УДК 66.067.8

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО МЕТОДА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Коростовенко В.В., Гронь В.А., Шахрай С.Г., Капличенко Н.М., Галайко А.В.
ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail:natkapl@mail.ru

В ходе проведённых исследований установлено, что электровзрывная обработка сточных вод позволяет увеличить скорость осаждения минеральных веществ практически в 7-8 раз и значительно сократить время процесса. Положительное влияние электровзрывной обработки на скорость осаждения твёрдых взвесей объясняется повышенной коагуляцией минеральных частиц вследствие сжатия двойного электрического слоя под действием высоковольтного электрического разряда в результате действия двух противоположно направленных сил: электростатического отталкивания и сил ван-дер-ваальсового притяжения. Предлагаемая технологическая схема очистки сточных вод прошла проверку на ряде предприятий Красноярского края и показала высокую эффективность. В связи с тем, что данная технология не требует больших энергетических затрат, значительных капитальных вложений и серьёзного изменения существующих технологических схем, она может быть рекомендована для применения в цикле очистки сточных вод угольных месторождений.

Ключевые слова: водоочистка; сточные воды; добыча угля; электроимпульсная очистка

APPLICATION OF ELECTRIC PULSE WASTEWATER TREATMENT AT COAL MINES

Korostovenko V.V., Gron V.A., Shahray S.G., Kaplichenko N.M., Galaiko A.V.
FSAEI «Siberian Federal University», Krasnoyarsk, e-mail: natkapl@mail.ru

The study results have shown that electro-explosive wastewater treatment can increase the deposition rate of minerals by 7-8 times and considerably reduce the duration of the process. The positive effect of electro-explosive treatment on the deposition rate of suspended solids is explained by the increased coagulation of mineral particles due to the compression of the double electrical layer under the effect of a high-voltage electric discharge resulting from the action of two opposite forces: the force of electrostatic repulsion and the forces of van der Waals attraction. The proposed wastewater treatment has been tested at a number of Krasnoyarsk region enterprises and proved to be highly efficient. Since the technology does not require high energy consumption, significant capital investments and considerable modification of existing technological schemes it can be recommended for wastewater treatment at coal deposits.

Keywords: water treatment; waste water; coal mining; electric pulse treatment

Предприятия угольной промышленности в частности разрез ОАО «Бородинский», осуществляющий добычу бурого угля открытым способом наносит непоправимый вред окружающей среде, загрязняя при этом все компоненты биосферы. Одной из проблем являются сточные воды, которые разнообразны по химическим загрязнениям и их очистка является актуальной.

Речная сеть района относится к бассейну реки Кан и представлена крупными реками Рыбная, Барга и их притоками. Также на территории предприятия протекают реки Ирша, Бородинка, Яруль. Реки имеют сравнительно спокойный характер, с хорошо выработанным и сформировавшимся руслом, асимметричной и местами заболоченной долиной. Река Барга перекрыта плотиной, образуя Баргинское водохранилище, которое является источником водозабора.

Естественное истощение подземных вод происходит полностью на площади отработки разреза и частично в окружающей его полосе, равной эффективной части радиуса влияния, не превышающей согласно расчетам 1,5 км. Величина радиуса влияния может уточняться по результатам измерений уровня воды в наблюдательных скважинах.

В связи с ведением горных работ контроля за качеством подземных вод за пределами разреза не происходит, так как депрессионная поверхность имеет уклон в строну выработанного пространства. Подземные воды, попадая в выработанное пространство, загрязняются, изменяя свои физические свойства.

Основными загрязняющими веществами являются взвешенные вещества, нефтепродукты, фенолы, железо, медь, цинк, марганец, алюминий, свинец, аммоний-ион, нитрит-ион, сульфаты, хлориды, магний, кальций. Величина pH воды находится в пределах 6,5-8, то есть вода является нейтральной. Качественно-количественная характеристика карьерно-дренажных вод приведена в таблице.

