

Строитель Донбасса. 2024. Выпуск 4-2024. С. 52 -59. ISSN 2617-1848 (print)

The Builder of Donbass. 2024. Issue 4-2024. P. 52 -59. ISSN 2617-1848 (print)

Научная статья

УДК 504.062 : 628.387

doi: 10.71536/sd.2024.4c29.7

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАХТНЫХ ВОД В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Екатерина Леонидовна Головатенко¹; Татьяна Ивановна Савенкова²; Виктория Александровна Иванченко³

^{1,2}ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», ДНР, Макеевка, Россия

³ГУ «Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности», ДНР, Макеевка, Россия

¹golovatenko87@yandex.ru, ²t.i.savenkova@donnasa.ru, ³viktoriya.ivanchenko.86@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена экологическая проблема шахтных вод угледобывающих регионов, которая на протяжении многих лет остается актуальной. Шахтные воды формируются за счет подземных и поверхностных вод, проникающих в горные выработки. В гидрологическую сеть поступает от 3 до 10 м³ шахтных вод на одну тонну добытого угля. Постоянный переход горных работ на более глубокие горизонты и усложнение при этом гидрогеологических условий приводят к дальнейшему увеличению объемов и загрязненности попутно откачиваемых вод различными веществами, а также истощению подземных водоносных горизонтов, в том числе насыщенных чистой питьевой водой. В процессе добычи угля образуются большие объемы шахтных вод в Донецком регионе, которые составляют более 300 млн м³/год, а использование их на нужды угольных предприятий составляет 13-15 % от всего объема. Проанализированы научные исследования и разработки в области рационального использования водных ресурсов: применения шахтных вод в качестве альтернативных источников водоснабжения, ввиду острого дефицита пресных вод; разработки новых и совершенствование существующих методов очистки шахтных вод от загрязняющих веществ, в частности взвешенных веществ и минеральных солей; модернизации очистных сооружений и внедрение новых и эффективных технологий. Предложен способ использования очищенных шахтных вод для технологических нужд вакуум-насосных станций. Составлен план выполнения исследований по совершенствованию способа умягчения шахтных вод для вакуум-насосных установок.

Ключевые слова: шахтные воды, загрязнение, схемы очистки, повторное использование, оборотные циклы, вакуум-насосные станции, карбонатные отходы

Original article

PROBLEMS OF USING MINE WATER IN TECHNOLOGICAL PROCESSES OF COAL MINING ENTERPRISES TO REDUCE IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Ekaterina L. Golovatenko¹; Tatyana I. Savenkova²; Victoriya A. Ivanchenko³

^{1,2}Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia

³State Institution "Makeyevka Research Institute for Safety of Works in the Mining Industry", DPR, Makeevka, Russia

¹golovatenko87@yandex.ru, ²t.i.savenkova@donnasa.ru, ³viktoriya.ivanchenko.86@mail.ru

Abstract. The article considers the environmental problem of mine waters in coal mining regions, which has remained relevant for many years. Mine waters are formed due to underground and surface waters penetrating into mine workings. From 3 to 10 m³ of mine waters per ton of mined coal enters the hydrological network. The constant transition of mining operations to deeper horizons and the complication of hydrogeological conditions lead to a further increase in the volume and pollution of associated pumped waters with various substances, as well as the depletion of underground aquifers, including those saturated with clean drinking water. In the process of coal mining, large volumes of mine waters are formed in the Donetsk region, which is more than 300 million m³ / year, and

© Головатенко Е. Л., Савенкова Т. И., Иванченко В. А., 2024



*Головатенко
Екатерина Леонидовна*



*Савенкова
Татьяна Ивановна*



*Иванченко
Виктория Александровна*

their use for the needs of coal enterprises is 13-15 % of the total volume. The article analyzes scientific research and developments in the field of rational use of water resources: the use of mine water as an alternative source of water supply, due to an acute shortage of fresh water; the development of new and improvement of existing methods for cleaning mine water from pollutants, in particular suspended matter and mineral salts; modernization of treatment facilities and the introduction of new and effective technologies. A method for using purified mine water for the technological needs of vacuum pumping stations is proposed. A plan for the implementation of research to improve the method of softening mine water for vacuum pumping units is drawn up.

