворенные соли (нитриты и сульфаты) [3]. При выборе метода очистки решающее значение имеет достижение уровня ПДК, технико-экономическое обоснование выбранного метода, показателями которого являются эффективность очистки сточных вод, объем капитальных вложений, величина эксплуатационных затрат. Для существенного улучшения качества очищенной воды требуется строительство дополнительных очистных сооружений с применением реагентной обработки воды и сорбционных методов очистки с использованием существующего отстойника в качестве регулирующего резервуара [4].

Основные технологические этапы очистки сточных вод на угольном предприятии приведены на рис. 1.

Система водоочистки включает последовательные этапы обработки воды, обеспечивающие удаление механических, химических и органических загрязнений. Процесс начинается с первичной очистки и заканчивается глубокой фильтрацией и утилизацией отходов.

Первым элементом системы является отстойник-усреднитель, куда поступает исходный поток сточной воды с концентрацией взвешенных веществ до 300 мг/л. Здесь происходит задержка воды на 1–2 ч, что позволяет крупным взвешенным частицам, таким как песок и ил, осесть на дно, а легким загрязнениям (маслам, жирам) всплыть на поверхность. Легкие загрязнения удаляются скиммерами, а осадок осаждается на дно и отводится в накопитель осадка. Усредненный поток с концентрацией взвесей не более 50 мг/л подается на следующую ступень.



Рис. 1
Технологическая схема по очистке сточных вод на угольном предприятии с выявлением опасных и вредных факторов в работе оператора

Fig. 1
Flowchart of the wastewater treatment process at a coal mining operation, identifying hazardous and harmful factors in the operator's job

Далее в воду через систему дозирования в первую камеру напорного флотатора поступают реагенты. Добавляются гидроксид натрия, коагулянты, флокулянты для ускорения процессов осаждения и нейтрализации. Коагулянт связывает мелкие частицы загрязнений, превращая их в крупные хлопья. Флокулянт укрепляет эти хлопья, облегчая их осаждение [5].

Далее по системе трубопровода вода с реагентами направляется во флотатор. Здесь происходит удаление мелких частиц и жиров с помощью введенного потока воздуха сатуратором под давлением 0,3–0,5 МПа. Воздушные пузырьки поднимаются через поток воды, унося с собой легкие загрязнения. На поверхности флотатора образуется пена, которая собирается специальным устройством, кроме того, в нижней части флотатора формируется шламовый осадок. Пена и осадок отводятся в накопитель и подаются на фильтр-пресс для обезвоживания. Уплотненный осадок (шлам) отправляется на дальнейшую переработку или утилизацию в соответствии с экологическими стандартами [6].

Очищенная вода с остаточной концентрацией загрязняющих веществ поступает на следующий этап – фильтр зернистой загрузки [7].

В случае фиксации превышения на данном этапе очистки ионов аммония, нитрит-ионов, фенолов и БПК включается процесс дозирования перекиси водорода H_2O_2 .

Для корректировки химического состава очищаемой воды по значению pH 6,5–8,5 ед. включается процесс дозирования соляной кислоты (HCl). Соляная кислота нейтрализует щелочные примеси, обеспечивая химическую стабильность воды перед подачей на фильтры с активным углем [8].

Использование современных методов и оборудования обеспечивает высокую степень очистки сточных вод, позволяющую достигать предельно допустимых норм выбросов в водоем или повторного использования воды в цикле энергоблока станции [9].

Выявление опасных факторов рабочего процесса

Оператор по очистке сточных вод относится к категории рабочего персонала, целью работы которого является ведение работ по очистке сточных вод. Задачи: ведение процесса очистки промышленных сточных вод от примесей различными методами очистки, приготовление реагентов, устранение неисправностей в работе оборудования [10].



Рис. 2
Характеристика работ аппаратчика очистки сточных вод

Fig. 2
Job description of a wastewater treatment operator



Рис. 3
Основные трудовые функции аппаратчика очистки сточных вод

Fig. 3
The main job duties of a wastewater treatment operator

Характеристика работ оператора очистки сточных вод приведена на рис. 2. Основные трудовые функции приведены на рис. 3.

