

*Л.В. Ворон, Л.Р. Ланге, А.М. Благоразумова*  
Сибирский государственный индустриальный университет

## ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД

Кузбасс – один из богатейших регионов России по запасам полезных ископаемых. Интенсивная добыча и переработка сырья на местных предприятиях привели к загрязнению и поверхностных, и подземных вод.

В крупнейшем промышленном центре области городе Новокузнецке по официальным данным ежегодно валовые сбросы в водоемники составляют свыше 70 тыс. т, из которых 45,8 % – сбросы от предприятий угольной и металлургической промышленности.

В сложившихся условиях сложной экологической ситуации региона и страны в целом особую роль приобретает проблема охраны водных ресурсов от загрязнения неочищенными стоками угольной промышленности, предприятия которой сбрасывают большие объемы шахтных вод [1]. В связи с нарастающим дефицитом свежей воды и увеличением количества сбрасываемых промышленных сточных вод остро встает вопрос их очистки и использования для технического водоснабжения. Под шахтными водами принято понимать все воды, проникающие в выработанное пространство и проходящие через водоотливное хозяйство шахты. Притоки воды в шахты изменяются в широких пределах – от 100 до 4000 и более м<sup>3</sup>/ч. Водопитоки возникают в периоды строительства, эксплуатации и закрытия шахты.

Химический состав загрязнений шахтных вод весьма сложен и разнообразен [2], обусловлен влиянием естественных процессов, происходящих в массиве горных пород, в горных выработках, водоносных горизонтах, когда шахтная вода вступает в контакт с углем и вмещающими породами. Концентрации ингредиентов, входящих в состав примесей шахтных вод, значительно превышают нормативные предельно допустимые концентрации (ПДК) по сбросу в природные водоемы, особенно рыбохозяйственного назначения. Как правило, загрязнения включают в свой состав:

- большое количество взвешенных нерастворенных веществ, концентрация которых колеблется в пределах 1 – 6 г/л, причем основную (60 – 80 % общего количества) массу составляют мелкодисперсные частицы диам. менее 0,1 мм;

- минерализованные загрязнения (в пределах 480 – 870 мг/л); сточные воды большинства угольных шахт региона имеют нейтральную среду (рН в пределах 6,5 – 8,5);

- жесткость шахтных вод обусловлена присутствием солей кальция и магния и находится в пределах 5 – 30 мг-экв/л (высокой (свыше 7 мг-экв/л) общей жесткостью характеризуются шахтные воды с повышенной общей минерализацией);

- соли тяжелых металлов (меди, цинка, никеля, молибдена, хрома, марганца, алюминия, стронция, кремния, железа и других);

- органические загрязнения, находящиеся в растворенном и взвешенном состоянии;

- бактериальные загрязнения.

Угольная промышленность России была и остается одной из важнейших базовых отраслей народного хозяйства, а Кузбасс – основной угольный бассейн в долгосрочной перспективе, в котором сосредоточены запасы каменных углей всех марок, пригодных для использования в энергетических целях и для производства кокса. Кузбасс дает более 60 % общего объема добываемого угля и обеспечивает до 80 % потребностей внутреннего рынка в коксующихся углях.

Однако угледобывающие предприятия при наращивании объемов добычи угля оказывают негативное воздействие на все основные компоненты окружающей среды. Разработка и внедрение экологически чистых, малоотходных и безотходных технологий и технологических процессов горного производства ведется медленными темпами или вообще не ведется. В отрасли сложилась тенденция экономии инвестиций на охрану окружающей среды, что приводит к ряду негативных последствий: чрезвычайно малы объемы строительства пылегазоочистных установок и эффективных очистных сооружений сточных вод, которые позволяли бы использовать в производственных процессах очищенные стоки и не сбрасывать в водные объекты очищенные стоки с превышением ПДК [3].

В последние годы в промышленности наметилась тенденция к снижению общего объема сброса загрязненных (с превышением норма-

тивов) шахтных вод в поверхностные водные объекты, но в то же время доля сброса нормативно очищенных вод уменьшается. До сих пор достаточно большие объемы шахтных вод сбрасываются в водоемы без какой-либо очистки, что пагубно влияет на их состояние и приводит к гибели.

Ежегодно со сточными водами угольных предприятий в водоемы поступает большое количество взвешенных веществ, нефтепродуктов, фенолов, тяжелых металлов. Масса сбрасываемых загрязняющих веществ значительно превышает самоочищающую способность водоемов, что приводит к загрязнению водных объектов, существенно ограничивает или полностью исключает их народнохозяйственное использование. По данным природоохранных органов к началу 2013 г. в результате сброса недостаточно очищенных шахтных и карьерных вод в Кузнецком бассейне выведены из водопользования свыше 200 малых рек [4].

