

УДК 622. 457.2

Е.С. МАТЛАК (канд. техн. наук, проф.), Т.И. ЗАЙКА (магістр), А.И. ЗАЙКА (магістр)
Донецкий национальный технический университет

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ НОРМАЛИЗАЦИИ РАБОТЫ ВОДООТЛИВНОГО ХОЗЯЙСТВА ШАХТ И ОХРАНЫ ГИДРОСФЕРЫ ПО КОМПОНЕНТУ «ВЗВЕШЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА».

С помощью системного анализа обоснована необходимость комплексного решения проблемы нормализации работы водоотлива шахт и охраны поверхностной гидросферы от вредного воздействия сбрасываемых шахтных вод, предложены пути его реализации с помощью профилактических и очистных мероприятий совокупно в подземных горных выработках и на поверхности земли.

шахтные водосборники, водопотребление, первичные источники, поверхностная гидросфера

Постановка проблемы. Многие регионы Украины испытывают дефицит питьевой воды. Критическая ситуация с пресной водой сложилась в Донбасском угледобывающем бассейне. Так, в Донецкой области:

- в маловодные годы дефицит воды составляет примерно 500 млн. м³/год;
- около 60-70% проб воды, берущихся на анализ из малых рек, показывают их непригодность для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

В то же время водные объекты Донбасса продолжают загрязняться сточными водами промышленных предприятий. Особенно, сильное воздействие на состояние водных объектов региона оказывают шахтные воды. Это объясняется тем, что:

- во-первых, их сток настолько велик (примерно 1,2 млрд. м³/год, из них около 900 млн. м³/год попутно-добываемых), что объемы сбрасываемых шахтных вод стали сопоставимыми с объемами естественного стока малых рек;
- во-вторых, качество откачиваемых шахтных вод не соответствует современным требованиям «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения возвратными водами»;
- в-третьих, в региональные сферы интенсивного техногенного воздействия угледобычи на гидрографическую сеть Донбасса уже в течение длительного времени вовлечены огромные территории от Дона до Днепра, где работает более сотни угольных шахт.

Таким образом, откачиваемая из шахт вода является одним из основных факторов дестабилизирующим экологическое равновесие поверхностной гидросферы Донбасса. В будущем количество сбрасываемых шахтных вод не уменьшится, невзирая даже на закрытие многих горнодобывающих предприятий.

Целью работы является решение проблемы очистки и использования шахтных вод как с позиции охраны окружающей природной среды, так и в качестве дополнительного источника водоснабжения промышленных предприятий и населенных пунктов Донбасса.

Материалы и обсуждения. На горнодобывающих предприятиях угольной промышленности сложилась традиционная схема водоотлива с двукратной очисткой откачиваемой шахтной воды. Первоначально вода осветляется в подземных водосборниках, а окончательно, до санитарных норм – в поверхностных очистных сооружениях шахты. Основное назначение подземных водосборников – не допускать попадания частиц твердого вещества размером более 0,1 мм в насосы. Частицы крупностью менее 0,1 мм должны задерживаться в поверхностных очистных сооружениях. От состояния шахтных водосборников зависит, во-первых, эффективность очистки шахтных вод перед сбросом их в поверхностные стоки и, во-вторых, надежность работы насосов водоотлива.

В качестве средств водоотлива на угольных шахтах в настоящее время, в основном, применяются насосы типа ЦНС, НСШ, нормальная работа которых заводами-изготовителями гарантируется при транспортировании воды с содержанием механических примесей не более 0,1 % по весу и размером твердых частиц не более 0,1 мм. Опыт эксплуатации центробежных насосов на шахтах Донбасса и других бассейнов показал, что этот процесс осуществляется с большими отклонениями, вследствие чего на насос поступает загрязненная вода. Содержание твердых взвешенных примесей в ней достигает 3 кг/м³, из которых 60-70% абразивные.

Таким образом, осветляющая функция водосборников низкая, а работа водоотливного хозяйства шахт характеризуется двумя особенностями:

- низким ресурсом работы центробежных насосов (средняя наработка до отказа 2000-2500г, сокращение межремонтного срока работы агрегатов до 4-6 мес., снижение подачи на 40-50%, а также снижение напора и КПД);
- чрезвычайно высоким (ненормативным) энергопотреблением (для условий Донбасса составляет более 2,5 млрд. кВт*ч/год).

Указанные недостатки обусловлены откачиванием шахтных вод, абразивные взвешенные вещества в которых ускоряют износ деталей, а также повышенной частотой включения насосов и уменьшением промежутков времени между включениями из-за заиливания водосборников, теряющих при этом роль регулировочных и аварийных емкостей. Одновременно снижение рабочего объема водосборников (из-за их заиливания) исключает возможность отключения водоотлива в период пиковых нагрузок энергосистем, чтобы не создавать аварийных ситуаций из-за затопления выработок. Еще одна причина высокого энергопотребления заключается в том, что в настоящее время на шахтах водоотливные установки рассредоточены в околоствольных дворах основного горизонта и на рабочих горизонтах уклонных полей, не связаны между собой функционально, работают обособленно.

