



Научная статья
2.6.13 – Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)
УДК 628.3

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.020

 EDN: [VGLWWM](https://elibrary.ru/VGLWWM)

ПРОЕКТ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

Евгений Николаевич Неверов ¹, Алёна Константиновна Горелкина ²,
Екатерина Сергеевна Михайлова ³, Ирина Вадимовна Тимощук ⁴,
Роман Юрьевич Схаплок ⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

¹ neverov42@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3542-786X>

² alengora@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3782-2521>

³ e_s_mihaylova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0673-0747>

⁴ irina_90978@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1349-2812>

⁵ sibur-roma@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9019-5002>

Аннотация. С каждым годом все острее и острее становится проблема утилизации угольных отходов, что связано с ужесточением экологических стандартов и наращиванием темпов добычи в угольной промышленности. В связи с этим для эффективного управления угольными отходами требуются инновационные разработки и их внедрение в технологии и методы, направленные на обработку, очистку и утилизацию в угольной промышленности. В статье представлена классификация методов обработки сточных вод. Предложен проект установки для очистки шахтных вод угольного разреза с основными техническими элементами, схемой взаимодействия элементов, реализуемыми технологическими решениями и вариантами работы установки. Реализация предложенной установки в угольной промышленности позволяет оценить не только процессы очистки шахтных вод, но и меры, направленные на оптимизацию затраченных ресурсов и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Результаты исследований и технические характеристики предложенной установки обсуждаются в контексте ее применения и выгоды для промышленных предприятий в сфере угольной промышленности. Проект установки очистки шахтных вод угольного разреза может служить основой для реализации экологически устойчивых решений в области обработки вод и повышения экономической эффективности в угольной промышленности.

Ключевые слова: угольные отходы, шахтные воды, экология, водоочистные сооружения, уголь, фильтрация, угольный разрез.

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: Проект установки для очистки шахтных вод угольного разреза / Е.Н. Неверов [и др.]. Ползуновский вестник. 2024. № 1, С. 169–178. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.01.020. EDN: <https://elibrary.ru/VGLWWM>.

Original article

PROJECT OF A COAL MINE WATER TREATMENT PLANT

Evgeny N. Neverov¹, Alyona K. Gorelkina², Ekaterina S. Mikhaylova³,
Irina V. Timoshchuk⁴, Roman Yu. Skhaplok⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

¹ neverov42@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3542-786X>

² alengora@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3782-2521>

³ e_s_mihaylova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0673-0747>

⁴ irina_90978@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1349-2812>

⁵ sibur-roma@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9019-5002>

Abstract. Every year, the problem of coal waste disposal becomes more and more acute, which is associated with stricter environmental standards and an increase in production rates in the coal industry. In this regard, effective management of coal waste requires innovative developments and their implementation in technologies and methods aimed at processing, cleaning and disposal in the coal industry. The article presents a classification of wastewater treatment methods. A draft installation for the treatment of mine waters of a coal mine is proposed with the main technical elements, a scheme of interaction of elements, implemented technological solutions and options for the operation of the installation. The implementation of the proposed installation in the coal industry makes it possible to evaluate not only the processes of mine water purification, but also measures aimed at optimizing the resources spent and reducing the negative impact on the environment. The research results and technical characteristics of the proposed installation are discussed in the context of its application and benefits for industrial enterprises in the field of coal industry. The coal mine water treatment plant project can serve as a basis for implementing environmentally sustainable solutions in the field of water treatment and increasing economic efficiency in the coal industry.

Keywords: Coal waste, mine water, ecology, water treatment plants, coal, filtration, coal mine.

Acknowledgements The research was carried out within the framework of a comprehensive scientific and technical program of a full innovation cycle "Development and implementation of a complex of technologies in the fields of exploration and extraction of minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new products of deep processing from coal raw materials with a consistent reduction of the environmental burden on the environment and risks to the life of the population", approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated 05/11/2022 No.1144-r, with financial support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Agreement No. 075-15-2022-1201 dated 30.09.2022.

For citation: Neverov E.N., Gorelkina A. K., Mikhaylova E. S. Timoshchuk I. V., Skhaplok R. Yu. (2024). Project of a coal mine water treatment plant. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 169-178. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2024.01.020. EDN: <https://elibrary.ru/VGLWWM>.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема управления угольными отходами становится все более актуальной в свете растущего спроса на энергию и ужесточения экологического законодательства, а также с введением в 2023 г. в РФ новых правил управления отходами. Эффективное управление угольными отходами требует разработки и внедрения инновационных технологий и методов, направленных на их обработку, очистку и утилизацию [1].

В рассматриваемом контексте особое внимание уделяется проблеме очистки карьерных вод, в силу их потенциального содержания разнообразных загрязнителей, таких как

суспендированные твердые частицы, нефтепродукты, тяжелые металлы и прочие вещества, которые представляют угрозу, как для экосистем, так и для человеческого здоровья в случае попадания в окружающую среду.

Процесс очистки таких водных ресурсов становится сложным ввиду необычного состава загрязняющих веществ, которые могут иметь как более высокую, так и более низкую плотность по сравнению с водой [2].

На сегодняшний день одним из распространенных методов очистки воды является ее отстаивание в специальных прудах-отстойниках. Процесс отстаивания в спокойной воде обычно ведет к медленному очищению и

осветлению, однако часто не достигает требуемых стандартов очистки [3].