Keywords: mine water, pollution, cleaning schemes, reuse, recirculation cycles, vacuum pumping stations, carbonate waste

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Суммарный сброс шахтных вод, поступающих от угольных бассейнов и месторождений России, составляет более 450 млн м³/год, из которых около 12 % используется на производственные нужды угольных предприятий, при этом 80 % относятся к категории загрязненных [1]. При этом в Донецком регионе сброс шахтных вод составляет более 300 млн м³/год с учетом шахтных вод, откачиваемых из закрытых шахт. Из этого объема лишь 13-15 % используются на собственные нужды угольных предприятий. Остальное количество недостаточно очищенных шахтных вод безвозвратно сбрасывается в гидрографическую сеть региона, дестабилизируя (совместно со сточными водами других отраслей народного хозяйства) ее равновесие [2]. Например, на действующих шахтах Донецкого региона «Шахта «Калиновская-Восточная» и «Холодная балка» приток в горные выработки шахты, согласно отчету 2-ТП (водхоз), в 2023 году составил суммарно около 66 млн м³/год. Из этого количества поступившей шахтной воды на производственные нужды израсходовали только 1 % от общего объема. На ликвидированной шахте им. М. Горького приток шахтной воды составил около 6 млн м³/год, а на производственные нужды вода не используется [3].

Угольные предприятия откачивают на поверхность значительные объемы воды в процессе эксплуатации, а также и после их закрытия для обеспечения гидравлической безопасности соседних шахт и предотвращения экологического ущерба. Шахтные воды могут быть использованы в качестве дополнительных источников водоснабжения для промышленных целей, учитывая их химический состав.

Качественный состав шахтных вод разнообразен и существенно изменяется по угольным бассейнам, месторождениям и районам. Откачиваемые шахтные воды загрязняются взвешенными веществами и механическими примесями, концентрация твердых механических примесей колеблется (мелкие частицы угля и породы с концентрацией в пределах 4-6 г/дм³); растворенными минеральными веществами (главным образом хлориды и сульфаты с концентрацией от 1 до 5 г/дм³, иногда от 10 до 80 г/дм³); солями тяжелых металлов; органическими примесями (нефтепродукты, фенолы); бактериальными примесями [4]. Поэтому перед сбросом в водные объекты шахтные воды подвергаются очистке для приведения их к нормативным значениям для хозяйственно-питьево-

го водопользования [СанПиН 2.1.3685-21]. В настоящее время распространенной схемой очистки шахтных вод на многих угольных предприятиях является отстаивание в локальных сооружениях (в основном это горизонтальные отстойники), обеззараживание и в некоторых случаях осветление в прудах-отстойниках, после чего происходит сброс в водный объект. Такая схема позволяет незначительно снизить содержание взвешенных веществ (на 11 %), минерализацию (на 10 %) и бактериальные показатели, поэтому качество водных объектов региона по некоторым показателям не соответствует требованиям либо в пределах нормативов, установленных для водных объектов коммунально-бытового водопользования (таблица 1) [5].

Сброс недостаточно очищенных шахтных вод в наземную гидрографическую сеть вызывает неблагоприятные экологические последствия: заиливание, засоление и закисление водоемов; нарушение условий существования гидробиоты; изменение качественных и количественных показателей воды; изменение органолептических свойств воды [7].

Анализ проведенных исследований показал, что возможность и объем использования шахтных вод определяются: наличием потребителей неочищенной и очищенной шахтной воды и их потребностью в воде; требованиями этих потребителей к качеству воды; притоком и физико-химическим составом шахтных вод; технической возможностью и стоимостью очистки шахтных вод до требуемых показателей.

В связи с нерациональным потреблением воды, дефицитом пресной воды для населения и предприятий, а также экологически небезопасным отведением шахтных вод в поверхностные водные объекты, практической ценностью является возможность повторного использования шахтных вод для технических нужд разных отраслей промышленности.

Таблица 1.

Среднегодовые концентрации химических и бактериологических веществ (мг/дм³) в откачиваемых шахтных водах до отстойника и после пруда [5, 6]

| Наименование вещества | До отстойника | После пруда | ПДК для водоемов коммунально-бытового водопользования |
|-----------------------------------|---------------|-------------|---|
| Взвешенные вещества | 45 | 40 | +0,75 к фоновому содержанию |
| БПК _{пол.} | 5,3 | 2,8 | 4,5 |
| Азот аммонийный | 0,3 | 0,15 | 2 |
| Нитриты | 0,04 | 0,28 | 3 |
| Нитраты | 1,4 | 1,1 | 10 |
| Железо | 0,3 | 0,2 | 0,2 |
| Нефтепродукты | н/о | н/о | 0,3 |
| ХПК | 6,75 | 4,8 | 15 |
| Хлориды | 301 | 253 | 350 |
| Сульфаты | 613 | 480 | 500 |
| Фенолы | 0,002 | 0,001 | 0,001 |
| Фосфаты | н/о | н/о | 1 |
| Сухой остаток | 1608 | 1436 | 1500 |
| Индекс - ЛКП | 9800 | | отс. |
| Коли – индекс, кл/дм ³ | | 4867 | 3000 |
| Коли - фаги | н/о | н/о | отс. |