Следует также отметить, что чистка действующих комплексов от накапливающегося осадка представляет собой трудоемкую операцию со значительной долей ручного труда (уровень механизации работ не превышает 8-10 %).

Для обеспечения надежной работы водоотливного хозяйства шахт необходимо обеспечить нормативную чистоту воды, поступающей на насос. Необходимость принудительного осветления шахтных вод от содержащихся в них твердых частиц крупностью 0,1 мм и более, отражена в СНИП II 94-80 «Подземные горные выработки», где шахтам рекомендуется сооружать специальные отстойники перед водосборниками с устройствами для их механизированной чистки от накапливающегося шлама. В настоящее время водосборники с осветляющими резервуарами (предварительными отстойниками) применяются примерно на 15% шахт Украины. Но опыт показывает, что сооружение в соответствии со СНИП II 94-80 предварительных отстойников горизонтального типа на ряде шахт не обеспечивает зачастую требуемую степень очистки шахтных вод, не исключает заиливания водосборников, а лишь замедляет его, не решает вопроса их чистки от шлама и дополнительно порождает проблему быстро заиливающихся предварительных отстойников из-за отсутствия механизации этого процесса. Вместе с тем капитальные затраты на сооружение крупногабаритного предварительного отстойника высоки, достигая 40% стоимости строительства выработки водосборника.

Необходимо также иметь в виду, что использование водосборников в качестве осветляющих емкостей и шламоборников противоречит их назначению в качестве аварийных и регулировочных емкостей, уменьшает их объем из-за заиливания, превращает водосборники в водосточную канаву для транзита воды, вызывает необходимость (по мере нарастания зашламления) увеличивать частоту включения насосов и уменьшать промежутки времени между включениями, что в свою очередь увеличивает энергопотребление, ускоряет износ электродвигателей при работе в пусковых режимах, обуславливает перегрев их обмоток. В то же время (как подчеркнуто выше), снижение рабочего объема водосборников (из-за их зашламления) исключает возможность отключения водоотлива в период пиковых нагрузок энергосистем, чтобы не создавать аварийных ситуаций из-за затопления выработок. Кроме того, что из-за перекрытия сползающим шламом предохранительной сетки приемных устройств насосов последние в моменты включения работают в режиме кавитации и интенсивного износа.

Наконец, следует отметить, что конструктивное устройство водосборников не позволяет выполнять с их помощью полноценное осветление шахтной воды, соответствующее требованиям заводов-изготовителей насосов, а именно: содержание примесей не более 0,1% по весу и размер твердых частиц не более 0,1 мм.

Помимо изложенных недостатков существенным отрицательным фактором является сброс недостаточно очищенных шахтных вод в окружающую гидрографическую сеть, поскольку применяемые в настоящее время поверхностные очистные сооружения большинства шахт

рассчитаны на прием воды, частично осветленной в подземных водосборниках, чего, как правило, не наблюдается. Поэтому имеет место значительный экологический ущерб. Задача предотвращения отрицательного воздействия шахтных вод, сбрасываемых в поверхностную гидрографическую сеть, по компонентам «взвешенные вещества» (ВЗВ) и «бактериальные примеси» в предыдущие десятилетия в угольной промышленности Украины решалась с помощью различным технологических схем, отличающихся разнообразием вариантов /1/. С их помощью осветление вод предусматривается выполнять путем предварительного отстаивания и последующего фильтрования как в реагентном, так и в безреагентном режимах. При этом используются отстойники и фильтры различных типов, песколовки, пруды-осветлители, шламонакопители и другие вспомогательные водораспределительные и реагентные элементы.

Опыт показал, что техническим решениям осветления шахтных вод в наземных условиях присущи крупные недостатки:

- а) сложность технологических схем и конструктивного исполнения очистных сооружений;
- б) необходимость использования в процессах очистки в больших количествах дефицитных и дорогостоящих химических реагентов; кварцевого песка; сорбентов и других материалов (при этом реагенты сами являются загрязнителями вод);
- в) высокая стоимость очистных сооружений (от 6 до 15% основных фондов);
- г) недостаточная гибкость их реагирования на изменяющиеся условия поступления загрязненных вод на вход очистных сооружений, а именно на изменение величины расхода (притока) и особенно количественного и качественного состава примесей загрязненных вод;
- д) отсутствие простых и надежных решений по чистке емкостей и аппаратов от остаточных продуктов очистки вод (т.е. “хвостов” в виде осадков, фильтратов и др.), регенерации наполнителей аппаратов (фильтрующей загрузки, сорбентов и др.), а также по складированию остаточных продуктов и их утилизации;
- е) отторжение значительных земельных площадей под очистные сооружения.

Указанные недостатки приводят к двум отрицательным последствиям:

- несоответствию проектной эффективности очистных сооружений реальной (как правило, в натуральных условиях реальная эффективность значительно ниже проектной, составляя, в среднем, 25-40%);
- во-вторых, ограничению применения в полном объеме технологических схем и сооружений для очистки вод (в основном, 95% случаев, в бассейне используются одностадийные очистные сооружения, работающие на принципе гравитационного осаждения взвесей и представленные горизонтальными отстойниками. Такой подход объясняется тем, что при проведении всех стадий осветления вод происходит особенно резкое увеличение капитальных и эксплуатационных затрат, а также возникает необходимость выполнения для нормального функционирования осветляющих устройств целого комплекса вспомогательных операций (например, частая регенерация фильтрованного материала, тщательный уход за реагентным хозяйством и др.).

