

ОПЫТ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

(на примере шахты «Разрез Ольжерасский»)



Д. Г. Господинов,
генеральный директор,
канд. геол.-минерал. наук
(ЗАО «ПО Геоэкология плюс»)



С. А. Новосельцев,
технический директор
(Филиал ОАО «Южный Кузбасс»,
управление по подземной добыче угля)



А. В. Шкарин,
главный технолог, канд. хим. наук
(ЗАО «ПО Геоэкология плюс»)

В последние годы получили широкое распространение новые, достаточно эффективные технологии очистки производственных сточных вод, основанные на достижениях в области электрохимии, изучения явления адсорбции, создания новых материалов (ионообменных смол, мембран, сорбентов, композиционных материалов с заданными свойствами и т. д.). Для новых технологий характерна, во-первых, высокая степень очистки, соответствующая жестким нормам, устанавливаемым органами природоохраны, а во-вторых, реализация этих технологий, в отличие от традиционных реагентных, требует значительно меньшей производственной площади, а сами они легко поддаются автоматизации.

оборудования, строительных и монтажных организаций, а также необходимость отведения под строительство значительных площадей. Во-вторых, — немалый срок строительства. И наконец, — окупаемость строительства и эксплуатации очистных сооружений. Эта проблема особенно злободневна для горнорудных и угольных предприятий в связи с ограниченным сроком эксплуатации карьеров, подземных рудников и шахт. Нередки случаи, когда сроки эксплуатации рудников оказываются меньше расчетного срока эксплуатации очистных сооружений (20 лет). Шахта закрывается, пригодные к работе, но невосстановленные очистные сооружения остаются. Последняя причина вынуждает многие предприятия работать без очистных сооружений, сбрасывая неочищенные производственные сточные воды в балки, озера, реки или накапливая их во «временных» хранилищах. Вышеуказанные причины заставили специалистов ЗАО «ПО Геоэкология плюс» кардинальным образом изменить подход к созданию современных очистных сооружений, перейдя на применение универсальных модулей водоочистки (УМВ).

Более 20 лет ЗАО «ПО Геоэкология плюс» для очистки подземных, поверхно-

Одним из перспективных методов очистки производственных сточных вод является метод электрохимической обработки, в частности метод электрофлотокоагуляции (ЭФК) с растворимыми электродами [1–4]. Обработка производственных сточных вод методом ЭФК с последующей доочисткой на сорбционных [5, 6] или ионитовых [7] фильтрах обеспечивает качество очищаемой воды, удовлетворяющее самым высоким требованиям.

Преимущества очистных сооружений,

базирующихся на использовании электрообработки производственных сточных вод и сорбционной или ионитовой доочистки, очевидны. Однако с позиции рентабельности строительства и эксплуатации подобных очистных сооружений все не так просто. Существуют несколько причин, сдерживающих их широкое применение. Во-первых, — сложность организации строительства, требующего относительно большого объема земляных и строительномонтажных работ, при большой удаленности от поставщиков материалов и

стных и производственных сточных вод от органических и неорганических загрязнителей применяет технологии глубокой очистки, которые основаны на электрохимической обработке очищаемой воды с последующей доочисткой на сорбционных или ионитовых фильтрах. Ниже рассматривается опыт создания сооружений для очистки шахтных вод методом электрофлотокоагуляции с последующей доочисткой на сорбционных фильтрах. Комбинирование вышеуказанных методов очистки позволяет очищать шахтные воды до уровня предельно допустимых концентраций (ПДК) для водоемов рыбохозяйственного назначения.

Технология очистки подземных, поверхностных и производственных сточных вод

На рис. 1 показана блок-схема комбинированной очистки подземных, поверхностных и производственных сточных вод. Предложенная технологическая схема может использоваться в нескольких вариантах, главными из которых являются следующие.