Степень очистки карьерных вод определяется в соответствии с их предполагаемым назначением. В одних случаях требуется приближение характеристик качества воды к стандартам питьевой, тогда как в других случаях, например, для использования в транспортировке породы, требования к качеству могут быть менее строгими.

Особенно высокие стандарты устанавливаются для воды, используемой в системах пылеподавления, поскольку она не должна содержать взвешенных веществ, а образующиеся в результате этого процесса аэрозольные смеси не должны быть токсичными [4].

Согласно действующим стандартам и санитарным нормам, шахтные и карьерные воды не могут рекомендоваться в качестве источника питьевой или бытовой воды. В угольной промышленности расход воды на технические нужды может составлять от 15 % до 30 % от общего объема попутно забираемых вод, а остаток используется на смежных предприятиях других отраслей или сбрасывается в гидрографическую сеть. Обогащительные фабрики, шахты и разрезы являются основными потребителями карьерных вод. Их свойства и состав обычно схожи, что расширяет область их возможного использования.

После соответствующей подготовки карьерные и шахтные воды могут быть также направлены в естественные водоемы. Список загрязнений в шахтных водах определяет методы, приемы и технологические процессы, используемые при их очистке [5].

Целью работы является анализ методов обработки сточных вод и разработка проекта установки для очистки шахтных вод угольного разреза, а также методики опытно-промышленных испытаний различных технологий очистки шахтных вод в условиях угольного разреза.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Методы обработки сточных вод зависят от их физико-химических свойств, технических особенностей и климатических условий месторождения. В большинстве случаев применение одного метода очистки недостаточно эффективно, поэтому в технологической схеме обработки воды часто используются комбинации различных методов - механические, физико-химические, химические и другие. Только таким образом можно добиться высокой степени очистки. Выбор определенной схемы обработки должен предшествовать технико-экономическому анализу нескольких альтернатив

с учетом охраны окружающей среды и экологической экспертизы проекта. Классификация методов обработки сточных вод представлена на рисунке 1 [6].

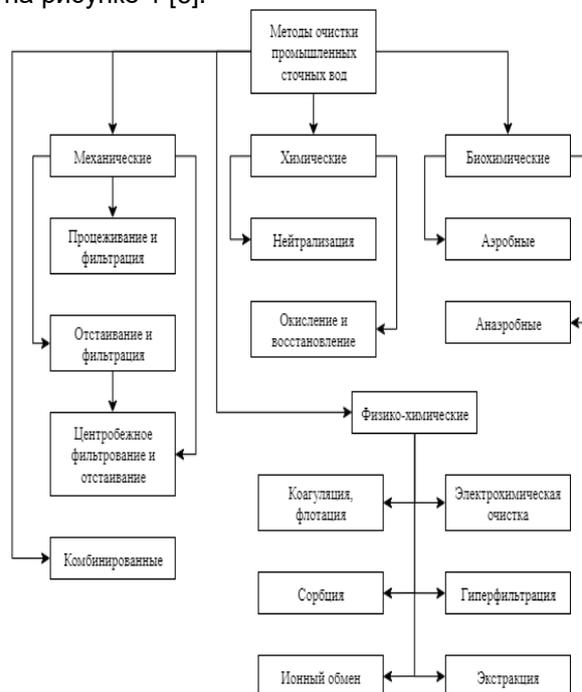


Рисунок 1 – Классификация методов очистки воды

Figure 1 – Classification of water purification methods

Как правило, для очистки вод обогащительных фабрик обычно применяют механические, химические, физические и биологические методы, при чем, данные методы, как правило, комбинируют [7].

К механическим методам относится:

- Процеживание и фильтрация;
- Отстаивание и фильтрация;
- Центробежное фильтрование и отстаивание;

К комбинированным методам:

- Комбинированные;

К химическим методам:

- Нейтрализация;
- Окисление и восстановление

К биохимическим методам:

- Аэробные;
- Анаэробные;

К физико-химическим:

- Коагуляция и флотация;
- Электрохимическая очистка;
- Сорбция;
- Гиперфильтрация;
- Ионный обмен;
- Экстракция.

Процеживание и фильтрация представляют собой механические методы разделения смесей на основе различий в размерах частиц. Процеживание используется для разделения твердых частиц от жидкости или других твердых частиц посредством сетки или перфорированного материала, где крупные частицы задерживаются, а жидкость или мелкие частицы проходят через отверстия [8].

Отстаивание является методом, основанном на различии в плотности компонентов смеси. При отстаивании смесь оставляют в покое на определенный период времени, позволяя более тяжелым частицам или компонентам осесть на дно сосуда. Затем чистую фазу (жидкость или газ) снимают, оставляя осадок [9].

Центробежное фильтрование и отстаивание основаны на использовании центробежных сил для ускорения процесса разделения. При центробежном фильтровании смесь помещается в центрифугу, где под воздействием высоких скоростей вращения происходит разделение компонентов. Тяжелые частицы оседают на стенках центрифуги, а чистая фаза отделяется и выводится [9,10].

