



С. Е. ГУЛЬКО,
канд. техн. наук
(ПАО «Проектный институт
«Донгипрошахт»)



И. И. ГОМАЛЬ,
канд. техн. наук
(ДонНТУ)

Опыт и перспективы использования шахтных вод

использовании воды»). В течение длительного периода общий водоприток стабилизировался приблизительно на этом уровне в связи с завершением физической ликвидации большинства предприятий, намеченных к закрытию.

Многие закрытые шахты вынуждены постоянно откачивать шахтные воды для недопущения затопления соседних предприятий и подтопления поверхности, что требует затрат огромных ресурсов. Кроме того, для шахтных вод характерны повышенная природная минерализация (от 2 до 10 г/л, в отдельных случаях свыше 20 г/л), бактериальная загрязненность, значительное содержание взвешенных веществ (от 20 до 500 мг/л), наличие нефтепродуктов и микрокомпонентов – тяжелых металлов, опасных и токсичных химических элементов и соединений, что делает невозможным их использование без специальной очистки и деминерализации [1]. Сейчас практически на всех действующих и закрытых предприятиях угольной промышленности шахтные воды очищаются только от механических примесей (взвешенные вещества, нефтепродукты) и бактериальной загрязненности.

Шахтные воды сбрасываются в гидрографическую сеть морей: Азовского – реки Дон, Северский Донец, Миус, Кальмиус; Черного – реки бассейна Днестра; Балтийского – реки Западный Буг и Висла. При этом на долю рек

Азовского моря приходится 79,3 % общего объема сбрасываемых шахтных вод, Черного – 16,5 %, Балтийского – 4,2 %.

Для обеспечения производственной деятельности шахты потребляют воду питьевого качества, шахтную и техническую. Питьевая вода используется как по своему прямому назначению на хозяйственно-питьевые нужды, так и на производственные. В Донецкой, Луганской и Днепропетровской областях на производственные нужды расходуется соответственно 24,9, 23,2 и 21,4 % потребляемой питьевой воды, во Львовской и Волынской – 46,7 и 30,6 %, что объясняется наличием ресурсов питьевой воды в регионах и ее стоимостью.

Основные потребители шахтной воды – обогатительные фабрики и специализированные управления по тушению породных отвалов и рекультивации земель, на балансе которых имеются очистные сооружения. В Донецкой области из всего объема шахтной воды на обогатительные фабрики поступает 32,40, в Луганской – 17 %. ГП «Львовуголь» и ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» направляют шахтные воды в земляные отстойники, пруды-отстойники, пруды-накопители, откуда в паводковые периоды они сбрасываются в гидрографическую сеть.

Главные водопотребляющие процессы на предприятиях угольной промышленности: пылеподавление, предварительная дегазация угольных пластов ва-

Практически во всех регионах Украины не хватает воды для населения и предприятий, что особенно ощущается в угледобывающих регионах, где на базе предприятий угольной промышленности широко развиты металлургия, тяжелое машиностроение, коксохимия, химия, сельское хозяйство и др.

В то же время в процессе добычи угля из шахт на поверхность откачиваются значительные объемы шахтных вод. Однако с уменьшением уровня добычи угля и закрытием шахт общий водоприток шахтных вод снизился с 990 млн м³ в 2002 г. до 326,3 млн м³ в 2006 г. (здесь и далее в качестве информационной базы использованы материалы государственной статистической отчетности предприятий по форме № 2 – ТП (водхоз) «Отчет об

куум-насосами, выработка сжатого воздуха, кондиционирование воздуха, гидромеханизация горных работ, обогащение угля мокрым способом, хозяйственно-бытовые нужды и др. При этом в основном шахтная вода используется для пылеподавления и мокрых способов обогащения угля (флотация, отсадка, обогащение в тяжелых средах и др.), где предъявляются наименее жесткие требования к используемой воде.

В технологических процессах кондиционирования воздуха, дегазации угольных пластов вакуум-насосными установками, выработки сжатого воздуха компрессорными станциями воду применяют как охлаждающий агент.