Качественно-количественная характеристика карьеро-дренажных вод

Вещество	Исходная концентрация, мг/дм^3	Остаточная концентрация, мг/дм^3		Эффективность очистки, %		ПДК, мг/дм^3	Класс опасности
		по существующей технологии (аналог)	по предлагаемой технологии (проект)	по существующей технологии (аналог)	по предлагаемой технологии (проект)		
Взвешенные вещества	62,8	37,68	2,512	40	96	ОБУВ	-
Нефтепродукты	34,5	13,8	0,0345	60	99,9	0,05	3
Фенолы	0,004	0,004	0,001	-	92,0	0,001	2
Железо	2,4	2,4	0,096	-	96,0	0,1	3
Аммоний-ион	7,2	7,2	0,3312	-	95,4	0,5	4
Медь	0,036	0,036	0,001	-	97,3	0,001	3
Цинк	0,28	0,28	0,009	-	96,8	0,01	3
Марганец	0,45	0,45	0,0099 0	-	97,8	0,01	3
Никель	0,38	0,38	0,0095	-	97,5	0,01	3
Алюминий	0,43	0,43	0,0172	-	96,0	0,04	3
Нитрит-ион	2,5	2,5	0,075	-	97,2	0,08	2
Свинец	0,14	0,14	0,0039	-	94,2	0,004	2
Сульфаты	210	210	16,8	-	92,0	100	4
Хлориды	56,5	56,5	3,39	-	94,0	35	4
Магний	72,5	72,5	5,003	-	93,1	40	3
Кальций	200,8	200,8	15,26	-	92,4	175	4
Нитрат-ион	8,5	4,5	0,55	-	93,5	5,2	3

Из данных, представленных в таблице, видно, что превышение нормативных значений наблюдается по всем химическим веществам, что неблагоприятно отражается на зообентосе водоемов [1].

Единственным способом очистки сточных вод на предприятии разрез «Бородинский» является механический. Вода очищается в двухсекционном отстойнике, между первой и второй секцией которого установлена нефтеловушка. Из второй секции сточная вода перекачивается в реку Барга. Река Барга является притоком реки Кан и впадает в нее на расстоянии 108 км от устья. Она берет свое начало из озера Гнилое. В настоящее время в точке сброса дренажных вод естественный режим реки нарушен, так как карьерные воды изменили сток подземных вод. Площадь водосбора реки Барга составляет 650 км^2, долина реки корытообразная, ассиметричная, ширина долины 1-2 км, берега покрыты травяной и кустарниковой растительностью. Русло реки узкое, шириной 2-8 м, извилистое, деформирующееся, дно русла илистое. Река часто зарегулирована плотинами, самая большая расположена в поселке Урал (Баргинское водохранилище). На участке от истока до Баргинского водохранилища река принимает воды родников и болот, а также сточные воды из сел Новое и Глубоково. Самая ближайшая к точке сброса карьерных вод плотина находится в 5 км ниже от нее в районе села Глубоково. Небольшое водохранилище используется для хозяйственно-бытовых нужд и водопоя скота.

Река Барга в районе расположения разреза и точки сброса карьерно-дренажных вод является водным объектом хозяйственно-бытового и рыбохозяйственного водопользования второй категории. В устьевую часть реки заходит хариус. На рассматриваемом участке обитают следующие виды рыб: щука, плотва, окунь, карась серебряный, гольян, пескарь. Рыбозимовальных ям на обозначенном участке нет.

Постоянные наблюдения за гидрохимическим составом реки Барга не проводятся.

Известно, что качество воды, ее биологическая полноценность в значительной мере определяется состоянием биогидроценозов. Поэтому из всех существующих систем контроля качества природных вод только система гидробиологического контроля дает непосредственную оценку состояния биогидроценозов, и в этом ее основное преимущество перед другими системами контроля качества вод.

Оценка воздействия Бородинского угольного разреза была осуществлена по двум показателям: результатам химических анализов воды рек Кан, Барга и результатам химического анализа донных отложений, включая состав и численность организмов зообентоса.

В данной работе представлено два направления гидробиологического анализа – анализ донных отложений, анализ зообентоса.

Донные отложения формируются в результате осаждения в водной среде частиц горных пород и почв, смываемых с поверхности водоразделов атмосферными осадками. Изучая распределение химических элементов в донных отложениях, можно найти источник их повышенных концентраций – месторождение полезного ископаемого, источник техногенного загрязнения или загрязненный участок ландшафта.

По вещественному составу донные отложения весьма разнообразны, но в среднем состоят из минерального (неорганического) и органического вещества (98 и 2% соответственно).

Для донных отложений характерна способность накапливать вместе с химическими элементами информацию об экологическом состоянии всей водосборной площади, что является важным обстоятельством, обуславливающим включение донных осадков в состав основных объектов экологических и эколого-геохимических исследований и использование их для оценки экологического состояния водных систем [2].