Оператор по очистке сточных вод сталкивается с рядом опасных и вредных факторов производства, связанных особенностями выполняемых операций и условиями рабочей среды (см. рис. 1). Рассмотрим наиболее значимые из них:

1. Физические воздействия:

- шум от насосов, фильтровальных установок и другого оборудования;
- повышенная вибрация машин и механизмов;
- риск поражения электрическим током вследствие контакта с электрооборудованием;
- высокий риск травматизма из-за скользких поверхностей и возможного падения предметов.

2. Химические риски:

- работа с химическими веществами (коагулянты, реагенты), которые обладают токсичными свойствами и могут вызывать отравления или аллергию;
- воздействие газообразных соединений (например, сероводород, аммиак), выделяющихся при обработке сточных вод.

3. Психофизиологические нагрузки:

- постоянное внимание к процессу очистки и контролю за оборудованием, что повышает уровень напряжения нервной системы;
- длительное пребывание в неблагоприятных условиях (шум, запахи).

4. Биологические угрозы:

- Возможность заражения инфекциями через контакт

с патогенными микроорганизмами, присутствующими в сточных водах.

Аппаратчик по очистке сточных вод работает в условиях постоянного контакта с химическими веществами, биологически опасными материалами и неблагоприятными факторами окружающей среды [11]. Из-за специфики труда специалисты данной профессии подвержены ряду профессиональных заболеваний, среди которых наиболее распространены патологии, приведенные на рис. 4.

Специальная оценка условий труда оператора по очистке сточных вод на анализируемом угольном предприятии проводилась в июле 2024 г., результаты приведены в табл. 1. Итоговый класс условий труда оператора по очистке сточных вод – 3.2 – вредный.

При оценке профессиональных рисков были выполнены идентификация опасностей и оценка рисков в подразделениях предприятия, разработан реестр рисков [12]. В результате проведенной оценки профессиональных рисков на рабочем месте оператора по очистке сточных вод угольного предприятия были выявлены основные опасности, которые представляют наибольшую угрозу для здоровья и безопасности сотрудников. Анализ показал, что наиболее значимыми факторами риска являются:

1. Опасность от вдыхания вредных паров, жидкостей и газов – была оценена как высокая, что указывает на необходимость принятия срочных мер по улучшению вентиляции и использованию средств индивидуальной защиты.
2. Опасность воздействия шума – шум на рабочем месте также был оценен как фактор высокого риска, что требует внедрения мероприятий по снижению уровня шума и обеспечению сотрудников средствами защиты слуха.

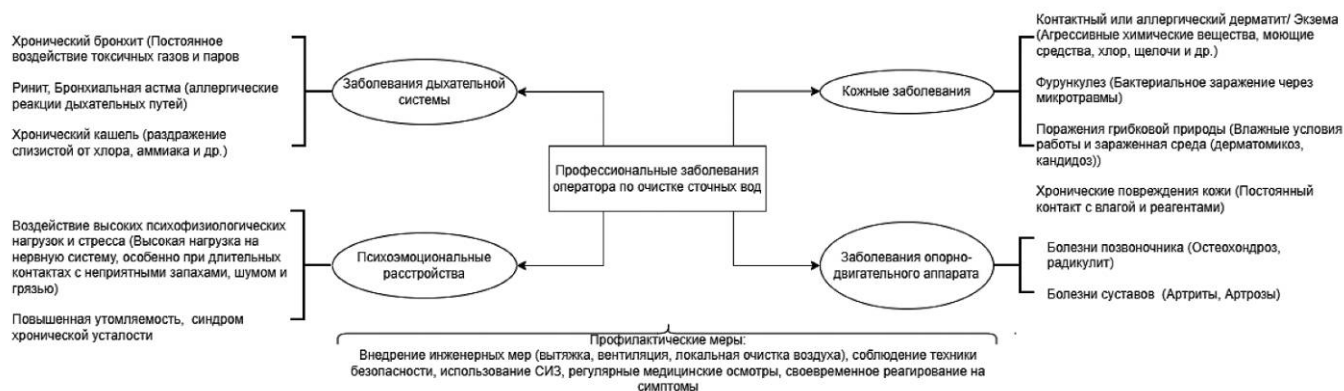


Рис. 4
Профессиональные заболевания оператора по очистке сточных вод

Fig. 4
Occupational diseases of wastewater treatment operators

Таблица 1
Оценка условий труда по вредным (опасным) факторам рабочего места оператора по очистке сточных вод