Выполненный анализ показывает, что предотвращение отрицательного воздействия шахтных вод на поверхностные водные объекты по компоненту «взвешенные вещества» (ВЗВ) и существенное повышение экономичности водоотливных установок (значительное снижение энергопотребления, повышение надежности работы насосов) может быть достигнуто лишь на основе системного подхода и нетрадиционных решений.

Новой идеологией природопользования, которая предполагает смену приоритетов при решении эколого-экономических задач, является концепция устойчивого развития. Речь идет о переходе от применения прямых природоохранных мероприятий к использованию альтернативных вариантов решения экологических задач, развитию мало- и безотходных, а также ресурсосберегающих технологий. Следуя этой концепции, целью охраны недр, как объектов настоящего или будущего применения, является их рациональное использование, особая роль в котором отводится комплексному использованию минеральных ресурсов (КИМР). К числу основных направлений последнего относится попутная добыча других минеральных ресурсов при разработке основного полезного ископаемого, их комплексная переработка, а также утилизация отходов.

С позиции теоретических представлений о рациональном использовании и охране недр, концептуальных положений КИМР неограниченный сброс недостаточно очищенных шахтных вод в

поверхностные водные объекты свидетельствуют о недостатках в использовании природных ресурсов региона, каковыми являются попутно добываемые подземные воды. Этот вывод указывает на необходимость рассмотрения шахтных вод в качестве возможного дополнительного источника водоснабжения, а тем самым уменьшения их отрицательного воздействия на поверхностные водные объекты питьевого назначения. Для этого надо совершенствовать технологии и искать новые пути решения проблемы очистки шахтных вод.

С учетом современных тенденций такие решения плодотворны на стыке различных направлений: в данном случае сочетания природоохранного аспекта деятельности предприятия и обеспечения надежной работы водоотливного хозяйства шахт. Повышение экономичности работы шахтных водоотливных установок (в том числе за счет значительного снижения энергопотребления), а также повышение их эксплуатационной надежности достигаются на основе системного подхода с учетом гидрогеологических условий образования шахтных вод, их дренажа в горные выработки, условий канализования до участковых и главных водоотливных емкостей, конструкций наземных и подземных осветляющих водоочистных сооружений, экологических требований к условиям сброса шахтных вод в поверхностные водные объекты. Существенное повышение надежности работы водоотливного хозяйства в целом, снижение доли ручного труда при чистке водоотливных емкостей и наиболее рациональное решение проблемы снижения вредного воздействия отходов угольного производства на водные ресурсы возможно лишь путем объединения всех водоотливных установок каждой шахты в единый комплекс, обладающий технологическими и экологическими функциями.

Использование такого подхода означает, что область его применения должно начинаться в подземных горных выработках, а завершаться в наземных условиях. Важным преимуществом реализации этого предложения является то, что снижение загрязненности шахтных вод в подземных условиях можно рассматривать как комплексное решение вопросов нормализации работы водоотлива, охраны ОПС от отходов предприятий угольной промышленности и возможности использования очищенных вод на технологические нужды шахт, а также смежных предприятий.

На современном этапе промышленного развития важна роль профилактических мероприятий, направленных на предварительное уменьшение или полное предотвращение загрязнения шахтных вод в окрестности первичных источников их образования. Это обусловлено тем, что профилактические мероприятия, предотвращая или уменьшая загрязнение вод, делают в одних случаях ненужным строительство очистных сооружений, а в других уменьшают нагрузку на них, тем самым упорядочивают их работу, повышают эффективность и надежность, уменьшают габариты сооружений. Полноценная реализация этого вывода требует переноса профилактических и водоочистных мероприятий в подземные условия шахт. Целесообразность такого подхода обоснована специально выполненными работами ДонНТУ, ДонУГИ, Южгипрошахт, ВНИИОСуголь [2,3,4,5].

В экологическом плане выполнение названных мероприятий следует понимать, как первую ступень охраны водных ресурсов от вредного воздействия отходов угольного производства. Вторая ступень снижения загрязненности шахтных вод, т.е. их глубокая доочистка от взвешенных веществ, должна осуществляться в случае необходимости в наземных условиях (на фильтровальных очистных станциях: методом прямого фильтрации).