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Проблемой шахтных вод и исследованием их повторного использования занимались следующие ученые: Долина Л. Ф., Высоцкий С. П., Гулько С. Е., Насонкина Н. Г., Матлак Е. С., Костенко В. К., Огородник Е. Л., Дрозд Г. Я., Парубов А. Г., Коршикова А. И., Гавришин А. И., Синявский С. А., Гребёнкин С. С., Кульский Л. А., Найманов А. Я., Мамаев В. В., Плотников Д. А. и др. Авторы в своих научных работах исследовали возможность использования очищенной шахтной воды как альтернативного источника водоснабжения. Обосновывали выбор существующих методов обработки шахтных вод или предлагали совершенствованные способы обработки воды для дальнейшего использования в технологических процессах промышленных предприятий, сельском хозяйстве, и даже в качестве питьевой воды. Также ими были представлены результаты исследований, которые показывают изменения показателей качества обрабатываемой воды в зависимости от выбранного способа очистки воды для дальнейшего применения в технологических процессах предприятий.

Предложенные авторами сценарии использования очищенных шахтных вод и методы их обработки имеют и ряд недостатков: очистка небольшого объема шахтных вод (15 %), вследствие чего остается проблема сброса значительного количества сточных вод; капитальные затраты на реконструкции технологических схем; строительство дорогостоящих установок; образование жидких отходов после деминерализации.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Анализ состава сбрасываемых шахтных вод в водные объекты и способов их использования для технических нужд угольных предприятий для снижения негативного влияния на окружающую среду; обоснование способа умягчения шахтных вод отходами доломита для применения в вакуум-насосных установках.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Шахтные воды Донецкого региона имеют высокие показатели соединений жесткости и соледержания, поэтому использование их в хозяйственно-питьевых целях требует значительных материальных затрат. Возможность применения шахтной воды для технических нужд угольного предприятия является рациональной с точки зрения преодоления существующего дефицита пресной воды и уменьшения антропогенной нагрузки на поверхностные водные объекты.

Очищенные от взвешенных веществ, обезвреженные и кондиционированные шахтные воды могут использоваться на собственные нужды шахт (для замены питьевой воды при пылеподавлении в забоях шахт, в котельных, в компрессорных установках, вакуумных системах дегазации, системах горячего водоснабжения); в смежных промышленных предприятиях (системы охлаждения конденсатов турбин ТЭЦ и ГРЭС, компрессоров кислородных станций, металлургических и других тепловыделяющих агрегатов, для приготовления воды для подпитки водогрейных и паровых котлов тепловых электростанций, промышленных и бытовых котельных) [8].

Таблица 2.

Показатели качества шахтных вод для различных технологических процессов [9]

| Показатели качества воды | Величина показателей качества воды | | | | | | |
|--|------------------------------------|--|---------------------------|---|---|--|---|
| | Обогащение угля мокрым способом | Пылеподавление, орошение и увлажнение угля | Кондиционирование воздуха | Выработка сжатого воздуха шахтными стационарными компрессорными станциями | Производство тепловой энергии шахтными котельными | Охлаждение технологического оборудования | Дегазация угольных пластов вакуум-насосными установками |
| Взвешенные вещества, мг/дм ³ , не более | 5000 | 20 | 50-75 | 40-50 | 20 | 20-25 | 40 |
| Водородный показатель рН, в пределах | 8,5 | 6,5 | 6,0 – 9,0 | 6,5 – 8,5 | 8,5 | 7,5-8,5 | 6,5-8,5 |
| Жесткость карбонатная, мг-экв/л, не более | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 2,5 | 6,0 | 7,0 | 7,0 |
| Минерализация общая, мг-экв/л, не более | 5000 | 1000 | 2000 | 2000 | | 500 | 2000 |

Использование очищенной и обеззараженной шахтной воды на технические нужды шахты приведет к снижению объема водопотребления питьевой воды из городских водопроводных сетей, также сведет к минимуму зависимость предприятия от перебоев в подаче питьевой воды из водопроводной сети. Для использования шахтных вод в вышеперечисленных направлениях необходимо исследовать показатели качества воды пригодной для технического водоснабжения, а также уточнить качественный и количественный состав обрабатываемых шахтных вод (таблица 2).