Следует также отметить, что существующий уровень научного обеспечения экологизации угольной отрасли не отвечает современным требованиям. Целый ряд экологических проблем, с которыми сталкиваются предприятия в своей деятельности и которые требуют научной проработки, не нашли эффективных решений. Серьезные трудности у производителей и проектировщиков вызывают такие проблемы, как технология очистки шахтных и карьерных сточных вод сложного химического состава от комплекса загрязняющих веществ, в состав которых входят нефтепродукты, фенолы, растворенные минеральные соли, ионы тяжелых металлов и др.

В настоящее время подавляющая часть имеющихся на угольных предприятиях очистных сооружений не обеспечивает очистки сточных вод до нормативных требований из-за несовершенства применяемых схем очистки, неграмотной эксплуатации сооружений без соблюдения каких-либо технологических регламентов даже специалистами несмежных профилей. Все эти явления приводят к неэффективной работе сооружений и не позволяют достичь возможных показателей очистки.

Большинство очистных сооружений, эксплуатируемых в настоящее время в Кузбассе, представлены грунтовыми горизонтальными отстойниками, устроенными в естественных или искусственных выемках, с фильтрующими дамбами или без них и обеззараживающими установками. Шахтные воды с их сложным минеральным составом невозможно довести по глубине очистки до ПДК загрязняющих

веществ при сбросе их в рыбохозяйственные водоемы, к категории которых относятся реки нашего региона, простыми механическими методами очистки отстаивания и фильтрации без применения технологий глубокой физико-химической очистки [5, 6]. Кроме того, на многих сооружениях отстаивания, эксплуатируемых длительный период, не соблюдаются гидравлические режимы: скорость движения стоков в отстойной зоне, глубина и длина зоны отстаивания, высота слоя накапливаемого осадка, длина пути фильтрации осветленной шахтной воды (толщина фильтрующей дамбы), грязеемкость фильтрующего материала дамбы и его фракционный состав. Несоблюдение технологических регламентов процессов очистки значительно снижает эффекты задержания загрязняющих веществ, которые могли бы быть достигнуты на данных сооружениях.

Важными направлениями решения проблемы очистки шахтных вод и предотвращения сброса загрязняющих веществ в водные объекты можно назвать создание и соблюдение требуемых режимов очистки на действующих сооружениях и максимальную интенсификацию их работы. Это позволит значительно сократить сбросы взвешенных веществ и нефтепродуктов в водоемы с минимальными затратами на модернизацию действующих сооружений.

В настоящее время достаточно часто случается, что отстойники в результате длительной эксплуатации заполнены выделенным при очистке стоков шламом выше расчетных отметок. В результате этого уменьшается глубина зоны отстаивания и, соответственно, увеличивается скорость движения стоков в отстойной зоне, а следовательно, снижается эффект их осветления. Как правило, в эксплуатируемые горизонтальные отстойники шахтные воды подаются из шахты сосредоточенно по одному или двум трубопроводам под остаточным напором. В месте впуска стоков образуется пляж из шлама, что сокращает длину зоны отстаивания и время пребывания стоков в ней; как следствие, снижается эффективность очистки. Кроме того, сосредоточенный ввод стоков не обеспечивает равномерного распределения их по всей ширине и глубине зоны отстаивания, что значительно уменьшает ее активную зону; происходит увеличение скорости потока в начале отстойной зоны и взмучивание выделенного ранее осадка, что также значительно снижает эффективность работы всего сооружения. Существующие сооружения отстаивания очень редко оборудованы устройствами для удаления выделенных нефтепродуктов, которые в виде пленки накапливаются

в конце отстойной зоны и захватываются выводимыми из сооружения очищенными стоками, в результате чего происходит их вторичное загрязнение нефтепродуктами.

Фильтрующие дамбы, устраиваемые в составе очистных сооружений, должны задерживать мелкодисперсные примеси, не уловленные в отстойной зоне. Однако не всегда выдерживается расчетная ширина (длина фильтрации) и не всегда используется материал, обладающий нужной грязеемкостью и определенным фракционным составом. Поэтому дамбы не обеспечивают необходимого задержания мелкодисперсных угольных частиц и нефтепродуктов, которые не могут быть выделены обычным отстаиванием.

Для решения обозначенных и устранимых проблем на существующих сооружениях очистки шахтных вод с целью интенсификации их работы и повышения эффективности очистки с минимальными затратами необходимо:

- создать нормативную (1,5 – 3,0 м) глубину зоны отстаивания, для чего нужно освободить секции отстойников от уловленного ранее шлама;
- оборудовать отстойники рассредоточенными подводными распределительными устройствами, позволяющими подавать стоки в зону отстаивания по всей ее ширине и глубине с одинаковыми скоростями в безнапорном режиме;
- для удаления выделенных в отстойниках нефтепродуктов предусмотреть установку в них нефтесборных устройств;
- для сохранения в зоне отстаивания устойчивого ламинарного режима работы дооборудовать сооружения рассредоточенными водосборными устройствами, обеспечивающими равномерный отвод средних, наиболее чистых слоев очищенных стоков;

- постоянно следить и поддерживать нормативную глубину и длину отстойной зоны;
- фильтрующие дамбы отсыпать нужной ширины и из материала соответствующих грязеемкости и фракционного состава, что создаст условия для достижения наилучших эффектов задержания мелкодисперсных взвешенных веществ и нефтепродуктов из очищаемых шахтных вод.