Table 1
Assessment of the working conditions in terms of harmful (hazardous) factors at the workplace of a wastewater treatment operator

Наименование факторов производственной среды и трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда	Эффективность СИЗ +/-/не оценивалась
Химический	3.1	Не оценивалась
Биологический	2	Не оценивалась
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	2	Не оценивалась
Шум	3.1	Не оценивалась
Инfrasound	2	Не оценивалась
Ультразвук воздушный	–	Не оценивалась
Вибрация общая	–	Не оценивалась
Вибрация локальная	–	Не оценивалась
Неионизирующие излучения (в т.ч. УФ-излучение >3.1)	–	Не оценивалась
Ионизирующие излучения	–	Не оценивалась
Параметры микроклимата	2	Не оценивалась
Параметры световой среды	2	Не оценивалась
Тяжесть трудового процесса	3.1	Не оценивалась
Напряженность трудового процесса	–	Не оценивалась
Итоговый класс (подкласс) условий труда	3.2	Не заполняется

Таблица 2
Гарантии компенсации, предоставляемые работнику (работникам), занятым на данном рабочем месте

Table 2
Compensation guarantees provided to the employees working at this workplace

№ п/л	Виды гарантий и компенсаций	Фактическое наличие	По результатам оценки условий труда	
			Необходимость в установлении (да, нет)	Основание
1	Повышенная оплата труда работника (работников)	Да	Да	Раздел VI, гл. 21, ст. 147 ТК РФ
2	Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск	Да	Да	Раздел V, гл. 19, ст. 117 ТК РФ
3	Сокращенная продолжительность рабочего времени	Нет	Нет	Отсутствует
4	Молоко или другие равноценные пищевые продукты	Да	Да	Приказ Минздравсоцразвития России от 16.02.2009 N 45н, прил. 3, разд. 1 «Химический фактор», п. 236
5	Лечебно-профилактическое питание	Нет	Нет	Отсутствует
6	Право на досрочное назначение страховой пенсии	Да	Да	Постановление кабинета министров СССР от 26 января 1991 г. N 10, п. 23200000-19756
7	Проведение медицинских осмотров	Да	Да	Разд. X, гл. 34, ст. 213 ТК РФ

3. Механические опасности – такие как падение с высоты, падение предметов и другие механические факторы, были оценены как факторы среднего риска, что требует улучшения организации рабочего пространства и проведения регулярных инструктажей по технике безопасности.

4. Электрические опасности – хотя они были оценены как факторы низкого риска, необходимо продолжать контролировать состояние электрооборудования и проводить регулярные проверки.

6. Опасности от материалов и веществ – вдыхание паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана и дыма было оценено как фактор высокого риска, что требует особого внимания и внедрения дополнительных мер по защите сотрудников.

В целом итоговый риск по характерным опасностям на анализируемом рабочем месте соответствует показателю – средний. Это указывает на необходимость разработки мероприятий по снижению влияния опасностей и уровня риска.

Метод иерархии мер управления рисками на рабочем месте

Иерархия мер управления представляет собой их распределение по уровню эффективности влияния на риски: начиная с наиболее эффективных на вершине и заканчивая менее эффективными внизу. На рис. 5 представлено схематическое изображение иерархии мер управления рисками.

Применение метода иерархии мер управления в оценке профессиональных рисков позволяет систематизировать и структурировать процесс управления рисками, обеспечивая последовательное снижение их вероятности и минимизацию последствий. Эта иерархия включает несколько уровней, каждый из которых имеет свою специфику и область ответственности.

Использование метода иерархии мер управления для управления профессиональными рисками целесообразно по нескольким причинам:

1. Иерархия мер управления предоставляет структурированный и последовательный подход к управлению рисками. Она позволяет рассматривать риски на разных уровнях, начиная с устранения и замены опасностей, затем переходя к инженерным, административным мерам и, наконец, средствам индивидуальной защиты. Это обеспечивает комплексный анализ и управление рисками.