Дополнительно к изложенному актуальность разработки мероприятий по снижению загрязненности шахтных вод взвешенными веществами в подземных условиях обусловлена следующими специфическими предпосылками, к которым относятся:

- 1) относительно стабильное соотношение между водопритоками в разные системы горных выработок. Так, притоки воды в подготовительные и капитальные горные выработки составляют, в основном, 3-5% общешахтных, т.е. являются незначительными; в действующие очистные - 20-30 %; в погашенные (отработанные) - 65-75% (в отдельных случаях до 90 %). При этом водопритоки из погашенных выработок практически не содержат или в отдельных случаях содержат незначительные (≤ 30 мг/л) количества взвешенных веществ. Такие воды можно классифицировать, как условно чистые. Однако, смешиваясь в главных водоотливных емкостях с малыми объемами загрязненных вод из подготовительных и очистных выработок, они загрязняются, теряя свое ценное качество - чистоту. Поэтому целесообразно не допускать перемешивания малых потоков загрязненных вод и больших потоков условно чистых вод путем их предварительного разделения и осветления в подземных условиях малых объемов

- загрязненных вод;
- 2) существенное снижение объемов очищаемых шахтных вод (на 65 - 75 %, а по отдельным шахтам на 90%), что позволят значительно уменьшить габаритные размеры очистных сооружений, капитальные затраты на их строительство, а также резко увеличить эффективность и надежность очистки;
 - 3) увеличенная на несколько порядков крупность взвесей, содержащихся в подземных потоках шахтных вод на участковых водотранспортных цепочках, по сравнению с частицами в водах, откачиваемых на поверхность земли, что резко увеличивает эффективность седиментации таких взвесей в подземных отстойных сооружениях, особенно при расположении последних на действующих горизонтах;
 - 4) увеличенная на несколько порядков концентрация взвесей, содержащихся в подземных потоках шахтных вод на участковых водотранспортных цепочках, по сравнению с водами, откачиваемыми на поверхность земли, что резко увеличивает в первый час эффективность оседания облака взвесей (в том числе тонкодисперсных) в подземных отстойных сооружениях, в случае их возможного расположения на действующих горизонтах. Как известно, отличительной особенностью откачиваемых на поверхность шахтных вод, чрезвычайно затрудняющей их очистку, является присутствие мелкодисперсных (10 мкм) кинетически устойчивых угольных и породных частиц, количество которых может достигать 50-70% от общей дисперсной фазы, а содержание частиц размером менее 50 мкм составляет 99% /2/. Такие частицы (размером менее 100 мкм) при оседании подчиняются закону Стокса, т.е. движутся не равноускоренно, а равномерно. Поэтому условия их седиментации резко ухудшаются. В то же время вода, стекающая из лав на штрек, содержит большое количество частиц размером более 1мм, близкое к 50%. Такие частицы легко осаждаются в процессе седиментации. Таким образом, при транспортировке воды от источников загрязнения (лав) до слива на поверхность происходит уменьшение размеров содержания взвешенных частиц. Особенно характерно это явление для низкометаморфизованных углей. Следовательно, необходимо не допускать уменьшения размера и веса частиц, для чего целесообразно осаждают в подземных выработках на участковых и главных водотранспортных цепочках, приближенных к первоисточникам загрязнения;
 - 5) наличие на каждой шахте обширного водоотливного хозяйства, элементам которого при соответствующей модернизации могут быть приданы осветляющие и обеззараживающие функции с помощью малогабаритных водоочистных сооружений;
 - 6) наличие протяженных выработанных пространств с обрушенными породами, которые могут быть использованы для захоронения осадков, накапливающихся в водоочистных емкостях, а в отдельных случаях для очистки вод; таким образом вопросы обработки осадка могут быть решены более простыми методами;
 - 7) возможность значительного уменьшения гидроабразивного износа и увеличения тем самым ресурса межремонтного времени действия центробежных насосов при откачивании из шахт предварительно осветленных вод, что имеет большое значение для нормальной и экономичной работы водоотливного хозяйства на всех шахтах, но особенно при строительстве крупных шахт, объединении водоотливов и увеличении глубины разработки угольных пластов, когда из-за повышения потребного расхода и напора имеет место увеличение мощностей, габаритов и масс насосных агрегатов;
 - 8) повышение надежности работы электродвигателей насосных установок: уменьшение частоты включения электродвигателей (благодаря увеличению регулировочной и аварийной вместимости водосборников), что снижает их износ в пусковых режимах;
 - 9) возможность использования условно чистых, а также очищенных шахтных вод на технологические нужды горных предприятий непосредственно в подземных условиях (борьба с пылью, пожарами и др.), при этом уменьшается энергоемкость водоотлива за счет уменьшения количества воды, выдаваемой из шахты;
 - 10) предотвращение заиливания водосборников, а тем самым создание предпосылок для сокращения их рабочего объема почти на 30%, т.е. на величину допустимого заиливания, регламентированного "Правилами технической эксплуатации", создание условий для сооружения водосборников прямого назначения, проектируемых самосмывающимися

- (состоящих из двух выработок-емкостей: регулировочной и аварийной);
- 11) сокращение объема работ по очистке от осадка водоотливных канавок, других водосборных резервуаров, что требует в настоящее время значительных затрат ручного труда;
 - 12) уменьшение подтапливания и пучения горных выработок, уменьшение аварийности откаточных путей;
 - 13) уменьшение размеров площадей ценных земель на поверхности, отторгаемых под громоздкие отстойники, пруды-осветлители, фильтровальные станции; снижение затрат на строительство и эксплуатацию перечисленных поверхностных сооружений.

Изложенные предпосылки указывают на возможность одновременного использования двух направлений решения проблемы снижения загрязненности шахтных вод взвешенными веществами на первой ступени (в подземных горных выработках), а именно: профилактического и очистного.