Комбинированные методы включают в себя сочетание нескольких механических методов разделения для повышения эффективности и точности процесса. Например, можно сочетать процеживание с фильтрацией для удаления как крупных, так и мелких частиц из смеси. Или же можно применять отстаивание перед фильтрацией для предварительной очистки смеси от крупных осадков, что улучшает производительность фильтрации. Эти комбинированные методы находят широкое применение в различных отраслях, где требуется высокая степень разделения смесей [10].

Нейтрализация является химическим методом обработки, направленным на изменение pH или химического состава реагентов для достижения нейтрального или стабильного состояния. Этот процесс часто применяется для обработки отходов, в которых присутствуют кислоты или щелочи, путем добавления реагентов, способных нейтрализовать опасные вещества и сделать отходы безопасными для дальнейшей обработки или выгрузки.

Окисление и восстановление представляют собой химические методы, основанные на изменении окислительного состояния атомов веществ. Окисление включает передачу электронов от одного вещества к другому, что приводит к увеличению степени окисления одного вещества и уменьшению другого. Восстановление, наоборот, включает передачу электронов веществом с низкой степенью окисле-

ния, что приводит к уменьшению степени окисления этого вещества [11].

Аэробные биохимические методы основаны на использовании кислорода в процессах разложения органических веществ микроорганизмами.

Анаэробные биохимические методы, напротив, происходят в отсутствие кислорода и включают разложение органических веществ микроорганизмами с образованием метана и углекислого газа [11].

Коагуляция и флотация - это физико-химические методы обработки, применяемые для удаления взвешенных частиц из жидкости. Процесс коагуляции включает добавление коагулянтов, которые способствуют слипанию мелких частиц в большие агрегаты, облегчая их отделение от жидкости. Флотация, с другой стороны, основана на применении пузырьков газа, обычно воздуха, чтобы прикрепиться к частицам загрязнителя и поднять их на поверхность жидкости, где они могут быть удалены [12].

Электрохимическая очистка - это метод, включающий использование электрического тока для удаления загрязнений из жидкости или газа. Этот процесс может включать электролиз, электрокоагуляцию или электрофлотацию, где электрические поля приводят к разложению загрязнителей или изменению их физико-химических свойств, облегчая их удаление [13].

Сорбция - это процесс, при котором загрязнители адсорбируются на поверхности твердого материала, называемого сорбентом [14].

Гиперфильтрация - это метод фильтрации, основанный на использовании мембран, которые позволяют проходить только определенным частицам или молекулам. Гиперфильтрация обеспечивает высокую степень очистки жидкостей за счет выборочного разделения компонентов на основе их размеров или химических свойств.

Ионный обмен - это процесс, в котором ионы в растворе заменяются ионами сорбента. Этот метод используется для удаления ионов из растворов и очистки воды от различных загрязнителей, включая металлы и другие ионы [15].

Экстракция - это метод, при котором целевые компоненты переносятся из одной фазы в другую с использованием специальных растворителей или экстрагентов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На следующем этапе работы, с учетом современных методов очистки воды разработаны технологические схемы опытно-промышленной установки очистки шахтных вод, они разделены на 4 секции и представлены на рисунках 2 - 5.

ПРОЕКТ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

В первой секции исходная вода подается из пруда-накопителя с помощью погружного насоса поз. ПН, проходит через гидроциклон поз. ГД, который производит механическую очистку от примесей, далее через дисковый фильтр поз. ФД, вода поступает в емкость с электромешалкой поз. Е1, откуда насосом поз. Н1 подается на блок реагентной обработки.

На стадии реагентной обработки из исходной воды удаляются взвешенные вещества и, частично, тяжелые металлы, находящиеся как в коллоидной, так и в растворимой формах.

Технология реагентного осветления предполагает последовательное введение в поток очищаемой воды коагулянта на основе оксида алюминия, что приводит к выпадению из коллоидного раствора осадка, гидроксида натрия

до pH=8,0-8,5 для интенсификации процесса коагуляции и флокулянта для ускорения хлопьеобразования и улучшения седиментационных свойств образующегося осадка.

В первой секции предлагаемой схемы предусмотрен подогрев части потока исходной воды (10-20 % от номинальной производительности). Подогрев воды осуществляется в проточном электроводонагревателе поз. ЭВН.

В трубопровод подогретой части потока впрыскивающим насосом поз. Нд1 дозируется 6 % (по Al_2O_3). С целью увеличения времени и площади контакта воды с раствором коагулянта после точки впрыска на трубопроводе смонтирован статический смеситель поз. 1СТ1. Приготовление рабочего раствора коагулянта осуществляется в емкость с мешалкой поз. Ед1.