Автором Плотниковым Д. А. [10] были проведены экспериментальные исследования, включающие обработку шахтной воды гашеным регенеративным продуктом отходов самоспасателей для умягчения и обеззараживания. Обработанная регенеративным продуктом шахтная вода соответствует требованиям для использования в техническом водоснабжении: рН=8,66, общее солесодержание – 1850 мг/м³; НСО₃ = 6,5 мг-экв/дм³; СО₃-2=2,5 мг-экв/дм³; Ж=4,3 мг-экв/дм³. Разработана схема процесса подготовки шахтной воды пригодной для технических нужд с пониженным содержанием соединений жесткости для дальнейшего применения в системах обеспыливания предприятия. Данный метод не позволяет очистить большие объемы сбрасываемых шахтных вод [11].

В работе [12] авторы изучают возможность использовать шахтную воду средней минерализации после соответствующей подготовки в оборотных системах охлаждения и для питания котлов – метод реагентной обработки воды с помощью извести. Качество известкованной воды оценивали по следующим показателям: жесткости с составляющими ее видами; остаточной щелочности; сухому остатку; стабильности; содержанию взвешенных веществ. Авторами предложена схема подготовки шахтных вод для использования в оборотных системах охлаждения и подпитки, состоящая из двух стадий: 1 – известко-

вание; 2 – обессоливание потока методом ионного обмена. Достоинство метода – невысокая стоимость реагента для известкования. Недостатком метода является необходимость тщательной предварительной подготовки воды и высокая стоимость мембран. Результаты экспериментальных исследований авторов представлены в таблице 3.

Таким образом, такая схема очистки позволит снизить концентрации солей в шахтной воде на 98 % и использовать в оборотных системах охлаждения и для питания котлов.

В статье [13] автор предлагает использовать шахтные воды повторно для сельскохозяйственных нужд, для решения проблемы недостатка питьевой воды. Проводились лабораторные исследования, которые заключались в выращивании кормов с использованием очищенной шахтной воды. После наблюдали за состоянием организма лабораторных крыс, питающихся этими кормами и не выявили негативного действия на организм животных.

В исследованиях Гулько С. Е. [14, 15] решается проблема деминерализации шахтных вод для дальнейшего использования для подпитки тепловых сетей с применением карбоксильных катионов для снижения карбонатного индекса воды. Обосновано снижение щелочности воды, что позволяет определить необходимый объем загрузки ионообменной смолы для реализации процесса очистки воды. Применение мембранных технологий обработки вод повышенной минерализации является безальтернативным.

Научная статья Дрозда Г. Я. [16] посвящена теоретическому обоснованию возможности использования шахтных вод в качестве альтернативного источника водоснабжения ввиду острого дефицита питьевых вод и их нерационального использования не по прямому назначению для технических и других целей. Автор рассматривает возможность применения шахтных вод, в зависимости от их состава и свойств, в нескольких направлениях: кондициониро-

Таблица 3.

Сравнительный анализ показателей качества шахтных вод после двухступенчатой очистки [12]

| Показатели | Исходная шахтная вода | Вода после двухступенчатой очистки |
|---|-----------------------|------------------------------------|
| Значение pH | 7,9 | 7,7 |
| Жесткость общая, мг-экв/дм ³ | 10,7 | не <0,02 |
| Щелочность общая, мг-экв/л | 11,7 | 0,35 |
| Ca, мг/ дм ³ | 82,0 | - |
| Mg, мг/ дм ³ | 80,0 | - |
| Na, мг/ дм ³ | 739,0 | не опр. |
| HCO ₃ , мг/ дм ³ | 714,0 | отс. |
| CO ₂ , мг/ дм ³ | отс. | 10,5 |
| SO ₄ , мг/ дм ³ | 1056,0 | не опр. |
| Cl, мг/ дм ³ | 347,0 | не опр. |
| Солесодержание, мг/ дм ³ | 2789,0 | 21,6 |

вание воздуха, полив и орошение, тушение пожаров, технические нужды промышленных предприятий. Приведены основные критерии пригодности шахтных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения и народно-хозяйственных целей: минерализация, жесткость, содержание сульфатов, хлоридов, химических и органических веществ, pH. Проанализированы методы опреснения шахтных вод для использования их в качестве питьевой воды: термический, мембранный, ионообменный, гидротехнический и выбран наиболее известный в мировой практике – мембранные технологии. Достоинством этого мембранного метода отмечается его эффективность, а недостатком – капитальные затраты на замену мембран и образование рассолов.