Профилактическое направление имеет целью предотвращение загрязнения больших объемов относительно чистых подземных вод, стекающих из выработанных пространств отработанных горизонтов шахты, и уменьшение загрязненности шахтных вод на участковых водотранспортных цепочках действующих горизонтов.

Очистное направление связано с осветлением малых объемов загрязненных вод, стекающих с действующих горизонтов шахт.

Смешение больших объемов условно чистых вод и малых объемов загрязненных вод, стекающих с действующих горизонтов, должно осуществляться в водосборниках только после предварительного осветления загрязненных вод.

Степень осветления малых объемов шахтных вод перед их сливом в водосборник главного (центрального) водоотлива определяется:

- требуемой величиной остаточной загрязненности шахтных вод, откачиваемых на поверхность земли;
- величиной разбавления (после смешения в водосборнике) малых объемов осветленной воды большими объемами условно чистых вод;
- требованиями возможных потребителей к качеству осветляемых вод, используемых на технологические нужды предприятия.

Остаточное содержание взвешенных веществ в шахтных водах, откачиваемых на поверхность земли, определяется параметрами эффективной и надежной работы сооружений второй ступени доочистки, располагаемых на поверхности земли и регламентируется требованиями по охране каждого вида водного объекта к качеству шахтных вод, допущенных к спуску в водоемы на основании «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения возвратными водами», СанПиН № 4630-88, а в случае использования для нужд технического и хозяйственно-питьевого водоснабжения СНИП 2.04.02.84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» (п.3.2.), который допускает для хозяйственно-питьевого водоснабжения использование подземных вод, включая шахтные воды при условии их очистки до требуемых санитарно-гигиенических кондиций и обеспечении регламентированной организации зон санитарной охраны (ЗСО) источников. Кроме того, эти положения развиты и конкретизированы в двух стандартах Министерства угольной промышленности Украины, разработчиком которых является ГП «Институт «УкрНИИпроект» (г. Киев):

- «Использование шахтных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения (методические указания)», введенного в действие с 30.12.2004г.
- «Использование шахтных вод для технического водоснабжения (общетехнические требования)», введенного в действие 28.11.2008 г.

Первый стандарт ограничивает в процессе хозяйственно-питьевого водоснабжения область использования шахтных вод лишь теми дренажными и подземными водами, которые заполняют горные выработки и подработанный трещиноватый массив *закрытых угольных шахт*, а также обособленных погашенных участков действующих предприятий.

Положения второго стандарта допускают в процессе технического водоснабжения использование не только дренажных и подземных вод закрытых шахт или обособленных участков действующих предприятий, но также шахтных вод, откачиваемых с *действующих участков* шахт.

Кроме этих особенностей стандарты различаются также требованиями к качеству используемой шахтной воды в зависимости от выбранного направления водоснабжения: хозяйственно-питьевого или технического.

В остальном содержание обоих стандартов идентично.

Мероприятия по предотвращению и уменьшению загрязненности шахтных вод на основных путях ее движения по горным выработкам, а также технологические схемы очистки малых объемов вод в подземных условиях должны разрабатываться на основании подготавливаемого перечня исходных данных и предложений, который представляется заказчиком проектной организации. Готовят исходные данные для условий действующих шахт методом прямых обследований подземных условий и изучения технологических свойств стекающих шахтных вод. При проектировании новой шахты исходные данные подготавливаются на основании данных гидрогеологической разведки месторождения или шахтного поля, а также исследования технологических свойств шахтных вод близлежащих шахт, работающих в аналогичных горно-геологических условиях.

Для предотвращения загрязнения больших объемов условно-чистых вод, стекающих из выработанных пространств, рекомендуется осуществлять их селективный отбор с помощью участковых водонакопителей, в которые вода поступает через скважины или погашенные выработки. Из водонакопителя по трубопроводу условно чистые воды поступают в главный водосборник шахты. Подача воды в зависимости от перепада высот между скважиной (или погашенной выработкой) и водосборником может осуществляться как под действием собственного веса, так и в напорном режиме.

Малые объемы загрязненных шахтных вод целесообразно очищают прежде всего в пределах действующих участков с помощью водоочистных устройств, работающих на принципах гравитационного или центробежного осаждения частиц.

В первом случае рекомендуется использовать малогабаритные, но высокопроизводительные отстойники непрерывного действия с наклонными тонкослойными модулями осветления. Благодаря малым габаритам отстойников их можно изготавливать передвижными или сооружать стационарными. В качестве основного варианта рекомендуется сооружение стационарных отстойников.

Следует иметь в виду, что поскольку производительность отстойников с наклонными тонкослойными модулями очень высокая, то первостепенное значение имеет решение вопроса его чистки от накапливающегося вязкого и влажного шлама. Поэтому камера накопления осадка стационарного отстойника должна проектироваться не только с учетом объема накапливающегося осадка, но и габаритов, места расположения и подвижности применяемых средств удаления шлама. Она сооружается в виде обычной горной выработки прямоугольной или круглой формы в плане, закрепленной в железобетоне.