2. Иерархия устанавливает приоритетность мер управления рисками. Устранение и замена опасностей являются наиболее эффективными мерами, так как они устраняют источник риска. Инженерные меры обеспечивают стабильную защиту, а административные меры и средства индивидуальной защиты используются в качестве дополни-

тельных мер, когда другие меры не могут быть применены.

3. Устранение и замена опасностей, а также инженерные меры не зависят от человеческого поведения, что делает их более надежными. Административные меры и средства индивидуальной защиты, хотя и важны, могут быть менее эффективными из-за возможных ошибок или несоблюдения правил.

4. Устранение и замена опасностей могут привести к долгосрочным экономическим выгодам, так как они снижают затраты на лечение травм и заболеваний, а также на компенсацию работникам. Инженерные меры также могут быть экономически выгодными, так как они обеспечивают стабильную защиту и снижают необходимость в дополнительных мерах.

5. Иерархия мер управления соответствует международным стандартам и рекомендациям, таким как OSHA, WHO, ILO и NIOSH. Это обеспечивает соответствие требованиям законодательства и способствует созданию безопасной рабочей среды.

6. Использование иерархии мер управления способствует созданию более безопасных условий труда, что, в свою очередь, повышает производительность и снижает количество несчастных случаев и профессиональных заболеваний.

Таким образом, метод иерархии мер управления является эффективным и целесообразным инструментом для управления профессиональными рисками, обеспечивая комплексный и системный подход к обеспечению безопасности на рабочем месте [13].

После анализа опасностей нужно приступить к подготовке мер по их устранению. Приоритетными средствами минимизации опасностей являются устранение и замещение.

К мероприятиям, направленным на техническое преобразование, относят:

- введение автоматизированного процесса;
- устранение неисправности оборудования или его замена на новые модели;
- установка блокирующих и ограждающих устройств;
- использование электронных технологий контроля.

К административным мероприятиям относят:

- проведение обучения и инструктажей, применение полученных знаний на практике;
- обновление инструкций;
- предупреждающие знаки, стенды и другие меры, разъясняющие об угрозах.

Ниже представлены шаги, рекомендуемые для снижения рисков на рабочем месте оператора по очистке сточных вод:

1. Устранение опасности (Elimination). Самым действенным способом борьбы с рисками является полное исключение источников опасности. Возможные меры:

- переход на полностью автоматизированные процессы, исключая ручной труд в дозировании реагентов и нахождение операторов в непосредственной близости от источников шума и вибрации;
- изменение технологических схем для исключения прямого контакта оператора с потенциально вредными химическими веществами.

2. Замена опасности. Следующим шагом является замена более опасных элементов производственного процесса на менее опасные альтернативы. Примеры:

- использование менее токсичных реагентов для очистки воды;
- замена насосного и компрессионного оборудования для снижения уровней шума и вибрации.



Рис. 5
Иерархия мер управления производственными рисками

Fig. 5
Hierarchy of the occupational risk management measures

3. Инженерные решения. Технические изменения оборудования помогают создать физическую преграду между оператором и источником риска. Эти меры включают:

- установку звукозащитных экранов или шумоизолированных кабин;
- монтаж антивибрационной амортизации на оборудовании;
- улучшение освещения и конструкций помещений для лучшего обзора и навигации.

4. Административные меры. Организационные процедуры способствуют снижению рисков путем изменения порядка выполнения работ. Важные шаги:

- создание расписаний смен, ограничивающих продолжительность нахождения оператора в зоне высоких уровней шума и химических воздействий;
- регулярные тренировки и учебные программы по технике безопасности и оказанию первой помощи;
- назначение ответственных лиц за проверку состояния защитных устройств и оборудования.

5. Индивидуальные средства защиты:

- использование специальной обуви и одежды, защищающих от влаги и химикатов;
- использование респираторов, масок и очков для защиты органов дыхания и зрения;
- предоставление касок и защитной одежды для защиты головы и тела от падений предметов.