Авторы статьи [17] рассматривают несколько методов глубокой очистки шахтных вод от взвешенных веществ и минеральных примесей для использования в качестве подпитки оборотных циклов промышленных предприятий: умягчение в натрий-катионитных фильтрах для подготовки воды для подпитки тепловых сетей; декарбонизация известкованием или водород-катионитное умягчение с «голодной» регенерацией катионита, а также известково-содовое, натрий-катионитное или водород-натрий-катионитное умягчение для снижения жесткости воды; декарбонизация с обработкой воды водород-катионированием для снижения щелочности воды до нормируемых значений.

Таким образом, пригодность использования шахтных вод для технических нужд предприятий ограничивается, прежде всего, несоответствием химического состава шахтных вод технологическим процессам производства. На данном этапе исследования предлагается использовать шахтные воды для производственных нужд шахты при дегазации угольных пластов, которая осуществляется вакуум-насосными станциями, обеспечивающими безопасную откачку шахтного метана. Вакуум-насосные станции (ВНС) являются одним из источников большого водопотребления (около 900 тыс. м³/год приходится на одну шахту). Вода является как рабочей жидкостью, так и охлаждающей (рисунок 1).

Система водоснабжения состоит из двух центробежных насосов (2) (рабочий и резервный), перекачивающих воду из колодца холодной воды (3) в напорный резервуар, откуда вода поступает к вакуум-насосам. Отработанная теплая вода сливается в приемный колодец (5), откуда центробежным насосом (6) перекачивается в градирню (7). Для пополнения потерь воды предусматривается подпитка из водной магистрали (3). Питание вакуум-насосов может осуществляться как технической водой, так и водой питьевого качества. Вода, подаваемая в вакуум-насос, не должна содержать растительных, кислотных, солевых и механических примесей (40 мг/дм³) и по показателям жесткости не превышать 7 мг-экв/дм³ [18]. Применение жесткой воды вызывает образование накипи на рабочих деталях вакуумного насоса, вследствие чего зазоры между подвижными и неподвижными деталями сокращаются, трение между ними появляется, резко повышается расход мощности, что может вызвать аварию электродвигателя или самого вакуум-насоса [19].

Ввиду дефицита водных ресурсов целесообразным является осуществлять подпитку ВНС доочищенными шахтными водами. На водоснабжение вакуум-насосов на примере одной шахты требуется около 790 тыс. м³/год технической и около 158 тыс. м³/год питьевой воды. Анализ показал, что качественные показатели технической воды, используемой ВНС, незначительно отличаются от состава шахтной воды, за исключением повышенной жесткости (таблица 4).

Данные, представленные в таблице 4, показывают, что шахтные воды для использования в ВНС не удовлетворяют требованиям по показателям жесткости. Таким образом, применение шахтной воды без умягчения невозможно. Известны различные методы умягчения вод: термическая обработка, реагентная обработка, ионный обмен, физические методы устранения жесткости. В современных условиях выбор какого-либо из них определяется прежде всего экономической целесообразностью. Одним из наиболее доступных и в то же время эффективных способов умягчения является метод реагентной обработки воды с помощью извести.