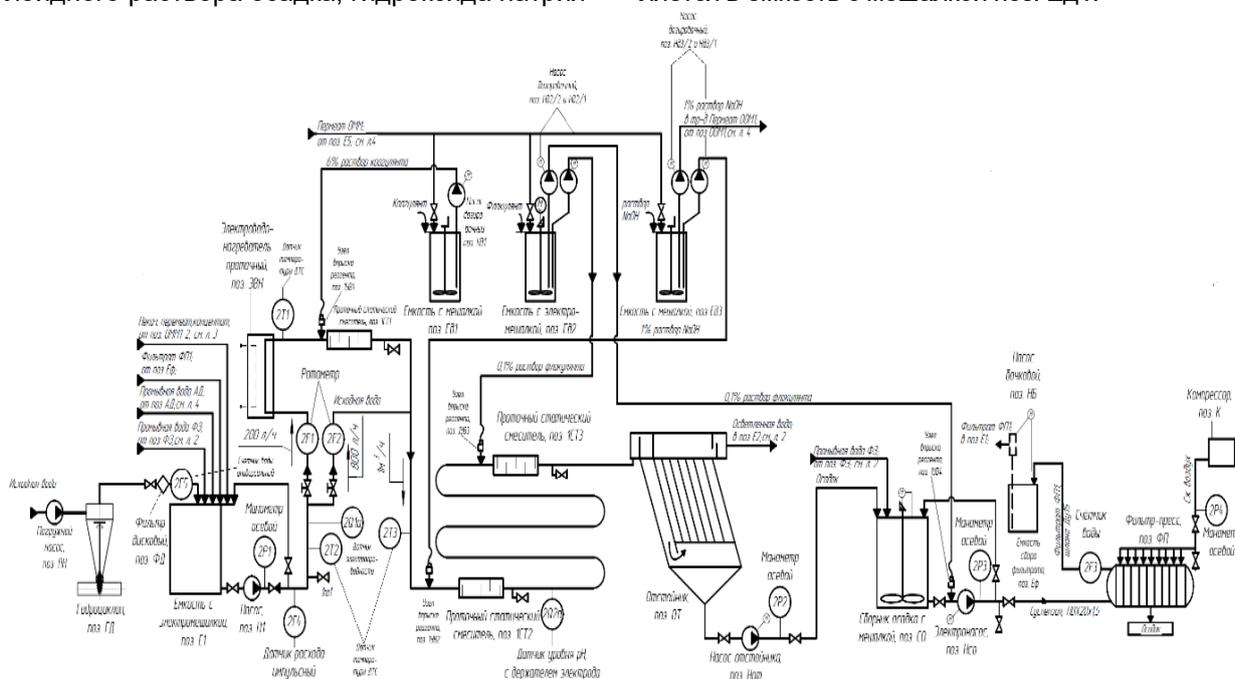


Рисунок 2 – Первая секция схемы установки для очистки шахтных вод угольного разреза

Figure 2 – The first section of the scheme of the installation for the treatment of mine waters of a coal mine

Дозирование 1 % раствора гидроксида натрия осуществляется впрыскивающим насосом поз. Нд3/1 в поток перед трубчатым флокулятором. После точки впрыска на трубопроводе смонтирован статический смеситель поз. 1СТ2. Приготовление рабочего раствора гидроксида натрия осуществляется в емкости с мешалкой, поз. Ед3. Дозирование осуществляется пропорционально показаниям датчика pH.

Ввод 0,1 % раствора флокулянта осуществляется дозирующим насосом в поток перед входом в отстойник. После точки впрыска на трубопроводе смонтирован статический смеситель поз. 1СТ3. Приготовление рабочего раствора флокулянта осуществляется в емкости с электромешалкой поз. Ед2.

Обработанная реагентами вода поступает в тонкослойный отстойник поз. ОТ, где происходит окончательное формирование хлопьев осадка и их осаждение.

Периодически образовавшийся осадок из отстойника перекачивается в сборник осадка поз. СО, с помощью насоса поз. Нот. В сборник осадка также направляется промывная вода с зернистого фильтра.

В первой секции схемы изображенной на рисунке 2, можно наблюдать, что суспензия из сборника осадка с помощью электронасоса поз. Нсо направляется на камерно-мембранный фильтр-пресс поз. ФП1. Предварительно на всасывание электронасоса поз. Нсо подается раствор флокулянта из емкости поз. Ед2

дозировующим насосом поз. Нд2/2 для интенсификации процесса обезвоживания суспензии в фильтр-прессе.

Фильтрат (осветленная вода) после фильтр-пресса поз. ФП, направляется в емкость исходной воды поз. Е1, а обезвоженный осадок на утилизацию.

Далее на рисунке 3 показана вторая секция схемы установки по очистке шахтных вод из которой следует, что осветленная вода после отстойника собирается в накопительной емкости поз. Е2 и далее насосом поз. Н2 подается на зернистый фильтр поз. Ф3. В зернистом фильтре применяется двухслойная загрузка из гидроантрацита и кварцевого песка.