Для выработки тепловой энергии в шахтных котельных используют водотрубные паровые и водогрейные котлы, работа которых обеспечивается водным режимом котельных установок. Питательная вода не должна повредить их конструкции вследствие отложений накипи, коррозии, повышать относительную щелочность до опасных пределов, обеспечивая получение пара соответствующего качества.

Хозяйственно-бытовые потребности предприятий угольной промышленности включают мытье в душевых и умывальниках; стирку спецодежды; мокрую уборку помещений; полив территории промплощадки, тротуаров; обеспечение водой санузлов, моек.

В угольной отрасли предпринимались отдельные попытки деминерализации шахтных вод с помощью различных установок (см. таблицу). Актуальность этой проблемы отражена в Законе Украины «Об Общегосударственной программе «Питьевая вода Украины» на 2006 – 2020 годы», в которой вопрос получения питьевой воды из шахтной включен в раздел «Нетрадиционные источники питьевого водоснабжения».

Рассмотрим в качестве примера, как в промышленных масштабах используют шахтные воды на шахте «Щегловская-Глубокая» ПАО «Шахтоуправ-

ление «Донбасс», где общий приток формируется из притока шахтных вод ликвидированных шахт им. Г. К. Орджоникидзе и «Красногвардейская» (водоприток 700 м³/ч, содержание взвешенных веществ до 10 мг/л, сухой остаток до 1500 мг/л) и собственного притока шахты «Щегловская-Глубокая» (водоприток 230 м³/ч, содержание взвешенных веществ 100 – 150 мг/л, сухой остаток 2500 – 3000 мг/л). Общий приток шахтных вод составляет 930 м³/ч, содержание взвешенных веществ – 36 – 40 мг/л, сухой остаток – 1750 – 1870 мг/л (лабораторные анализы шахтной воды выполнены измерительной лабораторией научно-технической фирмы «Стандарт»).

Комплекс очистных сооружений шахтных вод размещается в здании многоканатного подъема ствола № 1 на нулевой отметке (насосная установка шахтных вод) и на отметке 19,800 м (комплекс фильтровальной и умягчительной установок). Из опыта эксплуатации комплекса очистных сооружений видно, что произошло снижение объемов сброса шахтных вод с 22320 до 21820 м³/сут при незначительном росте значения сухого остатка в сбрасываемых шахтных водах (на 10 – 40 мг/л), уменьшились валовые сбросы солей в гидрографическую сеть района, а очищенная вода соответствует требованиям нормативных документов [2].

На практике ликвидация угольных предприятий показала, что после стабилизации гидрогеологических процессов при затоплении горных выработок качественные показатели шахтных вод ликвидированных шахт значительно улучшаются, снижается содержание взвешенных веществ, уменьшается минерализация, бактериальная загрязненность.

Экономия эксплуатационных затрат по шахте, обусловленная работой комплекса очистных сооружений, возникает за счет снижения сборов за загрязнение водного бассейна, спецводопользование, а также затрат на оплату воды и услуг по канализации.

Установка	Степень переработки рассолов	Производительность, м ³ /сут	Место испытаний, год
Экспериментальная опытно-промышленная выпарная	Без переработки	30	Шахта «Терновская» ПО «Павлоград-уголь», 80-е годы
Опытно-промышленная электродиализная опреснительная циркуляционного типа ЭДУ-50	То же	50	Шахта «Петровская» ПО «Донецк-уголь», 80-е годы
Электродиализная опреснительная и обратноосмотическая с рулонными модулями ЭРО-Э-6,5/900	»	–	Опытный полигон Зуевской ТЭЦ ВТИ

Например, для снижения потребления питьевой воды на технические нужды ГП «УК «Краснолиманская» использует шахтную воду, поступающую из погашенных выработок пласта l_7 . Приток шахтных вод, образующийся в погашенных выработках, составляет $60 \text{ м}^3/\text{ч}$. По данным лабораторных анализов шахтных вод, исходное содержание взвешенных веществ составляет от 5 до 15 мг/л.