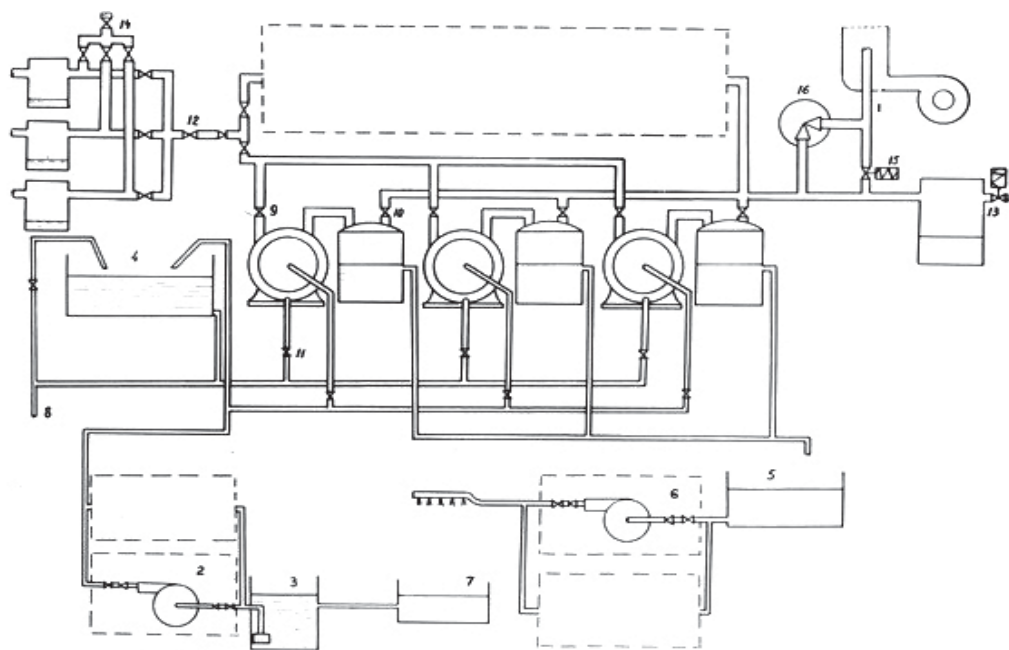


Рис. 1.
Принципиальная схема автоматизированной вакуум-насосной станции:

- 1, 14, 15 – свечи;
- 2 – центробежные насосы (рабочий, резервный);
- 3 – колодец холодной воды; 4 – водная магистраль;
- 5 – приемный колодец;
- 6 – центробежный насос; 7 – градирия;
- 8 – вакуум-насос;
- 9, 10, 11 – штуцеры вакуум-насосов;
- 12 – всасывающий газопровод;
- 13 – газопровод к потребителю

Выбор такого способа умягчения обосновывается накоплением карбонатных отходов на территории ДНР (25 тыс. тонн) [20], в частности отсева доломита (таблица 5). Целесообразным является применение таких отходов для очистки шахтных вод, что позволит исключить затраты на приобретение реагента.

Патентный поиск показал, известны направления применения отходов доломита в качестве вяжущих во многих сферах промышленности (в черной металлургии, при изготовлении строительных смесей и материалов, в химической промышленности в процессе изготовления карбида кальция, соды), также они могут входить в состав удобрений, в стекольной промышленности, в дорожном и жилом строительстве, в качестве сорбентов для очистки сточных вод от таких загрязнений как: фосфаты, нефтепродукты, тяжелые металлы, а также для снижения жесткости воды [22].

Исследования, проведенные Гулько С. Е., Мачикиной Д. В., направлены на применение отходов доломита для подготовки водопроводной воды, используемой в котельных теплосетей. Целесообразно изучить эффективность снижения жесткости шахтных вод перед подачей их в вакуум-насосные установки. Использование отходов для обработки шахтных вод позволит решить несколько экологических проблем: сократить использование воды питьевого качества в условиях дефицита пресной воды; уменьшить объемы сбрасываемых шахтных вод в водные объекты; снизить концентрации загрязняющих веществ в них; сократить количество складированных отходов.

В связи с чем были поставлены задачи для выполнения дальнейших экспериментальных исследований: изучение влияния крупности материала, температуры и продолжительности обжига отходов на эффективность снижения жесткости шахтной воды.

Таблица 4.

Требования к качеству шахтных вод, используемых для технических нужд шахты [19]

| Наименование показателя | Величина показателя качества шахтной воды после прудатостойника | Величина показателя качества шахтной воды для вакуум-насосных | Величина показателя качества шахтной воды, используемой для охлаждения различного технологического оборудования |
|--|---|---|---|
| Взвешенные вещества, мг/дм ³ , не более | 40 | 40 | 50 |
| Водородный показатель pH, в пределах | 8,325 | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 |
| Жесткость, мг-экв/дм ³ , не более | 8,2 | 6,0 | 4,0 |
| Минерализация общая, мг/дм ³ , не более | 1 474,25 | 2000 | 2000 |

Таблица 5.

Химический состав обожженных отходов доломита [21]

| Наименование показателя | CaO | MgO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | П.П.П.* |
|-------------------------|-------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|
| Массовая доля, % | 36,83 | 18,53 | 2,15 | 0,52 | 0,60 | 41,37 |

*П.П.П.- потери при прокаливании

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрена проблема сбросов шахтных вод в водные объекты Донецкого региона и способы альтернативного их использования в качестве дополнительного источника для технических целей.

2. Приведены данные об усредненном количественном и качественном составе шахтных вод угольных шахт. Определено, что шахтные воды содержат высокую концентрацию минеральных солей и солей жесткости. Такой состав затрудняет использование их в питьевых и технических целях, а также приводит к негативным экологическим последствиям водных объектов: заиливание водоемов, закисление почв.

3. Проанализированы направления использования шахтных вод в технических целях. Существующие методы очистки имеют как ряд достоинств: высокая эффективность очистки, минимальные затраты на реагенты, так и ряд недостатков: высокая стоимость установок для очистки, образование рассолов. Предлагается использование шахтных вод в оборотных циклах дегазационной системы. После предварительной очистки их можно использовать как в качестве рабочей, так и охлаждающей жидкости в вакуум-насосах при условии снижения жесткости в 1,5 раза. Таким образом, откачиваемые шахтные воды вполне могут заменить воду из магистрального трубопровода.