Необходимо рассмотреть возможность использования фильтрующих материалов из горелых пород, подготавливаемых фирмой «Аргеллит» (г. Киселевск), эффективность которых доказана на водопроводных сооружениях Кемеровской области [6]).

Предлагаемые решения по реконструкции очистных сооружений показаны на рисунке.

Повышение эффективности очистки стоков существующих очистных сооружений достигается за счет:

- увеличения коэффициента использования объема зоны отстаивания;
- создания и сохранения устойчивого ламинарного режима очистки;
- своевременного и регулярного удаления выделенных нефтепродуктов;
- одно- и двухступенчатой доочистки стоков фильтрацией через зернистую загрузку из местных фильтрующих материалов.

Реконструкция очистных сооружений заключается в дооборудовании их:

- рассредоточенной глубинной водораспределительной системой;
- рассредоточенной водосборной системой;
- нефтесборными устройствами;
- фильтрующими сооружениями из соответствующего материала и требуемой длины.

Реализация предлагаемых мероприятий даст возможность достичь качества очищенного стока, позволяющего использовать его в системах производственного водоснабжения.

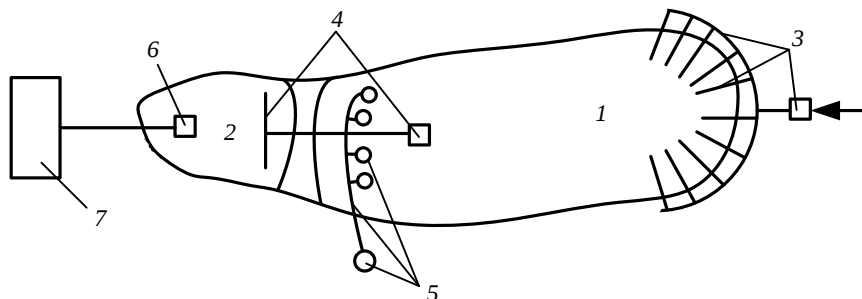


Схема дооборудования существующих очистных сооружений:

1 – зона отстаивания; 2 – зона фильтрации; 3 – водораспределительная система; 4 – водосборная система; 5 – нефтесборная система; 6 – водосборная колодезь; 7 – насосная станция с обеззараживающей установкой

**Выводы.** При выполнении предлагаемых мероприятий возможно значительно повысить эффективность работы существующих сооружений по извлечению механических загрязнений и нефтепродуктов. Но решить все возникающие проблемы при очистке шахтных вод сложного химического состава по удалению ионов тяжелых металлов, фенолов и других сложных углеводородов без применения более глубоких методов физико-химической или электрохимической очистки проблематично [7]. Включение в существующую схему очистки шахтных вод дополнительных более глубоких методов – вполне осуществимые мероприятия, но для этого могут потребоваться изменения технологического регламента работы существующих сооружений механической очистки в увязке с дополнительными методами обработки стоков и дополнительные капитальные вложения. Однако все затраты, вложенные в модернизацию действующих сооружений, будут оправданы качеством очищенного стока, который можно будет использовать на производственные нужды самой шахты и других предприятий. А главное, будет предотвращен сброс в водные объекты ненормативно очищенных сточных вод, тем самым защищены водоисточники от загрязнения, истощения, деградации и в целом улучшена экологическая ситуация с водными ресурсами в регионе и Сибирском федеральном округе.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенов А.А., Ворон Л.В. Очистка шахтных вод. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2009. Вып. 13. С. 108 – 113.
2. Дьяков Е.В., Ворон Л.В. Очистка шахтных вод. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2012. Ч. III. Вып. 16. С. 54 – 58.
3. Кривцова Е.Г., Ворон Л.В. Очистка шахтных вод. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2012. Ч. III. Вып. 16. С. 69 – 72.
4. Беркетова Е.А., Ворон Л.В. Очистка карьерных вод с территории угольного разреза. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2012. Ч. III. Вып. 16. С. 58 – 62.
5. Кривцова Е.Г., Ворон Л.В. Электрокоагуляция в очистке сточных вод. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2011. Вып. 15. С. 156 – 161.
6. Гохман Б.М., Ланге Л.Р. Обследование водопроводных очистных сооружений // Водоочистка. 2010. № 6. С. 38 – 40.
7. Сапрыкин И.С., Ворон Л.В. Электрохимические методы обработки производственных сточных вод. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2014. Ч. IV. Вып. 18. С. 232 – 236.

© 2015 г. Л.В. Ворон, Л.Р. Ланге,  
А.М. Благоразумова  
Поступила 24 февраля 2015 г.