Результаты исследований, выполненных в ДонНТУ, позволяют сделать вывод, что наиболее приемлемым способом удаления плотного вязкого и увлажненного материала из отстойников и водосборников является гидравлический способ чистки, отличающийся простотой, надежностью и высокой производительностью. Принципиально возможны различные схемы гидравлической чистки емкостей: при помощи эрлифтов (шламовых эрлифтов и вакуум-эрлифтов), шламовых насосов, углесосов и гидроэлеваторов.

Так как гидроэлеваторы и эрлифты отличаются большей простотой и высокой надежностью, нежели шламовые насосы, а также малыми габаритами и весом, нечувствительностью к затоплению, саморегулированием на приток, отсутствием постоянного обслуживающего персонала, то с учетом перечисленных преимуществ их рекомендуется в первую очередь использовать при проектировании гидромеханизированных средств чистки отстойников. При этом выбор типа гидравлической установки строго не регламентируется. Он определяется условиями разгрузки пульпы, наличием на шахте требуемых видов энергии (напорной воды, сжатого воздуха). Условия разгрузки в первую очередь определяют требования к концентрации пульпы. Как показал опыт, более целесообразно использование гидроэлеваторных установок. Их работа может осуществляться как от отдельного центробежного насоса, так и через задвижку (дроссель) от напорного става участкового или главного водоотливов, а также от пожарно-оросительного трубопровода. При работе от напорного става гидравлический расчет должен производиться по максимально возможному давлению.

Место расположения гидравлических установок для чистки отстойников определяется в соответствии с выбранным вариантом схемы. Рекомендуется монтировать гидроустановки непосредственно над камерами накопления осадка и устраивать их как передвижными, так и

неподвижными. В первом случае подвижность установок достигается с помощью грузовых лебедок (типа ЛШГ-1800), а гидравлическая связь между подвижными элементами установки и неподвижными (пульпопроводом) обеспечивается гибкими резинотканевыми рукавами (диаметром порядка 100 мм).

Предпочтение следует отдавать проектированию неподвижных гидроустановок. В этом случае для обеспечения полноты чистки боковые стенки нижней (зумпфовой) части камеры накопления осадка должны иметь наклон больше угла естественного откоса вещества осадка, а площадь нижнего основания зумпфа быть в пределах 1...2 м.

Периодичность чистки отстойников определяется ориентировочно расчетным путем и уточняется экспериментально с помощью непосредственных замеров.

Для предварительных отстойников с наклонными модулями расчет ведется из условия незашламовывания тонкослойных каналов. По условию технологического запаса высота накапливающегося осадка должна быть на 0,2...0,5 м меньше нижнего уровня наклонной камеры освещения. Для контроля уровня осадка в отстойниках могут устанавливаться фотоэлектрические датчики.

Извлекаемый шлам можно разгружать:

- в выработанное пространство действующего или отработанного горизонта с целью его безвозвратного захоронения;
- в угольную (или породную) технологическую цепочку; в этом случае с целью уменьшения объема осадка его следует подвергнуть обезвоживанию (например, с помощью шламонакопителей, горных выработок с перемышкой, вагонов с сетчатым днищем и др.).

Важным условием обеспечения высокой эффективности работы подземных отстойников является правильный выбор места их расположения. Для уяснения сущности этого условия необходимо учитывать, что по шахтному полю транспортируются потоки вод различной степени организации и загрязненности взвешенными веществами. В пределах отработанных горизонтов движутся, как правило, неорганизованные, а в отдельных случаях организованные потоки условно чистых вод (степень загрязнения 5-2 мг/л и менее). По мере движения они поступают по водоотливным канавкам либо непосредственно в водосборные емкости околоствольного двора (воды с бремсберговых полей), либо аккумулируются по пути в каких-то промежуточных водосборных емкостях (смешиваясь в них с загрязненными водами), а затем перекачиваются на вышележащие горизонты и далее движутся самотеком в водосборные емкости околоствольного двора (воды с уклонных полей).

В пределах действующих выемочных участков (горизонтов) транспортируются организованные потоки как условно чистых, так и загрязненных вод. Они поступают в водосборные емкости участковых водоотливов, где смешиваются, а затем поступают в водосборники околоствольного двора. По мере движения взвесей с потоком вод степень их дисперсности увеличивается (размокание, истирание и др.), а седиментационные свойства ухудшаются (движение частиц становится не только равномерным, но и медленным).

Наконец, в водосборные емкости околоствольного двора поступают другие неорганизованные потоки (зумпфовые и др.).

С учетом вышеизложенных предпосылок рекомендуется располагать наклонные тонкослойные отстойники прежде всего в пределах действующих выемочных участков (горизонтов), где сосредоточен основной объем загрязненных шахтных вод, а седиментационные свойства взвесей значительно улучшены из-за их увеличенной крупности и повышенной концентрации. Опыт показывает, что оптимальным является сооружение отстойников в составе участковых водоотливов, которые принимают на себя приток воды.

Компоновка наклонного тонкослойного отстойника и водосборника конструктивно может быть различной: они могут быть разделены расстоянием либо компоноваться в пределах единого водоотливного комплекса. В первом случае осветленная вода должна транспортироваться из отстойника по закрытой канализационной сети (лучше трубопроводной) для предотвращения их повторного загрязнения.