Основное направление использования очищенных и обеззараженных шахтных вод — технические нужды ГП «УК «Краснолиманская» (орошение горных выработок, приготовление эмульсии, нужды котельной и др.) взамен питьевой воды, получаемой из сетей горводоканала (г. Родинское Донецкой области) и Федоровского водозабора, имеющей повышенную жесткость до $27,2 \text{ мг-экв/л}$. Объем водопотребления на технические и бытовые нужды шахты составляет до $1200 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Комплекс очистных сооружений предназначен для механической очистки шахтных вод от взвешенных веществ и обеззараживания. Общая расчетная производительность фильтровальной установки составляет $1448 \text{ м}^3/\text{сут}$ (1220 – полезная, $228 \text{ м}^3/\text{сут}$ – на промывку фильтров).

Механическая очистка шахтной воды осуществляется на скорых напорных осветительных песчаных фильтрах, обеззараживание — на бактерицидной установке Sanitron – модель S25000B фирмы Atlantic Ultraviolet, паспортная производительность $94,62 \text{ м}^3/\text{ч}$ (на 10 ламп). Установка включает камеры облучения ультрафиолетовыми лучами, блоки питания и контроля.

Очистные сооружения шахтных вод работают в соответствии с «Регламентом качества воды внутришахтного источника ГП «УК «Краснолиманская», которая может использоваться для пылеподавления в шахте, мытья шахтеров в бане и хозяйственно-бытового водоснабжения», разработанного специалистами Института гигиены и медицинской экологии им. А. Н. Марзеева АМН Украины.

Указанным Регламентом установлены следующие допустимые показатели качества воды: сухой остаток – не более 2900 мг/л ; хлориды – не более 750 мг/л ; сульфаты – не более 950 мг/л ; жесткость – не более 10 мг-экв/л ; соли тяжелых металлов, фенолы – отсутствие; нефтепродукты, токсичные элементы – отсутствие; общее микробное число (ОМЧ) – не больше 100 КОЕ/мл ; индекс БГКП – не менее 3 КОЕ/дм^3 ; число колифагов (БОЕ/мл) – отсутствие и др.

Принятые технические решения обеспечивают как снижение объемов потребления питьевой воды на технические нужды, так и улучшение работы котельного оборудования, систем оборотного водоснабжения из-за снижения коррозии и обрастания солями трубопроводов и оборудования.

По данным ГП «УК «Краснолиманская», количество очищенной шахтной воды в 2007 г. составило 163163 м^3 , в 2008 г. – 170983 , в 2009 г. – 205553 , в 2010 г. – 277849 , в 2011 г. – 234503 м^3 , итого за пять лет – 1052051 м^3 . Стоимость 1 м^3 очищенной шахтной воды в 2007 – 2008 гг. составляла $2,79$, в 2009 – 2010 гг. – $4,47$ грн, а стоимость питьевой воды, поставляемой горводоканалом (г. Родинское Донецкой области) в январе-декабре 2011 г., – $7,9$ грн.

ЗАО «Аквасервис» в 2006 г. на ликвидированной шахте «Брянцевская» (Луганской области), где были самые худшие показатели исходной воды по сравнению с другими угольными предприятиями, в течение года проводило испытания пилотной мобильной установки очистки шахтной воды производительностью $3 \text{ м}^3/\text{ч}$. Результат: очищенная вода полностью отвечает требованиям стандарта [3]. Кроме того, ЗАО «Аквасервис» в Алчевске построило единственный в Украине завод по производству питьевой воды производительностью $500 \text{ м}^3/\text{ч}$, который использует воду из Исаковского водохранилища, куда поступают поверхностные и шахтные воды. Исходная вода проходит восемь ступеней очистки по технологии, разработанной фирмой GE Osmonics, в том числе с помощью систем обратного осмоса. Завод также обеспечивает Алчевский металлургический комбинат технической и питьевой водой своевременно и в полном объеме и может поставлять питьевую воду в водопровод города.

В связи с развитием ПрАО «Донецксталь» – металлургический завод» и дефицитом водных ресурсов специалисты ОАО «Донгипрошахт» выполнили проектные проработки перевода технического водоснабжения металлургического комплекса на шахтную воду ГП «Шахта им. М. Горького» [4]. В основном производственная вода из общезаводской сети потребляется циклами оборотного водоснабжения металлургических и энергетических агрегатов. Объемы откачиваемых шахтных вод ($31872 \text{ м}^3/\text{сут}$) могут полностью покрыть потребность компании «Донецксталь» в технической воде, которая составляет $28752 \text{ м}^3/\text{сут}$. Так как шахтная вода отличается от воды из канала Северский Донец – Донбасс по коли-

честву взвешенных веществ и жесткости, проектными проработками предусматривается дополнительная очистка исходной воды в цехе водоочистки для обеспечения возможности ее использования.

