

УДК 628.31

Т. И. СТЕПАНЕНКО, А. Е. ФЁДОРОВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**АНАЛИЗ ПУТЕЙ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА
ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД**

Аннотация. В работе рассмотрена проблема загрязнения шахтными водами поверхностных водных объектов. Одним из факторов ухудшения экологического состояния территории промышленных регионов является загрязнение природных водных объектов недостаточно очищенными сточными водами, в том числе шахтными водами предприятий горной промышленности. В настоящее время на большинстве шахт производится очистка сточных вод от взвешенных веществ методом отстаивания и обеззараживание. Проведенный анализ перспективных направлений и возможностей использования шахтных вод для технических нужд, а также усредненного химического состава шахтных вод позволил выделить показатели, ограничивающие повторное использование шахтной воды. К таким показателям относятся: минерализация, содержание взвешенных веществ, железа общего, сульфатов. Рассмотрены возможные варианты комплексной очистки высокоминерализованных шахтных вод. Полученные результаты исследований возможно использовать для усовершенствования существующих схем очистки на предприятиях для улучшения качества сбрасываемых вод и возможности повторного их использования.

Ключевые слова: шахтные воды, минерализация, сульфаты, взвешенные вещества, деминерализация, обратный осмос.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Ежегодная потребность населения и отраслей экономики в водных ресурсах распределяется неравномерно по видам экономической деятельности. Наибольшее потребление воды характерно для промышленных предприятий. Главными загрязнителями водных объектов в Донбассе являются предприятия горной, металлургической, коксохимической и других отраслей промышленности. Со сточными водами в водоемы поступают такие загрязняющие вещества, как: сульфаты, хлориды, железо, аммиак, нитриты, нитраты, нефтепродукты и др. [1]. Экологическое состояние водных ресурсов Республики следует характеризовать как неудовлетворительное, требующее разработки и применения комплекса мер по улучшению состояния водных объектов [2].

В таблице приведены средние данные о составе шахтных вод, откачиваемых на поверхность предприятиями.

Таблица – Средние данные о составе шахтных вод угольного бассейна Донбасса

Наименование угольного бассейна	Прозрачность, см	Взвешенные вещества, мг/л	Плотный остаток, мг/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Окисляемость, мг/л
Донецкий угольный бассейн	0–30	152–7 260	1 300–12 632	до 2 097	до 2 740	3,2–88,0

Масса загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами предприятий, значительно превышает самоочищающую способность водоемов и, как следствие, существенно ограничивает или полностью исключает народно-хозяйственное использование таких водных объектов.

© Т. И. Степаненко, А. Е. Фёдорова, 2022

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Проблемой использования шахтных вод для промышленных и коммунальных нужд в разное время занимались ряд ученых: И. Э. Апельцин, С. П. Высоцкий, В. А. Голубцов, И. Т. Гороновский, Г. Я. Дрозд, А. К. Запольский, Н. И. Куликов, Л. А. Кульский, А. Я. Найманов, Robert Kleinmann, W. F. Langelier и др.

Целью работы является анализ способов деминерализации шахтных вод, приемлемых для большинства предприятий горной промышленности. Усовершенствование существующей схемы очистки шахтных вод позволит снизить антропогенную нагрузку на водные объекты за счет повторного использования воды на шахте.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

На большинстве шахт Донбасса вода используется на хозяйственно-питьевые и производственные нужды. Объемы образования шахтных вод на разных предприятиях отличаются. При этом только небольшая часть образующихся шахтных вод (7...8 %) предприятие использует на собственные нужды (пылеподавление и пожаротушение). На сегодняшний момент на большинстве предприятий шахтные воды после хлорирования (обеззараживания) и очистки от взвешенных веществ в горизонтальных отстойниках сбрасываются в водные объекты.

Шахтная вода откачивается на поверхность достаточно осветленной, а концентрации загрязняющих веществ в шахтных водах на выпусках находятся в пределах предельно-допустимого сброса и ниже ПДК для водных объектов коммунально-бытового назначения. Исключением является повышенная минерализация (1 600...1 900 мг/дм³) и сульфаты (620...650 мг/дм³). Сбор загрязняющих веществ со сточными водами предприятий в количествах, превышающих ПДК, создаёт повышенное негативное влияние на водные объекты.

Таким образом, первоочередной задачей является решение проблемы деминерализации шахтных вод путем технического совершенствования методов деминерализации либо благодаря комплексной переработке шахтных вод. Именно комплексная переработка является направлением возврата шахтных вод в хозяйственный оборот региона и защиты природных водных объектов от загрязнения. Она позволяет использовать кондиционированную осветленную и опресненную шахтную воду на собственные нужды шахт, полив сельхозугодий, коммунальные нужды города и др. Ценность откачиваемых шахтных вод заключается в том, что их можно рассматривать как ресурс для извлечения ценных редких химических элементов [3]. В настоящее время известно, что шахтные воды характеризуются повышенным содержанием стронция, титана и никеля и других металлов [4].