I вариант: предварительная очистка — электрохимическая обработка — осветление в отстойнике — доочистка в сорбционных фильтрах;

II вариант: предварительная очистка — электрохимическая обработка — осветле-

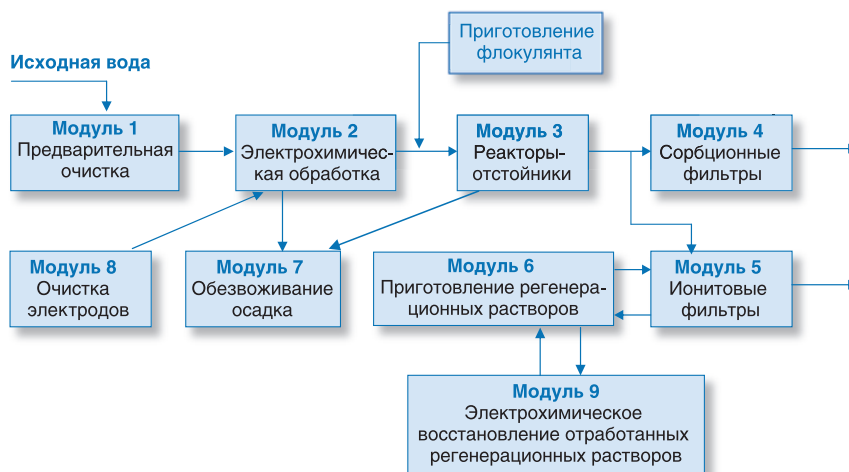


Рис. 1. Блок-схема комбинированной очистки подземных, поверхностных и производственных сточных вод

ние в отстойнике — доочистка в ионитовых фильтрах.

Выбор технологии очистки определяется концентрацией и видом загрязняющих веществ, объемом очищаемой воды, требуемой степени очистки и другими факторами, зависящими от конкретных условий.

Очистные сооружения шахты «Разрез Ольжерасский»

В соответствии с договором, на шахте «Разрез Ольжерасский» ОАО «Южный Кузбасс» в июле 2006 г. ЗАО «ПО Геоэко-

логия плюс» были проведены опытно-производственные испытания по очистке шахтных вод, которые предшествовали разработке проекта и строительству сооружений очистки. Как следует из табл. 1, шахтные воды характеризуются высокой концентрацией взвешенных веществ, однако при проведении опытно-производственных испытаний выяснилось, что она еще значительно выше.

При проведении опытно-производственных испытаний использовалась технологическая схема очистки, показанная на рис. 2. Воду в электрофлотокоагулятор подавали

Таблица 1. Загрязненность шахтной воды на шахте «Разрез Ольжерасский» и требования к очищенной воде

Показатели	ПДК		Состав неочищенной шахтной воды	
	для водоемов рыбохозяйственного назначения	СанПиН 2.1.4.1074-01	Декабрь 2005 г.	Июль 2006 г.
рН	6,5–8,5	6–9	7,8	7,3
Сухой остаток, мг/л	1000	1000	584	580
Взвешенные вещества, мг/л	Фон + 0,25	–	995	5230
Жесткость, мг-экв/л	7,0	7,0	5,15	4,1
Нефтепродукты, мг/л	0,05	0,1	0,16	3,7
Нитраты, мг/л	40	45	148,8	19,3
Нитриты, мг/л	0,08	3,3	0,6	1,94
Аммонийный азот, мг/л	0,5	2,0	0,85	10,2
Сульфаты, мг/л	100	500	78,19	96
Железо, мг/л	0,1	350	0,18	49,1
Марганец, мг/л	0,01	0,1	0,08	н/о
Медь, мг/л	0,001	1,0	0,001	0,01
Цветность, градус	20	20	80	–
Мутность, мг/л	1,5	1,5	7,78	15,3

при постоянных параметрах: ток 21 А, напряжение 30 В, подача 0,36 м³/ч. Из электрофлотокоагулятора вода поступала в емкость, в которую дозированно добавляли 1 %-ный водный раствор полиакриламида (ПАА). При этом происходила коагуляция мелкодисперсных частиц и выпадение осадка. Осветленная вода отделялась от осадка и насосом пропусклась через сорбционный фильтр для более глубокой очистки. В качестве фильтрующей загрузки использовали различные материалы (альбитофир; активные угли АГ-3 и СКД-515; МЖФ). Результаты очистки шахтной воды комбинированным способом представлены в табл. 2.