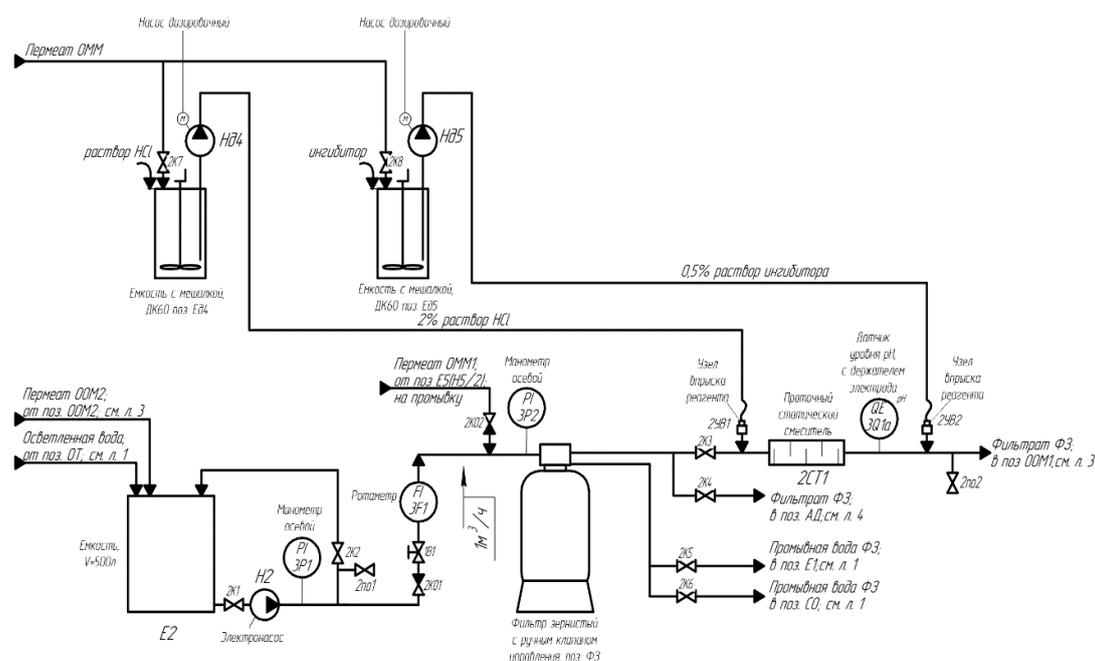


Рисунок 3 – Вторая секция схемы установки для очистки шахтных вод угольного разреза

Figure 3 – The second section of the scheme of the installation for the treatment of mine waters of a coal mine

Убывающая крупность зерен двухслойной загрузки обеспечивает увеличение грязеемкости фильтра и, соответственно, снижение расходов промывной воды на собственные нужды.

После окончания рабочего цикла проводится регенерация зернистого фильтра. Регенерация фильтрующей загрузки производится обратноточной промывкой обессоленной водой с помощью насоса поз. Н5/2, который изображен на рисунке 5.

Предусмотрено деление потока загрязненной промывной воды после зернистого фильтра по времени. Первая порция промывной воды (1/3), несущая основное количество загрязнений, направляется в сборник осадка поз. СО. Оставшаяся часть промывной воды (2/3) направляется в емкость исходной воды поз. Е1.

На рисунке 4, показана третья секция схемы установки, на ней изображена следующая часть схемы очистки воды, в которой очищенная от механических примесей вода после зернистого фильтра подается на блок обрат-

ного осмоса 1-й ступени. В процессе обратного осмоса происходит очистка воды от растворенных солей, при этом исходный поток делится на две части: пермеат (обессоленную воду) и концентрат – поток, обогащенный солями и загрязнениями.

Перед обратным осмосом в воду дозируются 2 % соляная кислота насосом поз. Нд4 до рН 6,0-7,0 и 0,5 % раствор ингибитора насосом поз. Нд5. После точки впрыска кислоты на трубопроводе смонтирован статический смеситель поз. 2СТ1. Приготовление рабочего раствора соляной кислоты осуществляется в емкости поз. Ед4. Дозирование осуществляется пропорционально показаниям датчика рН. Приготовление рабочего раствора ингибитора осуществляется в емкости поз. Ед5.

Установка обратного осмоса 1-й ступени поз. ООМ1 включает в себя:

- фильтр барьерный поз. ФБ1 с рейтингом фильтрации 5 мкм для тонкой очистки от взвешенных частиц;
- высоконапорный центробежный насос

ПРОЕКТ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

поз. НЗ/1 для создания необходимого рабочего давления в мембранных аппаратах;

- аппараты мембранные поз. А1/1-А1/4, в каждом из которых размещается один обратноосмотический мембранный элемент.

Пермеат 1-й ступени обратного осмоса с расходом 750 л/ч поступает в накопительную

емкость поз. Е5.

Концентрат 1-й ступени с расходом 250 л/ч поступает в емкость поз. Е4 и далее насосом поз. Н4 подается на 2-ю ступень обратного осмоса для доконцентрирования (снижения объема).