В практике функционирования предприятий угольной промышленности известны следующие направления использования шахтных вод для нужд технического водоснабжения: обогащение угля мокрым способом, пылеподавление, орошение и увлажнение угля, дегазация угольных пластов, кондиционирование воздуха, использование в котельных установках, выработка сжатого воздуха, охлаждение технологического оборудования, другие производственные нужды (профилактика породных отвалов, гидрозолоудаление, тушение шлака, борьба с пылью на автодорогах и промплощадках, другие технические нужды).

Критериями оценки пригодности использования шахтных вод для технических потребностей предприятий являются жесткие требования к следующим параметрам: минерализация, жесткость, щелочность, рН, обусловленные катионно-анионным составом воды, содержание загрязняющих веществ I–III класса опасности, содержание взвешенных веществ, радиационная безопасность, эпидемиологическая безопасность, запах.

Проведенный анализ требований к качеству технической воды и усредненного химического состава шахтных вод показал, что по таким показателям, как: минерализация, содержание взвешенных веществ, железа общего – ограничивается использование шахтных вод в целях обогащения угля мокрым способом, пылеподавления, орошения и увлажнения угля, для охлаждения компрессоров и турбокомпрессоров.

Использование шахтных вод для дегазации угольных пластов, для охлаждения технологического оборудования не соответствует нормам по минерализации, общей жесткости, а также содержанию железа общего [5, 6].

Из вышеприведенного следует, что пригодность использования шахтных вод для технических нужд предприятий и организаций других отраслей промышленности ограничивается прежде всего соответствием химического состава шахтных вод технологическим процессам производства и другим дополнительным требованиям потенциальных водопотребителей. Возможность использования очи-

ценных шахтных вод, откачиваемых из ликвидированных шахт, для технического водоснабжения других предприятий и для других целей определяется в каждом конкретном случае и согласовывается с территориальными органами государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Предлагаемые на данный момент решения проблемы деминерализации шахтных вод [7, 8] в большинстве случаев оказываются экономически нерентабельными. Однако, учитывая негативное влияние, наносимое недостаточно очищенной шахтной водой водоемам Донбасса, перспектива комплексной переработки минерализованных шахтных вод является актуальной. Рассмотрим некоторые способы очистки, направленные на снижение количества солей в очищаемых шахтных водах.

Технология комплексной переработки шахтной воды. Она включает в себя реагентную обработку (коагуляцию и электромембранное умягчение), фильтрацию на зернистых фильтрах, декарбонизацию, обработку раствором едкого натра, обработку в ультрафиолетовой установке, обратнoосмотическое концентрирование и выпаривание с кристаллизацией (получая сульфат натрия, хлорид натрия) [7, 9]. Однако данная установка является достаточно дорогостоящей, в том числе в обслуживании.

Перспективным в области очистки шахтных вод можно считать устройство, предложенное учёными С. В. Переведенцевым, О. Г. Локтионовым, А. С. Шевченко (патент RU 2589139 С2). Данная технология включает очистку и обеззараживание сточных вод, стадии ультрафильтрации и обратнoосмотического разделения в две ступени по пермеату.

Недостатками данного способа являются: высокие энергозатраты на стадии электрохимической очистки, высокие эксплуатационные затраты на замену сорбента на стадии доочистки пермеата, низкая производительность установки, ограниченность его использования для очистки от широкого спектра загрязнений.

Усовершенствование технологической схемы очистки шахтных вод на предприятиях позволит использовать шахтную воду для нужд предприятия, тем самым снизив антропогенную нагрузку на водные объекты.

ВЫВОДЫ

В настоящее время возникает необходимость разработки и внедрения новых эффективных технологических схем очистки шахтных вод с заменой устаревшего оборудования на современное с целью возможности использования их для нужд технического водоснабжения, а следовательно, для снижения негативного воздействия на поверхностные водные объекты.

Анализируя предлагаемые способы деминерализации шахтных вод, можно сделать вывод, что проблема высокой минерализации шахтных вод может быть полностью или частично решена предлагаемыми способами, однако это требует больших материальных затрат. Целесообразно было бы предлагаемые способы применять для очистки части откачиваемых шахтных вод с целью дальнейшего использования для собственных нужд предприятия с целью снижения капиталовложений на их внедрение.