Как следует из данных табл. 2, на стадии электрохимической обработки содержание взвешенных веществ в шахтной воде снижается на 98,9 %, а концентрация тяжелых металлов достигает требуемых норм.

По результатам опытно-производственных испытаний ЗАО «ПО Геоэкология плюс» был разработан проект, а в апреле 2008 г. построены очистные сооружения производительностью до 500 м³/ч. В качестве фильтрующей сорбционной загрузки был рекомендован МЖФ (каталитически активный материал).

В соответствии с проектом, взвешенные вещества осаждались в 2-секционном пруду-отстойнике. В основу технологии был заложен I вариант схемы очистки (см. рис. 1). Из 2-секционного пруда-отстойника шахтная вода самотеком поступает на очистные сооружения. Здесь она проходит электрохимическую обработку в элек-

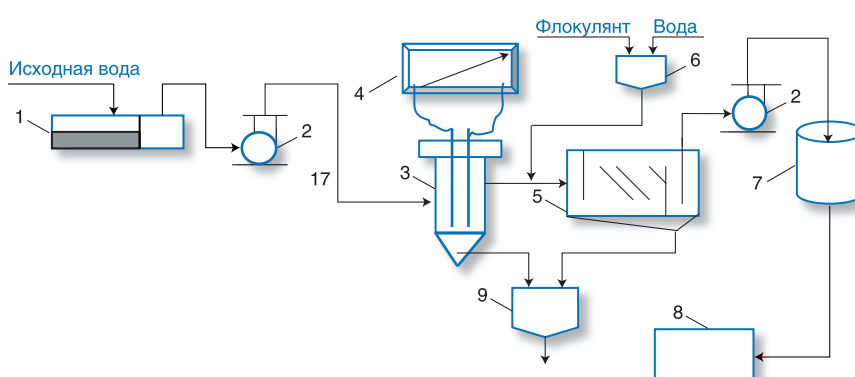


Рис. 2. Технологическая схема очистки шахтных вод:
 1 — отстойник; 2 — насос; 3 — электрофлотокоагулятор (ЭФК); 4 — источник постоянного тока; 5 — реактор-отстойник; 6 — дозатор флокулянта; 7 — сорбционный фильтр; 8 — резервуар очищенной воды; 9 — емкость для сбора осадка

трофлотокоагуляторах (10 шт.), а затем подается в реакторы-отстойники (6 шт.), где происходит осаждение осадка. Дочистка шахтной воды осуществляется в сорбционных фильтрах (7 шт.). Очищенная вода используется для технологических целей. Осадок, образующийся в реакторах-отстойниках (в основном это — гидроксид алюминия, получаемый при растворении алюминиевого анода), поступает в пруд-отстойник для ускорения осаждения взвешенных веществ.

При проведении пусконаладочных работ в июле – сентябре 2008 г. было установлено, что оборудование работает в соответствии с техническими требованиями, и очистные сооружения обеспечивают необходимую степень очистки (табл. 3).

Анализ информации, полученной в период пусконаладочных работ и эксплуатации очистных сооружений шахты «Разрез Ольжерасский» показал, что в начальный

период очистка шахтных вод осуществляется эффективно. Однако с течением времени эффективность очистки шахтных вод снижается, что обусловлено присутствием в исходной шахтной воде смачивателя (СПАВ). Не предусмотренная при проектировании и строительстве очистных сооружений высокая концентрация СПАВ в шахтных водах отрицательно сказывается на работе очистных сооружений: большие количества СПАВ окисляются не полностью, обуславливая постепенное зарастание электродного блока электрофлотокоагуляторов, в результате чего происходит «проскок» СПАВ в сорбционные фильтры и их «отравление».