Технико-экономические расчеты показали, что использование шахтной воды шахты им. М. Горького для оборотного водоснабжения металлургических и энергетических агрегатов компании «Донецксталь» потребует капитальных вложений на строительство резервуаров, подводящих водопроводов и насосной станции перекачки шахтных вод (около 19678 тыс. грн). При этом численность обслуживающего персонала не увеличивается. Сокращение эксплуатационных расходов по технической воде составит 1022 тыс. грн, или 0,129 грн на 1 м³ очищенной воды, а годовых – 707,3 тыс. грн, или 0,202 грн на 1 м³ очищенной воды. При использовании воды шахты им. М. Горького для нужд ПрАО «Донецксталь» – металлургический завод в количестве 11388 тыс. м³ в год общая экономия затрат по себестоимости технической воды составит 1729,3 тыс. грн, или 0,152 грн на 1 м³ очищенной воды (в ценах 2005 г.).

В регионах, которые испытывают острый дефицит в питьевой воде и где отсутствуют другие надежные источники хозяйственно-питьевого водоснабжения, целесообразно использовать шахтную воду, имеющую стабильные высокие качественные показатели, для получения питьевой. Так, хозяйственная целесообразность строительства пилотной установки в г. Антрацит обусловлена необходимостью обеспечения питьевой водой, что характерно для всей северо-восточной части Луганской и Донецкой областей, и отсутствием альтернативного традиционного источника питьевого водоснабжения достаточной производительности в этом регионе.

Институтом «Донгипрошахт» выполнены ТЭО и проект «Строительства комплекса по очистке и обессоливанию шахтных вод для питьевого водоснабжения г. Антрацит» с использованием при нормальном режиме 800 м³/ч исходной воды действующего водозабора бывшей шахты «Центральная» и 250 м³/ч воды, получаемой из затопленных горных выработок бывшей шахты № 7/7 бис.

Очистка шахтной воды планируется комплексом системы фильтрации UFP Selective (разработка итальянской компании Culligan), в котором используется высокоэффективное оборудование для очистки воды с высоким содержанием замутняющих и взвешенных веществ. Удаление тяжелых металлов и окисленных органических веществ, боль-

шие циклы фильтрации позволяют достичь показателя мутности 1NTU по Европейскому стандарту (до 1 мг/л). Система работает в автоматическом режиме, компактна, обеспечивает стабильные показатели очищенной воды при колебаниях качественных показателей исходной.

Система UFP Selective представляет собой блок из четырех фильтров. Каждый фильтр содержит трехслойную каталитическую засыпку из минералов Cafilin, Pirulosite и CuUcite. Эти минералы, специально подобранные, выборочно задерживают железо и марганец. Слои располагаются по мере уменьшения размера частиц и увеличения их плотности сверху вниз. Благодаря такому расположению засыпки осуществляется глубокая фильтрация и высокоэффективное удаление и задерживание загрязняющих частиц. Под фильтрующей засыпкой находятся поддерживающие слои из красного гравия и кремния, увеличивающиеся в размере сверху вниз. Цель такого тщательно продуманного размещения минералов, а также специально разработанного донного распределителя – обеспечить равномерное распределение воды как в цикле очистки, так и при обратной промывке фильтра. Особые характеристики процесса фильтрации системы UFP позволяют использовать ее для устранения мутности, природных красящих веществ (гумусовых, фульвовых, дубильных кислот), фосфора, железа, марганца, мышьяка и т. д.

Для надежного поддержания высоких качественных показателей очищенной воды по факторам цветность, вкус, запах, содержание микрокомпонентов дополнительно предусмотрена система фильтрации UFP Special. В качестве фильтрующей загрузки фильтров используется активированный уголь. Вода после фильтров с загрузкой активированного угля подается в два резервуара чистой воды вместимостью 5000 м³ каждый.