По численности и биомассе бентических организмов также можно произвести оценку качества вод и состояния экосистемы водных объектов.

Основными факторами воздействия на водные источники являются система хозяйственно-бытового водоснабжения и водоотведения, система производственного водоснабжения. В свою очередь на систему хозяйственно-питьевого водоснабжения негативное влияние оказывают сооружения отведения хозяйственно-бытовых сточных вод.

Формирование химического состава и общей минерализации подземных вод связано с двумя основными факторами: 1) условиями их происхождения; 2) взаимодействием с горными породами, по которым движется подземная вода, и условиями водообмена.

Пробы донных отложений были взяты в реках Кан и Барга. Результаты химического и спектрального анализов показывают, что содержание загрязняющих веществ по длине реки Барга возрастает по свинцу в 30 раз, цинку – в 20 раз, марганцу – в 9 раз. На исследуемом участке содержание этих веществ превышает кларки осадочных пород в десятки раз. В реке Яруль содержание свинца и цинка также значительно возрастает по длине водотока. При этом в верхней части реки концентрации не превышают кларка осадочных пород.

Таким образом, результаты анализов донных отложений показывают, что на протяжении водотоков происходит загрязнение, о чем свидетельствует значительное увеличение количества металлов по мере продвижения к устью рек.

Наибольшее видовое разнообразие зообентоса (36 видов) в исследованных объектах зарегистрировано в реке Кан. Наименьший видовой состав бентофауны (18 видов) отмечен в реке Рыбная.

В составе бентофауны во всех исследованных водных объектах по числу видов преобладали личинки хирономид, наибольшее их число (16) отмечено в реке Кан, наименьшее (3 вида) – в реке Барга. Все личинки хирономид являются показателями «умеренно-загрязненной» воды. Личинки мух-львинок, мух-долгоножек, которые являются ценным кормом для рыб, птенцов отмечены только в реке Ирша в ее нижнем районе.

Личинки ручейников, поденок, веснянок отмечались среди песчано-галечных грунтов во всех исследованных водных объектах, но наибольшего развития достигли в верхней части реки Ирша и в нижней части реки Бородинка. Известно, что эти группы донных беспозвоночных населяют водные объекты с достаточным содержанием кислорода для их жизни, предпочитают

проточные участки рек, и являются индикаторами «чистой» воды.

Олигохеты, которые предпочитают биотопы с органическим загрязнением, где низкое содержание кислорода, с наибольшей плотностью зарегистрированы только в верхней части реки Рыбная и в нижней части реки Кан. Это типичные показатели «грязной» воды. Единично встречены индикаторы «загрязненной» воды – фитофилы.

Брюхоногие моллюски наибольшего развития достигли в верхней части реки Барга и в нижней части реки Кан. Следует отметить, что брюхоногие моллюски питаются органическим веществом из грунта (грунтоеды). Это указывает на то, что в этих районах рек присутствуют органические вещества, которые скопились в виде иловых отложений.

Двустворчатые моллюски, встречающиеся только в нижней части реки Кан, фильтруют из толщи воды органические вещества, тем самым участвуют в процессах «самоочищения» реки.

Жуки, веснянки – хищники, потребляющие в качестве корма живые организмы (хирономид, олигохет), извлекают донных беспозвоночных из круговорота веществ, поддерживая баланс экосистемы на стабильном уровне, зарегистрированы практически повсеместно. Исключение отмечено в верхней части реки Барга: в составе бентофауны отсутствовали хищные беспозвоночные, что косвенно свидетельствует о низкой кормовой базе в этой части реки и нестабильных условиях существования бентонтов.

Амфиподы зарегистрированы единично и только в реке Рыбная и в нижней части реки Кан. Следует отметить, что амфиподы – это животные, жизнь которых не связана с грунтом, они могут перемещаться в толще воды и локализуются там, где хорошие пищевые ресурсы.

Таким образом, поверхностные воды района месторождения находятся в неблагополучном состоянии.

Помимо контроля качества вод необходимо определиться с такими направлениями рационального использования водных ресурсов, как:

– более полное использование и расширенное воспроизводство ресурсов пресных вод;

– разработка новых технологических процессов, позволяющих предотвратить загрязнение водоемов и свести к минимуму потребление свежей воды [3].