Следует отметить, что при концентрации до 1 мг/л СПАВ в электрофлотокоагуляторе окисляется полностью при рабочем токе 800–900 А. При возрастании концентрации или снижении рабочего тока до 400–500 А происходит лишь частич-

Таблица 2. Результаты очистки шахтной воды комбинированным способом при ОПИ

Ингредиенты	Исходная шахтная вода	Шахтная вода после ЭФК	Шахтная вода после ЭФК и Ф1 (альбитофир)	Шахтная вода после ЭФК и Ф2 (СКД-515)	Шахтная вода после ЭФК и Ф3 (МЖФ)
рН	7,3	7,5	7,6	7,5	7,8
Сухой остаток, мг/л	580	510	526,8	523,9	568,9
Взвешенные вещества, мг/л	5230	52,5	12,1	73,3	4,5
Нитраты, мг-экв/л	19,3	11,2	16,5	9,2	6,6
Нитриты, мг/л	1,94	1,11	1,48	0,62	0,97
Аммоний, мг/л	10,2	13,7	10,0	10,7	10,4
Сульфаты, мг/л	96,6	73,1	132,3	99,2	81
Железо, мг/л	49,1	0,18	0,15	0,11	0,17
Медь, мг/л	0,01	н/о	0,0009	н/о	0,007
Свинец, мг/л	0,01	н/о	н/о	0,002	–
Нефтепродукты, мг/л	3,77	1,3	0,59	0,42	–

Таблица 3. Результаты очистки шахтной воды комбинированным способом при пусконаладочных работах и эксплуатации

Показатели	Пусконаладочные работы, август 2008 г.		Эксплуатация, январь 2009 г.	Опытно-производственные испытания, май 2009 г.
	Шахтная вода до очистки	Шахтная вода после очистки	Шахтная вода после очистки	Шахтная вода после озонирования и фильтра (МЖФ)
рН	6,9	7,2	7,7	8,2
Сухой остаток, мг/л	567	560	610	480
Взвешенные вещества, мг/л	45	2,0	3,3	–
Нитраты, мг-экв/л	19,3	19,0	14,2	–
Нитриты, мг/л	0,5	0,1	0,73	–
Аммоний, мг/л	0,39	0,4	1,65	0,18
Сульфаты, мг/л	67	73	70	74
Железо, мг/л	0,91	0,04	0,25	0,05
Цинк, мг/л	0,0084	<0,014	–	–
Медь, мг/л	0,0052	0,002	–	<0,005
Марганец, мг/л	0,02	0,007	0,073	–
Нефтепродукты, мг/л	0,31	н/о	0,02	0,03
СПАВ, мг/л	1,5	0,6	5,1	0,04

ное окисление СПАВ и постепенное зарастание электродов. Следовательно, для снижения концентрации СПАВ в шахтной воде, поступающей на очистные сооружения, необходимо предусмотреть дополнительные меры, например, установить озонатор, который позволит практически полностью окислить СПАВ и тем самым обеспечить нормальную работу электрофлотокоагуляторов и сорбционных фильтров.

В мае 2009 г. были проведены опытно-производственные испытания с шахтной водой, подвергнутой озонированию (см. табл. 3). Полученные данные подтвердили целесообразность применения

озонирования. Следует также отметить, что использование озонатора не только повышает эффективность работы сорбционных фильтров по очистке шахтных вод от металлов, но и увеличивает срок службы фильтров. Использование озонатора одновременно решает вопрос по окислению аммонийного азота и нитрита, а также снижения концентрации нефтепродуктов до уровня ПДК. Предложенное техническое решение по дополнительной обработке шахтной воды озоном было одобрено заказчиком, и в настоящее время имеется соглашение о проведении этих работ. ■

Mine water purification practice at coal deposits (Case study of Olzherasskiy Open-cast Mine)

D. G. Gospodinov, S. A. Novoseltsev, A. V. Shkarin

The article describes the practice of mine water purification by method of electric flocculation with the subsequent post treatment of water on sorption filters. The authors present the results generated at the pre-commissioning and operation stages of mine water purification facilities at the Olzherasskiy Open-cast Mine belonging to the OAO Yuzhnyi Kuzbass coal company.