Использование шахтных вод для различных производственных нужд на практике может иметь следующие преимущества: существенное снижение сброса недостаточно очищенных сточных вод в гидрографическую сеть с максимально возможным извлечением минеральных компонентов; снижение количества воды питьевого качества, используемого в технологических процессах; существенное снижение платы за загрязнение окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О мониторинговых исследованиях качества различных компонентов окружающей среды. – Текст : электронный // Государственный комитет по экологической политике и природным ресурсам при Главе Донецкой Народной Республики : [сайт]. – 2017. – URL: http://gkecopoldnr.ru/news_040817_4/ (дата обращения: 04.02.2022).
2. 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]. – 2017. – URL: http://gkecopoldnr.ru/news_201217-1/ (дата обращения: 15.02.2022).
3. Wällstedt, T. Influence of acidification and liming on metals in lake sediments / T. Wällstedt // Doctoral Thesis in Applied Environmental Science. – Stockholm : Stockholm's University, 2005. – 30 p. – Текст : непосредственный.
4. Огородник, Е. Л. Деминерализация шахтных вод – актуальная проблема топливно-энергетического комплекса Донбасса / Е. Л. Огородник, Е. С. Матлак. – Текст : непосредственный // Екологічні проблеми паливно-енергетичного комплексу : збірка праць II Регіональної конференції аспірантів і студентів, Донецьк, 26–27 квітня 2011 року. – Донецьк : ДонНТУ. – С. 7–9.

5. СанПиН 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения : утверждены главным 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.
6. СанПиН 2.1.4.1074-01. Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения : утверждены главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г. Г. Онищенко 26 сентября 2001 года: взамен СанПиН 2.1.4.559-96 : дата введения 2002-01-01 / Министерство Здравоохранения Российской Федерации. – Москва : Минздрав России, 2002. – 111 с. – Текст : непосредственный.
7. The Nalco Water Handbook : third edition / By Nalco Company. – New York : McGraw-Hill McGraw-Hill, 2009. – 1280 p. – Текст : непосредственный.
8. Holmes, G. Handbook of Environmental Management and Technology / G. Holmes, B. Rawnarinc Singh, J. Theodore. – New York, etc. : John Wiley and Sons, 1993. – 832 p.
9. Aube, B. The Science of Treating Acid Mine Drainage and Smelter Effluents / B. Aube. – Текст : электронный. – 23 p. – URL: https://gaftp.epa.gov/gkm/SITE_FILE_MATERIALS/3.6.17/R08-1126068.PDF (дата обращения: 04.04.2022).

Получена 10.04.2022

Т. І. СТЕПАНЕНКО, А. Є. ФЬОДОРОВА
АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗНИЖЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА
ВОДНІ ОБ'ЄКТИ ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. У роботі розглянуто проблему забруднення шахтними водами поверхневих водних об'єктів. Одним із факторів погіршення екологічного стану території промислових регіонів є забруднення природних водних об'єктів недостатньо очищеними стічними водами, зокрема шахтними водами підприємств гірничої промисловості. На даний час на більшості шахт проводиться очищення стічних вод від завислих речовин методом відстоювання та знезараження. Проведений аналіз перспективних напрямів та можливостей використання шахтних вод для технічних потреб, а також усередненого хімічного складу шахтних вод дозволив виділити показники, що обмежують повторне використання шахтної води. До таких показників відносяться: мінералізація, вміст завислих речовин, заліза загального, сульфатів. Розглянуто можливі варіанти комплексного очищення високомінералізованих шахтних вод. Отримані результати досліджень можна використовувати для вдосконалення існуючих схем очищення на підприємствах для покращення якості скиданих вод та можливості повторного їх використання.

Ключові слова: шахтні води, мінералізація, сульфати, завислі речовини, демінералізація, зворотний осмос.

TATIANA STEPANENKO, ALINA FEDOROVA
ANALYSIS OF WAYS TO REDUCE THE ANTHROPOGENIC LOAD ON WATER
BODIES BY IMPROVING THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MINE WATER
TREATMENT
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The paper considers the problem of pollution of surface water bodies by mine waters. One of the factors for the deterioration of the ecological state of the territory of industrial regions is the pollution of natural water bodies with insufficiently treated wastewater, including mine water from mining enterprises. Currently, most mines carry out sewage treatment from suspended solids by settling and disinfection. The analysis of promising directions and possibilities of using mine water for technical needs, as well as the average chemical composition of mine water, made it possible to identify indicators that limit the reuse of mine water. These indicators include: mineralization, content of suspended solids, total iron, sulfates. Possible variants of complex treatment of highly mineralized mine waters are considered. The obtained research results can be used to improve existing treatment schemes at enterprises to improve the quality of discharged water and the possibility of their reuse.

Key words: mine waters, mineralization, sulfates, suspended solids, demineralization, reverse osmosis.

Степаненко Татьяна Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: снижение негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

Фёдорова Алина Евгеньевна – магистрант кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: инженерная защита окружающей среды.

Степаненко Тетяна Іванівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: зниження негативного впливу на довкілля та здоров'я людини.

Фьодорова Аліна Євгенівна – магістрант кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: інженерний захист довкілля.

Stepanenko Tatiana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reducing the negative impact on the environment and human health.

Fedorova Alina – master's student, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: engineering protection of the environment.