В случае сооружения единого комплекса отстойник и водосборник располагаются ниже уровня почвы выработки последовательно друг за другом и разделяются водосливом рис. 1.

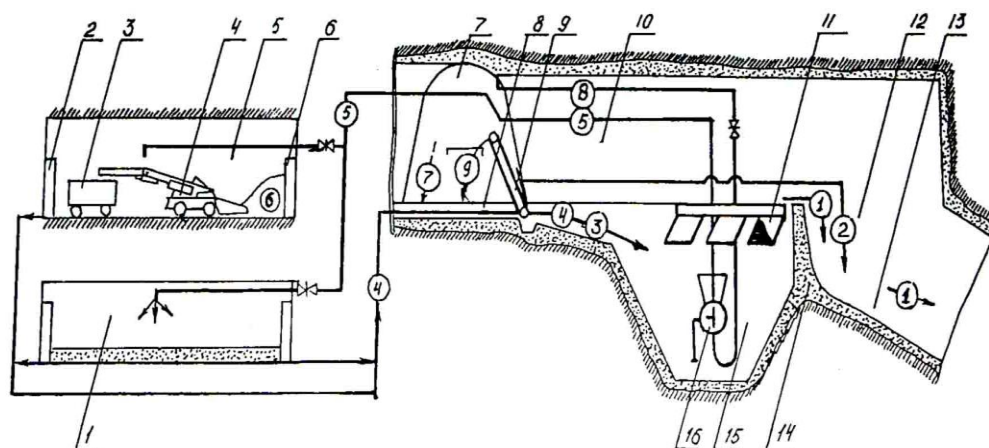


Рисунок 1 – Стационарный подземный водоочистной комплекс:

1,5 – шламонакопитель; 2,6 – деревянная перегородка; 3 – вагонетка; 4 – породопогрузочная машина; 7 – выработка околоствольного двора; 10, 13 – водосточная канава; 11 – наклонный тонкослойный отстойник; 12 – аварийный самосмывающийся водосборник; 14 – бетонная перегородка; 15 – резервуар для осадка; 16 – струйный насос (гидроэлеватор); 1 → -осветленная вода; ---2→ - условно чистая вода; ---3→ - исходная вода; ---4→ - дренажная вода; ---5→ - пульпа; ---6→ - обезвоженный осадок; ---7→ - химические реагенты; ---8→ - напорная вода; ---9→ - плавающие крупногабаритные предметы

Предложенная технология канализования и очистки шахтных вод от взвешенных веществ, а также удаления и обработки осадка в шахте может осуществляться по одному из следующих трех вариантов:

Вариант 1. Организованные притоки загрязненных и условно чистых вод смешиваются и поступают совместно с выемочных участков на участковую очистную станцию, которая представляет собой единый комплекс, состоящий из наклонного тонкослойного отстойника и водосборника. Осветленная вода аккумулируется в водосборнике, а затем подается по трубам в водосборник главного водоотлива околоствольного двора, минуя центральную очистную станцию. Остальная часть неорганизованных притоков шахтных вод транспортируется по водоотливным канавкам на центральную очистную станцию, располагаемую перед главным водосборником. После осветления они сливаются в главный водосборник.

Вариант 2. В этом случае участковая водоочистная станция также представляет собой единый комплекс. От варианта 1 она отличается тем, что загрязненные и условно чистые воды подаются на станцию не совместно, а раздельно. Загрязненные воды проходят через отстойник, где осветляются в реагентном режиме, а условно чистые непрерывно сливаются в водосборник. Дальнейшее движение осветленных вод проходит аналогично варианту 1. Также аналогичной является очистка остальных неорганизованных притоков шахтных вод через центральную очистную станцию.

Вариант 3. Он отличается от вариантов 1 и 2 тем, что участковые очистные станции сооружаются не в едином комплексе (отстойник и водосборник), а раздельно. При этом отстойники максимально приближаются к источнику загрязнения, т.е. к очистному или подготовительному забою. В отстойник поступают только загрязненные воды. После очистки осветленные воды могут смешиваться с условно чистыми водами и транспортироваться далее либо сначала в участковый водосборник, а из него перекачиваться в главный (центральный) водосборник, либо непосредственно сразу транспортироваться в главный (центральный) водосборник. Очистка остальных неорганизованных притоков шахтных вод осуществляется через центральную очистную станцию аналогично варианту 1.

Технико-экономическое сравнение традиционной и новой технологии проведено по шахтам, характеризующимися различными горно-геологическими условиями: «Самсоновская-Западная» ГП Краснодонуголь, «Тошковская» ГП Первомайскуголь и Кировская группа шахт ГП Стахановуголь. Для оценки сравнительной эффективности капитальных вложений были приняты приведенные

затраты, эксплуатационные затраты и капитальные вложения. Расчеты выполнены для неблагоприятного случая, а именно, завышенных объемов очищаемой (загрязненной) воды (на двойную нагрузку). При этом не принимались во внимание такие положительные факторы, как продление срока службы насосов, водоотливной арматуры, транспортных средств, откаточных путей, горных выработок; уменьшение расхода электрической и тепловой энергии; повышение эффективности и надежности работ и культуры производства угледобывающего предприятия.