Key words: underground, Mine water purification practice at coal deposits



Список литературы = References

1. Ярославский З. Я. Исследования электрофлотокоагуляторов для очистки воды // Труды ВНИИГиМ. М., 1965. Т. 43.
2. Апелъцина Е. И. Электрохимические методы в технологии очистки природных и сточных вод: Обзор. М.: ЦИНИС Госстроя СССР, 1971.
3. Бьччин Н. А., Повх И. Л., Казимиренко Н. В. Исследование электрокоагуляционного метода очистки шахтных вод. Пермь, 1973.
4. Яковлев С. В., Краснородько И. Г., Рогов В. М. Технология электрохимической очистки. Л.: Ленинградское отд. Стройиздата, 1987.
5. Адсорбционная технология очистки сточных вод / А. М. Когановский [и др.]. Киев: Техника, 1981.
6. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды. Л., Химия, 1982.
7. Гребенюк В. Д. Обессоливание воды ионитами. М: Химия, 1980.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ВОДООЧИСТКИ (УМВ)

ЗАО «ПО Геоэкология плюс», ЗАО «Инженерные геотехнологии» и ЗАО «ПО Водостокорудование» совместно разрабатывают и внедряют на предприятиях технологии глубокой очистки производственных сточных вод (ПСВ), основанные на достижениях в области электрообработки (электрофлотокоагуляция, озонирование) сточных вод с последующей доочисткой сорбционно-ионитным способом. Возможности данного способа глубокой очистки ПСВ практически удовлетворяют самым высоким требованиям органов природоохраны.

В основу строительства предлагаемых современных очистных сооружений заложен модульный принцип. Это расширяет возможности применения технологии глубокой очистки ПСВ, особенно на горных предприятиях со сроками эксплуатации, меньшими, чем расчетный срок эксплуатации традиционных очистных сооружений (20 лет) с использованием данной технологии.

Универсальный модуль водоочистки (УМВ) содержит все необходимое оборудование для очистки ПСВ по техническому заданию заказчика. Модуль доставляется на объект, монтируется и после проведения пусконаладочных работ и обучения обслуживающего персонала запускается в эксплуатацию. В случае ликвидации объекта модуль транспортируется на другой действующий объект.

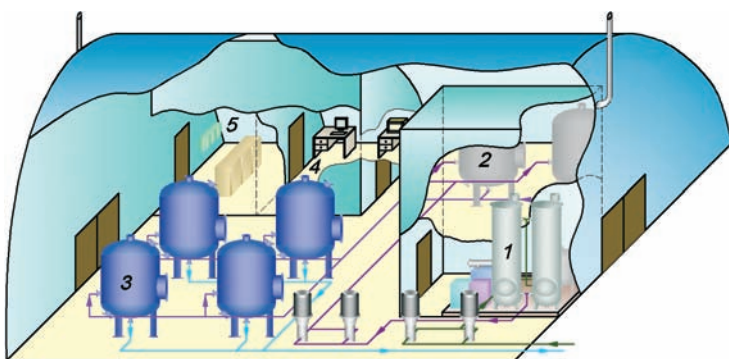
Преимущества проектирования и строительства модульных очистных сооружений для очистки ПСВ по сравнению с традиционными способами строительства:

1. Сокращение времени и стоимости проведения защиты проекта в Госэкспертизе РФ.
2. Уменьшение площади под строительство очистных сооружений.
3. Минимизация сроков и объемов монтажных работ внутри модуля.
4. Сокращение сроков пусконаладочных работ.
5. Снижение до 150 % стоимости изготовления модуля по сравнению со стоимостью обычного способа строительства и полного монтажа оборудования в здании очистных сооружений.