Угольная промышленность в настоящее время наиболее неблагоприятна в экологическом отношении. Образуется большое количество сточных вод, качественная очистка которых представляет собой сложную задачу.

Решение проблемы является исключительно важным не только с экологической точки зрения, но и в аспекте ресурсосбережения, так как глубокая очистка промстоков позволяет существенно увеличить использование воды в целях замкнутого водооборота.

Выбор оптимальных технологических схем очистки воды – достаточно сложная задача, он обусловлен многообразием находящихся в воде примесей и высокими требованиями, предъявляемыми к качеству очистки воды. Применяемые схемы очистки должны обеспечивать максимальное использование очищенных вод в основных технологических процессах и минимальный их сброс в открытые водоемы. При широком внедрении оборотных систем имеются дополнительные резервы по сокращению расхода свежей воды и уменьшению сброса в открытые водоемы.

При наличии в сточных водах тонкодисперсных частиц очистка протекает крайне медленно и малопроизводительно. Ускорить процесс осаждения можно различными физико-химическими методами, сокращающими время очистки в 2-4 раза и нарушающими агрегативной устойчивости системы, что приводит к улучшению показателей очистки сточных вод.

Воздействие физико-химических факторов основано, прежде всего, на нарушении физико-химического равновесия системы, на изменении крупности и поверхностных свойств частиц примесей, а также и свойств самой жидкой фазы. Для этого обычно используют методы окисления, осаждения с помощью реагентов (коагулянтов и флокулянтов), воздействие электрического, магнитного и ультразвукового полей, электрогидравлического удара и т.д.

Одним из путей решения проблемы является возможность применения электровзрывной обработки для очистки технологических (оборотных) и сточных вод. Суть данного метода заключается в пропускании через сточные воды кратковременных электрических импульсов при помощи электро-

дов, погруженных в раствор. Импульсный электрический разряд в жидкости сопровождается резким увеличением давления (до 100-200 МПа), воздействием сильных электромагнитных и акустических полей, кавитацией, создающей мощный поток сходящейся и расходящейся жидкости, резким повышением температуры и пр. При этом разрядный промежуток практически представляет собой низкотемпературную плазму, которая передаёт энергию обрабатываемой среде [4].

Электрический разряд, фактически взрыв в водной фазе вызывает в ней сложные физико-химические процессы, приводящие к разложению присутствующих в сточной воде органических примесей, улучшению коагуляции коллоидных и суспензированных веществ, осаждению взвесей и химических соединений.

Установка для разрядно-импульсной обработки жидкости состоит из стандартного генератора импульсных токов и технологического блока. Электродная система представляет собой попарно расположенные электроды, которые погружаются в обрабатываемую воду. Практически электродная система может быть размещена непосредственно в трубопроводах, по которым перекачивают промстоки. Электрический разряд происходит последовательно от одной электродной пары к другой. Расчётами подбирается такой режим обработки, чтобы после срабатывания последней пары электродов к работе была готова первая пара. Как следствие, обработка воды идёт непрерывно [5].

В зависимости от сечения трубы, скорости подачи жидкости и требуемых санитарных показателей очистки устанавливается такой режим электровзрывной обработки, чтобы вся очищаемая вода фактически проходила зону высокоимпульсной активации.

Таким образом, весь объём воды, поступающий на очистку, подвергается мощному энергетическому воздействию, вследствие чего и происходят различные физико-химические превращения с присутствующими в воде вредными примесями, как органического, так и неорганического происхождения.