Анализ показывает, что даже при принятом завышенном объеме очистки шахтных вод в подземных условиях новая технология имеет приведенные затраты, капитальные вложения и эксплуатационные расходы ниже традиционной. Наилучшими экономическими показателями (по сравнению с другими вариантами) обладает второй вариант новой технологии (причем с применением дорогостоящих реагентов). Приведенные затраты этого варианта составляют 75% по сравнению с базовой технологией.

Благодаря выполнению в подземных условиях мероприятий по снижению загрязненности шахтных вод взвешенными веществами главные водосборники на новых и реконструируемых шахтах, а также на подготавливаемых горизонтах могут выполняться как водосборные емкости с минимальной необходимой вместимостью, лишённые конструктивно осветляющей функции. При этом остаточная твердая тонкодисперсная составляющая выдвигается на поверхность вместе с водой. Тем самым ликвидируется трудоемкая операция по чистке водосборников от накапливающегося шлама.

Низкое остаточное содержимое взвеси после предварительного осветления шахтной воды в подземных выработках позволит упростить состав оборудования поверхностных технологических схем, обходиться без отстойников перед фильтровальными станциями (если концентрация ВЗВ не превысит 200 мг/л), расширить тем самым область применения более экономичных одностадийных поверхностных (фильтровальных) схем очистки на вторичной ступени осветления шахтных вод. Кроме того, пониженные грязевые нагрузки на фильтры позволяет значительно усилить надежность их работы, увеличить длительность фильтроцикла и нормализовать другие вспомогательные операции по функционированию фильтрованных станций. Аналогичные преимущества будут иметь место также в случае использования для очистки воды на поверхности других физико-технических устройств (ультразвуковых, электромагнитных и др. для обеззараживания бактериальных примесей).

При помощи поверхностных фильтров можно будет также эффективно улавливать также маслопродукты, следы которых обнаруживаются в шахтной воде.

Выводы. Изложенный подход можно рассматривать, как комплексное решение вопросов нормальной работы водоотлива, охраны окружающей природной среды (поверхностной гидросферы) от вредного воздействия шахтных вод предприятий угольной промышленности и возможности использования очищенных вод как на технологические нужды шахты (прежде всего пылеподавление), так и других смежных предприятий.

Библиографический список:

1. Технологические схемы очистки от взвешенных веществ и обеззараживания шахтных вод: каталог. – Пермь: ВНИИОСуголь, 1986. – 69 с.
2. Макаров Ю.С. Осветление шахтных вод в подземных условиях / Ю.С. Макаров, Н.В. Неволин, У.М. Фаткулин, В.С. Баткин // Сборник научных трудов: Комплексные проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов в угольной промышленности. – 1986. – 174 с.
3. Матлак Е.С. Снижение загрязненности шахтных вод в подземных условиях / Е.С. Матлак, В.В. Малеев. – К.: Техника, 1991. – 136 с.
4. Матлак Е.С. О нетрадиционном подходе к решению проблемы снижения загрязненности шахтных вод взвешенными веществами на основе концепции устойчивого эколого-экономического развития / Е.С. Матлак, А.Ю. Явруян, В.М. Моргунов, Е.Л. Беляева // Известия Донецкого горного института. – 2003. – № 2. – С. 23-28.
5. Физико-химические основы технологии осветления и обеззараживания шахтных вод: монография / [С.С. Гребенкин, В.К. Костенко, Е.С. Матлак и др.]. – Донецк: «ВИК», 2009. – 438 с.

Надійшла до редакції 28.10.2010

Є.С. Матлак, Т. І. Заїка, А. І. Заїка

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ НОРМАЛІЗАЦІЇ РОБОТИ ВОДОВІДЛИВНОГО ГОСПОДАРСТВА ШАХТ І ОХОРОНИ ГІДРОСФЕРИ ПО КОМПОНЕНТУ «ЗВАЖЕНІ РЕЧОВИНИ».

За допомогою системного аналізу обґрунтовано необхідність комплексного вирішення проблеми нормалізації роботи водовідливу шахт та охорони поверхневої гідросфери від шкідливого впливу шахтних вод, запропоновано шляхи його реалізації за допомогою профілактичних та очисних заходів сукупно у підземних гірничих виробках і на поверхні землі.

шахтні водозбірники, водоспоживання, первинні джерела, поверхнева гідросфера

Ye. Matlak, T. Zaika, A. Zaika

A COMPREHENSIVE APPROACH TO SOLVING THE PROBLEMS OF WATER CONTROL IN MINES AND HYDROSPHERE PROTECTION BY THE COMPONENT "SUSPENDED SOLIDS"

System analysis shows the necessity of a comprehensive solution to the problem of dewatering mines and protecting the surface hydrosphere from the harmful effects of mine water. The ways of its realization with the help of preventive and treatment measures in underground mines and on the surface are offered.

mine water collectors, water, primary sources, surface hydrosphere

© Матлак Е.С., Заїка Т.И., Заїка А.И., 2010