Таким образом, применяя иерархию мер управления рисками, можно значительно повысить безопасность труда оператора по очистке сточных вод. Наиболее важные направления работы – это модернизация оборудования, внедрение новых технологий и регулярное обучение персонала. Благодаря этому оператор получит надежную защиту от вредных и опасных факторов, улучшив качество своей

профессиональной деятельности и снизив риск профессионального вреда своему здоровью.

Заключение

Исследование показало, что работа оператора по очистке сточных вод угольных предприятий характеризуется высокими рисками для здоровья и безопасности, такими как воздействие вредных химических веществ, высокие уровни шума и вибрации, а также опасность поражения электрическим током и механического травматизма. Результаты оценки условий труда подтвердили неблагоприятные условия труда класса 3.2 («вредные»).

Разработанная методика управления рисками с применением иерархии мер продемонстрировала эффективность комплексного подхода к снижению рисков. Было предложено:

1. Исключить непосредственный контакт оператора с источниками опасности посредством автоматизации процессов.
2. Использовать менее токсичные реагенты и модернизированное оборудование.
3. Предложить технические и организационные меры, направленные на снижение физических нагрузок и психологического стресса.
4. Повысить осведомленность и компетентность сотрудников через обучение и инструктажи.

Обобщённые рекомендации направлены на создание безопасной и комфортной рабочей среды, что повысит производительность труда и уменьшит экономические потери предприятия, вызванные профессиональными заболеваниями и травматизмом. Внедрение указанных мер обеспечит значительное улучшение условий труда и сохранение здоровья операторов по очистке сточных вод.

Список литературы / References

1. Шайхлисламова Э.Р., Валева Э.Т., Гайнуллина М.К. Обеспечение безопасных условий труда на предприятиях как мера профилактики профессиональных заболеваний. *Безопасность труда в промышленности*. 2025;(6):71–77. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2025-6-71-77>
2. Иванова Л.А., Голубева Н.С., Тимошук И.В., Горелкина А.К., Просеков А.Ю., Сапурин З.П., Медведев А.В. Оценка эффективности очистки сточных вод угледобывающего предприятия и ее влияние на загрязнение малых рек. *Экология и промышленность России*. 2023;27(1):60–65. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-1-60-65>
3. Иванова Л.А., Салищева О.В., Тимошук И.В., Голубева Н.С., Горелкина А.К. Приоритетные загрязнители сточных карьерных вод в угледобывающей промышленности и способы их очистки. *Кокс и химия*. 2023;(4):44–50. https://doi.org/10.52351/00232815_2023_04_44
4. Неверов Е.Н., Михайлова Е.С., Тимошук И.В., Схяплок Р.Ю. Анализ проекта мобильной установки физико-химической очистки сточных вод угольных предприятий. *Ползуновский вестник*. 2024;(3):191–199. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.03.028>
5. Falconi I.B.A., Botelho Jr A.B., Baltazar M.P.G., Espinosa D.C.R., Tenório J.A.S. An overview of treatment techniques to remove ore flotation reagents from mining wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2023;11(6):111270. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.111270>