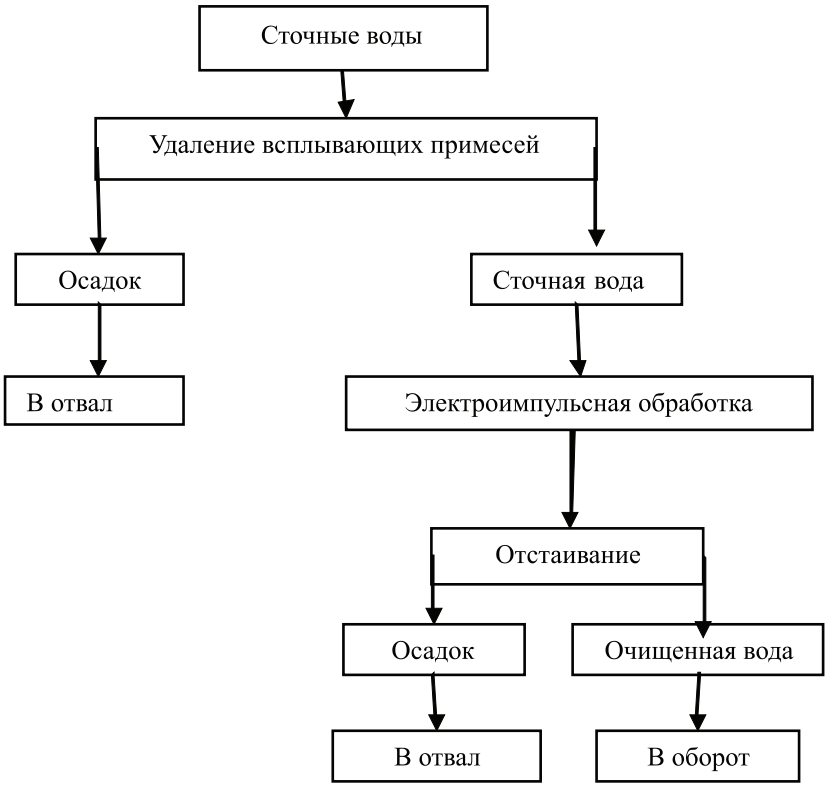
Установка по электровзрывной обработке сточных вод не отличается повышенными энергозатратами, не требует сверхзатрат по обеспечению безопасности обслуживания, отличается сравнительно небольшими габаритами.

Проведенные исследования показали, что электровзрывная обработка сточных вод позволяет увеличить скорость осаждения минеральных веществ практически в 7-8 раз и значительно сократить время процесса. Положительное влияние электровзрывной обработки на скорость осаждения твёрдых взвесей объясняется повышенной коагуляцией минеральных частиц вследствие сжатия двойного электрического слоя под действием высоковольтного электрического разряда в результате действия двух противоположно направленных сил: электростатического отталкивания и сил ван-дер-ваальсового притяжения. При электровзрывной коагуляции важную роль играет электрическая характеристика минеральной поверхности, одним из показателей которой является электрокинетический потенциал.

Проведенные исследования показали, что после импульсного электрического разряда в водных гетерогенных системах этот потенциал резко снижается, становится значительно ниже порога коагуляции (± 30 мВ). При этом происходит интенсивное осадкообразование за счёт повышенной коагуляции тонкодисперсных частиц примесей, находящихся в промстоках. Вследствие этого эффективность осаждения вредных веществ значительно возрастает (см. таблицу).

Данный метод обработки позволяет не только интенсифицировать процесс осаждения примесей из промышленных сточных вод, но и извлекать органические примеси и нефтепродукты, удалять токсичные вещества, способствует удалению из водной фазы соединений тяжёлых и цветных металлов, разложению сульфатов и хлоридов и т.д. [6]. Технологическая схема очистки сточных вод представлена на рисунке.

Исследования, проведенные на сточных водах, показали достаточно высокие результаты. Предлагаемая технологическая схема очистки прошла проверку на ряде предприятий Красноярского края и показала высокую эффективность. А в связи с тем, что данная технология не требует больших энергетических затрат, значительных капитальных вложений и серьёзного изменения существующих технологических схем, она может быть рекомендована для применения в цикле очистки сточных вод угольных месторождений.



Технологическая схема очистки сточных вод

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маштаева, Е.В. Оценка воздействия на окружающую среду. – Бородино, 2003. 68 с.

2. Лалетин Н.И. Технологические решения «Филиал ОАО «СУЭК-Красноярск» разрез «Бородинский». – Бородино, 2009. – 72 с.

3. Таубе, П.Р., Баранова, А.Г. Химия и микробиология воды: учеб.пособие для студентов вузов. М.: Высшая школа, 1983. – 280 с.

4. Гронь В.А., Коростовенко В.В. Исследование возможности применения разрядно-импульсного меода в технологиях очистки промышленных стоков обогатительного производства. – Пенза, 2013.

5. Гронь В.А., Коростовенко В.В. Степанов А.Г. Очистка сточных и оборотных вод предприятий теплоэнергетики с применением электрогидроимпульсной обработки. Красноярск, 2008.

6. Осветление технологической и очистка сточных вод путем взрывоимпульсной обработки при освоении россыпных месторождений [Текст] / А.С. Кустов [и др.] // Изв. вузов. Горный журнал, 1988. № 6.