4. Обоснован выбор способа умягчения шахтных вод. Отсевы доломита после обжига по химическому составу могут заменить известь, что в свою очередь снизит затраты на приобретение реагента, а также позволит сократить объемы накопленных отходов.

5. Выбрано направление дальнейших исследований по изучению обожженных отходов доломита, эффективность его применения для очистки шахтных вод.

Список литературы

1. Ярков, М. А. Современные направления эффективного использования шахтных сточных вод / М. А. Ярков, И. С. Зайцева // *Россия молодая: Сборник материалов XII Всерос. научно-практической конференции с международным участием, 21-24 апр. 2020 г., Кемерово [Электронный ресурс] / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева»; редкол.: С. Г. Костюк (отв. ред.) [и др.]*. – Кемерово, 2020. – С. 240-244
2. Гулько, С. Е. Безопасность использования шахтных вод в качестве альтернативного источника водоснабжения / С. Е. Гулько, И. И. Гомаль, Д. В. Мачикина // *Научный вестник НИИГД Респиратор*. – 2022. – № 3(59). – С. 91-101.
3. Госкомэкополитики при Главе ДНР подвел итоги работы за 2017 год. – Текст : электронный // *Государственный комитет по экологической политике и природным ресурсам при Главе Донецкой Народной Республики : [сайт]*. – 2023. – URL: http://gkecopoldnr.ru/news_201217 (дата обращения: 04.11.2024).
4. Гулько, С. Е. Использование шахтных вод для экономического развития Донбасса / С. Е. Гулько, И. И. Гомаль // *Водные ресурсы в условиях глобальных вызовов: экологические проблемы, управление, мониторинг : Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах, Ростов-на-Дону, 20–22 сентября 2023 года. Том 2. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2023. – С. 198-203.*
5. Степаненко, Т. И. Анализ путей снижения антропогенной нагрузки на водные объекты за счет совершенствования технологического процесса очистки шахтных вод / Т. И. Степаненко, А. Е. Федорова // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. – 2022. – № 3(155). – С. 79-83.
6. *Формирование шахтных вод и анализ способов их очистки / А. А. Куликова, Ю. А. Сергеева, Т. И. Овчинникова, Е. И. Хабарова; под общей редакцией А. А. Куликовой; Национальный исследовательский технологический университет МИСиС. – Москва, 2020. – 11 с.; 10 см. – Библиогр.: с. 2-11. – 15 экз. – ISBN: 622-841. – Текст: непосредственный.*
7. СанПиН 4630"88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения : утверждены глав" ным государственным санитарным врачом СССР А. И. Кондрусевым 4 июля 1988 г. № 4630"88 : дата введения 1989"01"01 / авторы и составители: НИИОКГ им. А. Н. Сысина АМН СССР, Московский НИИГ имени Ф. Ф. Эрисмана, Новосибирский НИИГ [и др.]. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1988. – 59 с. – Текст : непосредственный.
8. Лесной, В. И. Влияние сброса шахтных вод при ликвидации шахты Булавинская на системы водоснабжения и канализации / В. И. Лесной, В. С. Рожков, А. В. Жибоедов // *Горная энергомеханика и автоматика : Материалы XXI Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию ДонНТУ, Донецк, 27–29 октября 2021 года. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2021. – С. 12-19.*
9. Высоцкий, С. П. Эколого-экономические аспекты обработки шахтных вод для подпитки тепловых сетей / С. П. Высоцкий, Е. Л. Головатенко // *Вести Автомобильно-дорожного института*. – 2020. – № 3(34). – С. 81-87.
10. Березовский, Н. И. Горное дело / Н. И. Березовский, Е. К. Костюкевич; Белорусский национальный технический университет. – Минск, 2022. – 50 с.; 16 см. – Библиогр.: с. 22-28. – 60 экз. – ISBN: 978-985-583-813-6. – Текст: непосредственный.
11. Плотников, Д. А. Влияние десорбции угольной кислоты на степень очистки дренажных шахтных вод с использованием кислород содержащего продукта отходов самоспасателей / Д. А. Плотников // *материалы XVII Международной научно-практической конференции «Комплексные проблемы техносферной безопасности» Воронежский государственный технический университет. – Воронеж: ВГТУ, 2021 г. – С. 196-201.*
12. Высоцкий, С. П. Седиментационный анализ осадков шахтных вод Донбасского региона после умягчения регенеративным продуктом отходов самоспасателей / С. П. Высоцкий, Д. А. Плотников, В. В. Мамаев //