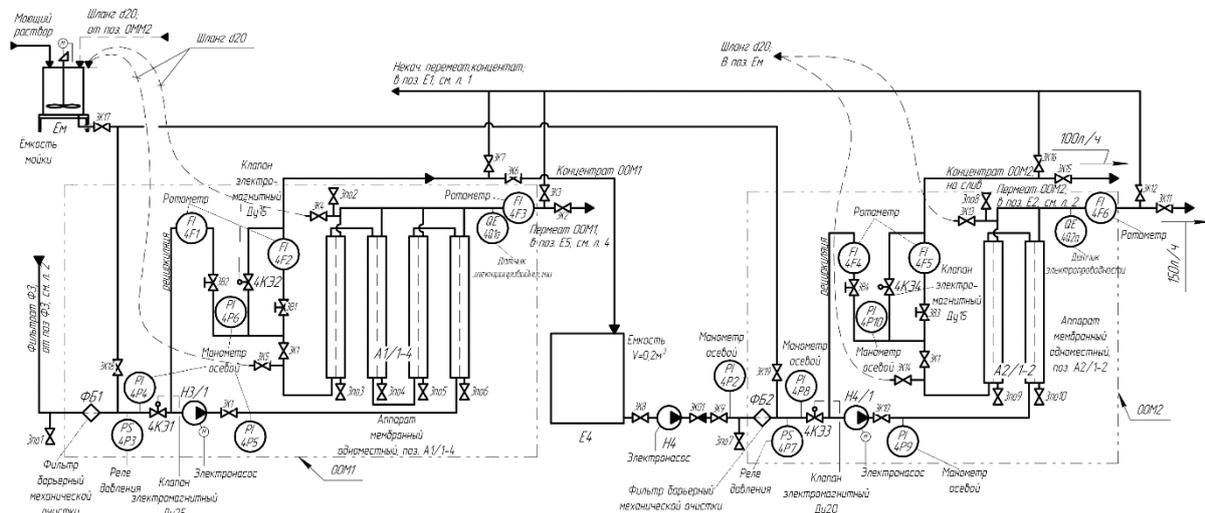


Рисунок 4 – Третья секция схемы установки для очистки шахтных вод угольного разреза

Figure 4 – The third section of the scheme of the installation for the treatment of mine waters of a coal mine

Установка обратного осмоса 2-й ступени поз. ООМ2 включает в себя:

- фильтр барьерный поз. ФБ2 с рейтингом фильтрации 5 мкм для тонкой очистки от взвешенных частиц;

- высоконапорный центробежный насос поз. Н4/1 для создания необходимого рабочего давления в мембранных аппаратах;

- аппараты мембранные поз. А2/1, А2/2, в каждом из которых размещается один обратноосмотический мембранный элемент.

Пермеат 2-й ступени обратного осмоса с расходом 150 л/ч поступает в накопительную емкость поз. Е2.

Концентрат 2-й ступени с расходом 100 л/ч направляется на слив в канализацию.

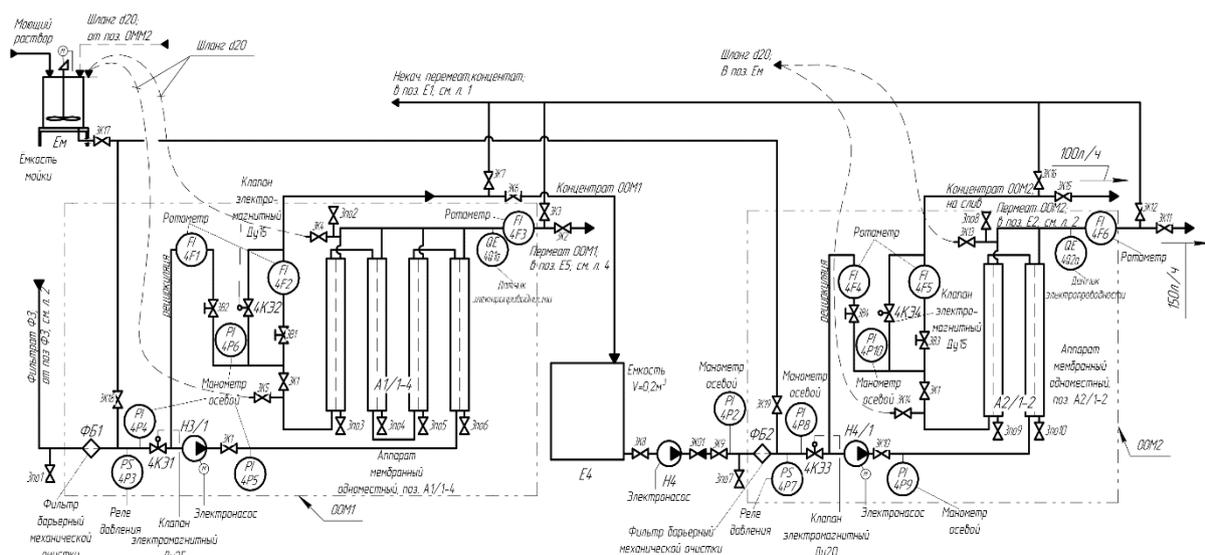


Рисунок 5 – Четвёртая секция схемы установки для очистки шахтных вод угольного разреза

Figure 5 – The fourth section of the scheme of the installation for the treatment of mine waters of a coal mine

В заключительной четвёртой секции, изображённой на рисунке 5, в поток пермеата 1-й ступени обратного осмоса перед накопительной емкостью поз. Е5 дозируется 1 % раствор гидроксида натрия с целью корректировки рН до 6,0-8,0.

Обессоленная вода из емкости поз. Е5 с помощью насоса поз. Н5/1 подается на фильтр адсорбер поз. АД1. Вода подается через нижний штуцер в нижнюю часть корпуса адсорбера, откуда восходящим потоком поднимаются вверх. Гранулы адсорбента подаются из загрузочного бункера, через лопастную питатель. Очищенная вода собирается в кольцевом приёмнике и отводится из адсорбера через верхний патрубок.

Очищенная вода на выходе установки проходит через ультрафиолетовый стерилизатор поз. УФС, где происходит ее финишное обеззараживание.

На рисунке 6 представлена часть оборудования установки для очистки сточных вод и проведения исследований на экспериментальной площадке предприятий открытой добычи угля для апробации следующих ступеней очистки: реагентная обработка, отстаивание, напорная фильтрация, обработка и обезвоживание осадка, адсорбция, мембранная очистка, безреагентное обеззараживание воды с получением очищенной воды, соответствующей требованиям на сброс в водоем рыбохозяйственного назначения.