Отфильтрованная вода для снижения минерализации и жесткости направляется на установки опреснения по методу «обратного осмоса». ТЭО предусмотрено два блока «обратного осмоса» фирмы Culligan (модель – Aqua-Cleer JW 120 Special) производительностью по 200 м³/ч каждый. Блок включает узел глубокой очистки от взвешенных веществ на патронных фильтрах FGX 3400 Special производительностью 200 м³/ч, который обеспечивает улавливание частиц размером до 5 мк, высоконапорные насосы, устройства промывки микрофильтров и мембран, запорную и регулирующую армату-

ру, комплекс контрольно-измерительных приборов для автоматизации работы установки.

В настоящее время ведется строительство комплекса, который после ввода в эксплуатацию станет своеобразным полигоном для отработки технических и технологических решений. Опыт его работы определит целесообразность использования шахтных вод для питьевого водоснабжения и послужит примером для других регионов.

Шахтерский и Торезо-Снежнянский регионы также остро нуждаются в альтернативном источнике водоснабжения. Фактическая подача питьевой воды по сетям ГП «Вода Донбасса» осуществляется в следующих объемах: г. Шахтерск – 13,8 тыс. м³/сут; г. Торез – 26,1; г. Снежное – 15,9; г. Кировское – 6,5 тыс. м³/сут, чего явно недостаточно. Например, в г. Торез подача питьевой воды промышленным предприятиям и населению осуществляется по графику — в утренние и вечерние часы (ориентировочно с 5 до 10 и с 16 до 22). В прилегающих поселках — через сутки по такому же графику.

В последние годы в городах Шахтерск, Торез и Снежное осуществлена ликвидация ряда шахт с переводом их в водоотливный режим работы. Институтом «Донгипрошахт» разработаны эскизные проекты, цель которых – укрупненная технико-экономическая оценка возможности использования шахтных вод закрытых шахт «Миусская» (г. Снежное), «Лесная» и № 3-бис (г. Торез), «Московская» (г. Шахтерск) для хозяйственно-питьевого водоснабжения Шахтерского и Торезо-Снежнянского регионов Донбасса, испытывающих дефицит в питьевой воде.

Основные критерии в выборе объекта для рассмотрения возможности использования шахтных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения:

- реальный дефицит питьевой воды в регионе;
- потенциальный источник водоснабжения, отвечающий требованиям нормативных документов;
- достаточно большой дебит источника водоснабжения;

инфраструктура для подачи питьевой воды потребителям;

возможность минимизации негативного воздействия на окружающую природную среду сбрасываемых производственных сточных вод от комплекса очистных сооружений. (В процессе очистки шахтной воды получают отходы, так называемые рассолы, с высокой концентрацией солей, тяжелых металлов и др. Существует большая проблема их утилизации для ликвидации негативного воздействия на окружающую природную среду, так как эти рассолы очень ядовиты и вредны.)

Выводы. Таким образом, в Украине созданы предпосылки для крупномасштабного внедрения установок комплексной переработки шахтных вод. Это позволит расширить круг потребителей очищенной шахтной воды как на шахтах, так и на смежных предприятиях и предприятиях других отраслей промышленности, а также решить проблему предотвращения загрязнения природных водных объектов, что в итоге благоприятно скажется на экономике и экологии регионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Синявский С. А.* О проблеме деминерализации шахтных вод / С. А. Синявский // Уголь Украины. – 2010. – № 2. – С. 22 – 24.
2. *Використання шахтних вод для технічного водопостачання.* Загальні технічні вимоги: СОУ 10.1.00174125.016:2008 / Мінвуглепром України. – К., 2008. – 32 с.
3. *Кабаков А. С.* О целесообразности строительства на закрытых шахтах и водоемах комплексов по производству питьевой воды / А. С. Кабаков, А. С. Язев, О. Н. Титамир. – Уголь Украины. – 2007. – № 6. – С. 40 – 42.
4. *Синявский С. А.* «Донецксталь»: вовлечь шахтные воды в народнохозяйственный оборот / С. А. Синявский, С. И. Резников // Инвест-Украина: Международ. деловой журнал. – 2010. – № 3 (42). – С. 52 – 53.