- Вести Автомобильно-дорожного института г. Горловка, 2021. – № 1(36). – С. 61-71.*
13. Матлак, Е. С. Анализ проблемы деминерализации шахтных вод и перспективных направлений её решения / Е. С. Матлак, Е. Л. Огородник, Л. И. Саенко // *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Проблеми екології. – 2011. – № 1-2. – С. 3-11.*
 14. Гулько, С. Е. Особенности использования шахтных вод в оборотных циклах промышленных предприятий / С. Е. Гулько // *Вестник Луганского национального университета им. В. Даля. Возрождение, экология, ресурсосбережение и энергоэффективность инженерной инфраструктуры урбанизированных территорий Донбасса: традиции и инновации. – 2017. – ч. 2. – № 3 (5). – С. 177-179.*
 15. Гулько, С. Е. Уменьшение вредного влияния шахтных вод на окружающую среду / С. Е. Гулько, С. П. Высоцкий // *Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля. – 2019. – № 10(28). – С. 82-89.*
 16. Дрозд, Г. Я. Теоретическое обоснование необходимости и возможности использования шахтных вод в качестве альтернативного источника водоснабжения в Донбассе / Г. Я. Дрозд // *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2020. – № 8(152). – С. 4-15.*
 17. Высоцкий, С. П. Эколого-экономические аспекты обработки шахтных вод для подпитки тепловых сетей / Высоцкий С. П., Головатенко Е. Л. // *«Вести Автомобильно-дорожного института». – Горловка: АДИ ГОУ ВПО «ДонНТУ». 2020. – С.81-88*
 18. Дегазация угольных шахт. Требования к способам и схемы дегазации. / СОУ 10.1.00174088.001-2004. / Стандарт Минтопэнерго Украины/ – *Макеевка. – 2004. – 161 с. – Текст: непосредственный.*
 19. Инструкция по дегазации угольных шахт. / Колл.авт. Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр по безопасности в промышленности». *Макеевка: – 2012. – 250 с. – Текст непосредственный.*
 20. Головатенко, Е. Л. Использование шахтной воды в оборотных циклах вакуум-насосных станций угольных шахт / Е. Л. Головатенко, В. А. Маркин // *Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2022: Сборник докладов Третьей Национальной научной конференции, Москва, 19 декабря 2022 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2023. – С. 613-616.*
 21. Гулько, С. Е. Умягчение воды производственными отходами флюсо-доломитного комбината / С. Е. Гулько, Д. В. Мачикина. – *Текст : непосредственный // Строитель Донбасса. – 2022. – № 4(21). – С. 16-20.*
 22. Калинин, О. Н. Использование флюсо-доломитных отходов в производстве строительных материалов / О. Н. Калинин. – *Текст : непосредственный // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2020. – № 4(40). – С. 17-28.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Головатенко Екатерина Леонидовна – старший преподаватель кафедры техносферной безопасности Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: повышение уровня экологической безопасности в технологических циклах оборотного водоснабжения; снижение негативного воздействия на водные объекты путем совершенствования технологии обработки сточных вод.

Савенкова Татьяна Ивановна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: совершенствование технологии очистки природных и сточных вод с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека; защита окружающей среды от техногенного воздействия.

Иванченко Виктория Александровна – младший научный сотрудник отдела технического регулирования и техносферной безопасности ГУ «Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности», ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: исследование возможности применения альтернативных материалов для очистки шахтных вод Донецкого региона.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Golovatenko Ekaterina L. - Senior Lecturer, Department of Technospheric Safety, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: increasing the level of environmental safety in the technological cycles of water recycling; reducing the negative impact on water bodies by improving wastewater treatment technology.

Savenkova Tatyana I. - Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Department of "Technospheric Safety", Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: improving the technology of natural and wastewater treatment to reduce the negative impact on the environment and human health; protection of the environment from technogenic impact.

Ivanchenko Victoriya A. - Junior Research Assistant, Department of Technical Regulation and Technospheric Safety of the State Institution "Makeevsky Research Institute for Safety in the Mining Industry", DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: research on the possibility of using alternative materials for the purification of mine water in the Donetsk region.

Статья поступила в редакцию 30.10.2024; одобрена после рецензирования 15.11.2024; принята к публикации 22.11.2024. The article was submitted 30.10.2024; approved after reviewing 15.11.2024; accepted for publication 22.11.2024.