Рисунок 6 – Оборудование установки для очистки шахтных вод, установленное в блок-контейнере

Figure 6 – Equipment of the mine water treatment plant installed in a block container

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлена классификация и сделан анализ методов обработки сточных вод, часть предложенных методов нашла применение в

проекте установки для очистки шахтных вод угольного разреза. В проект установки для очистки шахтных вод угольного разреза включена технологическая схема с основными техническими элементами, схемой взаимодействия элементов, реализуемыми технологическими решениями и вариантами работы установки. Мобильность и гибкость работы установки, с возможностью изменения схемы и последовательности очистки шахтных вод, способствует ее адаптации к разнообразным условиям и требованиям. Для дальнейшего совершенствования процесса очистки и расширения области ее применения рекомендуется более детальное изучение установки и проведение экспериментов на различных предприятиях угольной промышленности, включающих не только очистку шахтных вод, но и применение в тех сферах, где очистка воды является актуальной проблемой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неверов, Е. Н. Анализ современных методов и технологий промышленной водоочистки / Е. Н. Неверов, А. К. Горелкина, Р. Ю. Схаплок // Ползуновский вестник. 2023. № 3. С. 215-225. DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.30.
2. Исследование динамики адсорбции трихлорэтилена (ТХЭ) на активных углях / А. К. Горелкина, Т. А. Краснова, И. В. Тимощук [и др.]. // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23, № 9. С. 30-35. DOI 10.18412/1816-0395-2019-9-30-35. EDN ZHAXSD.
3. Очистка сточных вод угледобывающих предприятий / А. К. Горелкина, Е. С. Михайлова, И. В. Тимощук [и др.] // Уголь. 2023. № S12(1175). С. 63-66. DOI 10.18796/0041-5790-2023-S12-63-66.
4. Оценка эффективности очистки сточных вод угледобывающего предприятия и ее влияние на загрязнение малых рек / Л. А. Иванова, Н. С. Голубева, И. В. Тимощук [и др.] // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27, № 1. С. 60-65. DOI 10.18412/1816-0395-2023-1-60-65.
5. Просеков, А. Ю. К вопросу об использовании отходов от водообессоливающих ионообменных установок электростанций / А. Ю. Просеков, И. В. Тимощук, А. К. Горелкина // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 127-132. DOI 10.25750/1995-4301-2021-4-127-132.
6. Михайлова, Е. С. Методология построения патентных ландшафтов на примере очистки сточных вод угледобывающих предприятий / Е. С. Михайлова, И. В. Тимощук, А. К. Горелкина // Уголь. 2023. № 10(1172). С. 28-35. DOI 10.18796/0041-5790-2023-10-28-35.
7. Сравнительная оценка содержания загрязняющих примесей в карьерных сточных водах угольных предприятий Кузбасса / А. Ю. Просеков, И. В. Тимощук, А. К. Горелкина [и др.] // Уголь. 2023. № 4(1166). С. 69-73. DOI 10.18796/0041-5790-2023-4-69-73.

8. Техногенная нагрузка на водные ресурсы угледобывающих регионов / А. К. Горелкина, Е. С. Михайлова, И. В. Тимошук [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2023. № 8. С. 26-32. DOI 10.24000/0409-2961-2023-8-26-32.

9. Способы снижения воздействия горнодобывающей отрасли на водные экосистемы / А. К. Горелкина, И. В. Тимошук, Н. С. Голубева [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 7. С. 64-75. DOI 10.25018/0236_1493_2023_7_0_64.

10. Анализ процесса выщелачивания вскрышных пород как дополнительного источника поступления некоторых ионов в карьерные сточные воды / О. В. Беляева, Н. В. Гора, А. К. Горелкина [и др.] // Экология промышленного производства. 2023. № 3(123). С. 33-36. DOI 10.52190/2073-2589_2023_3_33.

11. Когановский А.М, Кульский Л.А., Сотникова Е.В. Очистка промышленных сточных вод / Под ред. В.Л. Шмарук. М. : Техника, 1974. С. 257.

12. Очистка хозяйственно-бытовых сточных вод на компактных установках / Ф.А. Афанасьева, А.П. Иванов, А.Е. Ловцов // Водоснабжение и санитарная техника. 2003. № 11. С. 34–39

13. Бузин И.С. "Современные методы очистки сточных вод" // MSULab. URL : <https://www.msulab.ru/knowledge/water/sovremennye-metody-ochistki-stochnykh-vod/> (дата обращения: 26.03.2023).

14. Major Wastewater Pollutants in Coal Mining / L. A. Ivanova, O. V. Salishcheva, I. V. Timoshchuk [et al.] // Coke and Chemistry. 2023. Vol. 66, No. 4. P. 227-231. DOI 10.3103/S1068364X23700722.

15. Influence of the Properties and Concentration of Pollutants in Wastewater on the Choice of Methods and Technologies of Industrial Water Treatment: A Systematic Review / E. Neverov, A. Gorelkina, I. Korotkiy, R. Skhaplok // Advancements in Life Sciences. 2023. Vol. 10, No. 3. P. 341-349.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Е. Н. Неверов – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой техносферной безопасности Кемеровского государственного университета.