6. Joni I.M., Sofia D.R., Sulistio E., Azhary S.Y., Wibawa B.M., Panatarani C. Flotation of suspended solid by introducing coagulant and fine bubbles in the mobile wastewater treatment plant. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022;2344:012007. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2344/1/012007>
7. Yu X., Tang Y., Pan J., Shen L., Begum A., Gong Z., Xue J. Physico-chemical processes. *Water Environment Research*. 2020;92(10):1751–1769. <https://doi.org/10.1002/wer.1430>
8. Иванова Л.А., Тимошук И.В., Горелкина А.К., Михайлова Е.С., Голубева Н.С., Неверов Е.Н., Утробина Т.А. Выбор сорбента для элиминации ионов железа из сточных и природных вод. *Техника и технология пищевых производств*. 2024;54(2):398–411. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2516>
Ivanova L.A., Timoshchuk I.V., Gorelkina A.K., Mikhaylova E.S., Golubeva N.S., Neverov E.N., Utrobina T.A. Removing excess iron from sewage and natural waters: selecting optimal sorbent. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2024;54(2):398–411. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2516>
9. Иванов П.П., Пачкин С.Г., Иванова Л.А., Михайлова Е.С., Семенов А.Г. Организация повторного использования карьерных сточных вод угледобывающих предприятий. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2024;(3):190–199. <https://doi.org/10.15372/FTPRI20240320>
Ivanov P.P., Pachkin S.G., Ivanova L.A., Mikhailova E.S., Semenov A.G. Wastewater reuse in open pit coal mines. *Fiziko-Tekhnicheskiye Problemy Razrabotki Poleznykh Iskopaemykh*. 2024;(3):190–199. (In Russ.) <https://doi.org/10.15372/FTPRI20240320>
10. Фаюстова Ю.А., Красная Е.Г. Анализ технологий водоподготовки в обеспечении безопасности жизнедеятельности. *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2020;9(3):147–151. <https://doi.org/10.46548/21vek-2020-0952-0027>
Fayustova Yu.A., Krasnaya E.G. The analysis of water treatment technologies in ensuring the life safety. *XXI Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present Plus*. 2020;9(3):147–151. (In Russ.) <https://doi.org/10.46548/21vek-2020-0952-0027>
11. Карамова Л.М., Власова Н.В., Гайнуллина М.К., Масыгутова Л.М. Гематологические показатели у работников водообеспечивающих сооружений нефтехимических предприятий. *Гигиена и санитария*. 2022;101(9):1029–1034. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1029-1034>
Karamova L.M., Vlasova N.V., Gainullina M.K., Masyagutova L.M. Hematological parameters in workers of water supply facilities of petrochemical enterprises. *Hygiene and Sanitation*. 2022;101(9):1029–1034. (In Russ.) <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1029-1034>
12. Рузаков В.О., Федорук А.А., Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Шаповал И.В. Особенности нормативно-методического обеспечения оценки профессиональных рисков. *Безопасность труда в промышленности*. 2024;(11):67–72. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2024-11-67-72>
Ruzakov V.O., Fedoruk A.A., Karimova L.K., Muldasheva N.A., Shapoval I.V. Peculiarities of regulatory and methodological support of occupational risk assessment. *Occupational Safety in Industry*. 2024;(11):67–72. (In Russ.) <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2024-11-67-72>
13. Иванова Л.А., Тимошук И.В., Иванова В.П., Утробина Т.А. Методология проведения поведенческого аудита безопасности на предприятии. *Безопасность труда в промышленности*. 2025;(7):82–89.
Ivanova L.A., Timoshchuk I.V., Ivanova V.P., Utrobina T.A. Behavioral safety audit methodology at an enterprise. *Occupational Safety in Industry*. 2025;(7):82–89. (In Russ.)

Информация об авторах

Иванова Людмила Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности, Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-4103-8780>; e-mail: lyuda_ivan@mail.ru

Иванов Павел Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры мехатроники и автоматизация технологических систем, Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-8086-3273>; e-mail: ipp7@yandex.ru

Михайлова Екатерина Сергеевна – кандидат химических наук, директор Института нано-, био-, информационных, когнитивных и социогуманитарных технологий, доцент кафедры техносферной безопасности, Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-0673-0747>; e-mail: e_s_mihaylova@mail.ru

Утробина Тамара Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности, Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Российская Федерация; <https://orcid.org/0009-0001-4883-0340>; e-mail: tamara-mamontova@yandex.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 08.01.2026

Поступила после рецензирования: 16.02.2026

Принята к публикации: 24.02.2026

Information about the authors

Ludmila A. Ivanova – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Technosphere Safety, Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-4103-8780>; e-mail: lyuda_ivan@mail.ru

Pavel P. Ivanov – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Mechatronics and Automation of Technological Systems, Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-8086-3273>; e-mail: ipp7@yandex.ru

Ekaterina S. Mikhailova – Cand. Sci. (Chem.), Director, Institute of Nano-, Bio-, Information, Cognitive and Socio-Humanitarian Technologies, Associate Professor, Department of Technosphere Safety, Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-0673-0747>; e-mail: e_s_mihaylova@mail.ru

Tamara A. Utrobina – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Technosphere Safety, Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation; <https://orcid.org/0009-0001-4883-0340>; e-mail: tamara-mamontova@yandex.ru

Article info

Received: 08.01.2026

Revised: 16.02.2026

Accepted: 24.02.2026