А. К. Горелкина – доктор технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности Кемеровского государственного университета.

Е. С. Михайлова – кандидат химических наук, доцент кафедры техносферной безопасности, начальник управления по реализации КНТП, зав. лабораторией "Молодежная лаборатория фундаментальных исследований физико-химических методов очистки воды" Кемеровского государственного университета.

И. В. Тимошук – доктор технических

наук, профессор кафедры техносферной безопасности Кемеровского государственного университета.

Р. Ю. Схаплок – магистрант, лаборант-исследователь "Молодежной лаборатории фундаментальных исследований физико-химических методов очистки воды" Кемеровского государственного университета.

REFERENCES

1. Neverov, E.N., Gorelkina, A.K., & Skhaplok, R.Yu. (2023). Analysis of modern methods and technologies of industrial water treatment. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 215-225. (In Russ.). DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.03.30.

2. Gorelkina, A.K., Krasnova, T.A., Tymoshchuk, I.V., Gora, N.V., & Golubeva, N.S. (2019). Study of the Dynamics of the Adsorption of Trichloroethylene (TCE) on Active Carbons. *Ecology and Industry of Russia*, 23(9). 30-35. (In Russ.). DOI 10.18412/1816-0395-2019-9-30-35. – EDN ZHAXSD.

3. Gorelkina, A.K., Mikhaylova, E.S., Tymoshchuk, I.V., Ivanova, L.A., & Neverov, E.N. (2023). Wastewater treatment of coal mining enterprises. *Ugol*, S12(1175). 63-66 (In Russ.). DOI 10.18796/0041-5790-2023-S12-63-66.

4. Ivanova, L.A., Golubeva, N.S., Tymoshchuk, I.V., Gorelkina, A.K., Prosekov, A.Yu., Sapurin, Z.P., & Medvedev, A.V. (2023). Evaluation of the Efficiency of Wastewater Treatment of a Coal Mining Enterprise and its Impact on the Pollution of Small Rivers. *Ecology and Industry of Russia*, 27(1). 60-65. (In Russ.). DOI 10.18412/1816-0395-2023-1-60-65.

5. Prosekov, A.Yu., Tymoshchuk, I.V., & Gorelkina, A.K. (2021) On the issue of the use of waste from water desalting ion exchange units of power plants. *Theoretical and Applied Ecology*, (4). 127-132. (In Russ.). DOI 10.25750/1995-4301-2021-4-127-132.

6. Mikhaylova, E.S., Tymoshchuk, I.V., & Gorelkina, A.K. (2023). Methodology for constructing patent landscapes on the example of wastewater treatment of coal mining enterprises. *Ugol*, 10(1172). 28-35. (In Russ.). DOI 10.18796/0041-5790-2023-10-28-35.

7. Prosekov, A.Yu., Tymoshchuk, I.V. Gorelkina, A.K., Mikhaylova, E.S., Golubeva, N.S., & Ivanova, L.A. (2023). Comparative assessment of the content of pollutants in quarry wastewater of Kuzbass coal enterprises. *Ugol*, 4(1166). 69-73. (In Russ.). DOI 10.18796/0041-5790-2023-4-69-73.

8. Gorelkina, A.K., Mikhaylova, E.S., Tymoshchuk, I.V., Ivanova, L.A., & Utrobina, T.A. (2023). Technogenic load on water resources of coal-mining regions. *Occupational safety in industry*, (8). 26-32. (In Russ.). DOI 10.24000/0409-2961-2023-8-26-32.

9. Gorelkina, A.K., Tymoshchuk, I.V., Golubeva, N.S., Belyaeva, O.V., & Mikhaylova, E.S., (2023). Reduction of impact of mining on water ecosystems. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* (7). 64-75. (In Russ.). DOI 10.25018/0236_1493_2023_7_0_64.

10. Belyaeva, O.V., Gora, N.V., Gorelkina, A.K., Golubeva, N.S., & Ivanova, L.A. (2023). Analysis of the leaching process of overburden rocks as an additional

source of some ions entering quarry wastewater. *Ecology of industrial production*. 3(123), 33-36. (In Russ.). DOI 10.52190/2073-2589_2023_3_33.

11. Afanasieva, A.F., Ivanov, A.P., & Lovtsov, A.E. (2003). Purification of domestic wastewater in compact installations. *Water supply and sanitary engineering*. (11), 34-39 (In Russ.).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

E. N. Neverov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technosphere Safety of Kemerovo State University.

A. K. Gorelkina – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technosphere Safety of Kemerovo State University.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 26 июня 2023; одобрена после рецензирования 29 февраля 2024; принята к публикации 05 марта 2024.

The article was received by the editorial board on 26 June 2023; approved after editing on 29 Feb 2024; accepted for publication on 05 Mar 2024.

E. S. Mikhaylova – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety, Head of the Department for the implementation of the CSTP, Head. the laboratory "Youth Laboratory of Fundamental research of physico-chemical methods of water purification" of Kemerovo State University.

I. V. Timoshchuk – is a Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technosphere Safety at Kemerovo State University.

R. Yu. Skhaplok – Master's student, laboratory researcher at the Youth Laboratory for Fundamental Research of Physical and Chemical Methods of Water Purification at Kemerovo State University.