Состав технологического оборудования конкретного УМВ зависит от исходного химического состава загрязненных ПСВ и требуемой степени очистки, а также от условий эксплуатации УМВ (примеры модулей с характерным набором оборудования приведены ниже).

Предварительно проводятся опытно-производственные испытания по отработке технологической схемы очистки ПСВ заказчика (с учетом исходных характеристик ПСВ), определяются технологические характеристики изготавливаемого модуля с учетом условий его эксплуатации.

Модуль очистки шахтных вод предприятий угольной промышленности



- 1 – блок озонатора
- 2 – блок механической очистки
- 3 – блок сорбционных фильтров
- 4 – блок управления
- 5 – электросиловой блок

Состав исходной воды:

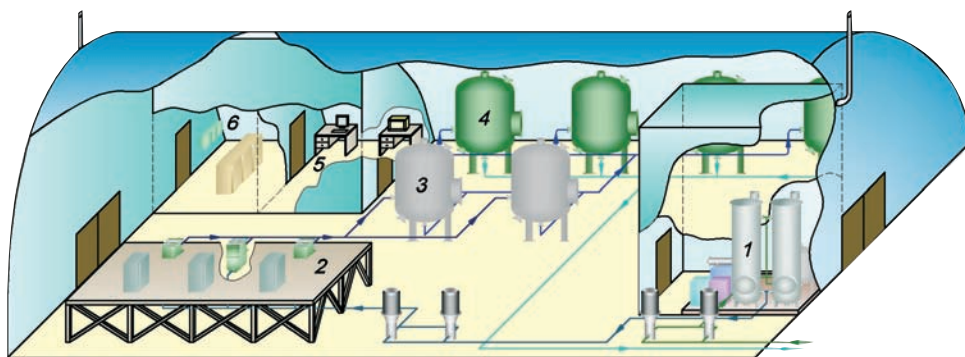
сухой остаток – 580 мг/л; жесткость – 5,2 мг-экв/л;
сульфаты – 96 мг/л; нитриты – 1,94 мг/л;
аммоний – 10,2 мг/л; Fe – 0,32 мг/л;
Zn – 0,05 мг/л; Cu – 0,03 мг/л; Mn – 0,01 мг/л;
нефтепродукты – 3,7 мг/л.

Модуль очистки нефтесодержащих вод

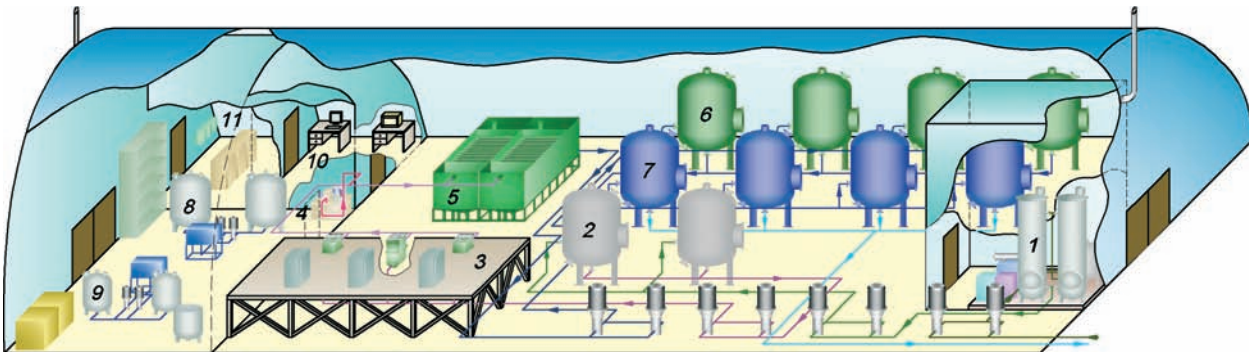
- 1 – блок озонатора
- 2 – блок электрофлотокоагуляторов
- 3 – блок механической очистки
- 4 – блок сорбционных фильтров
- 5 – блок управления
- 6 – электросиловой блок

Состав исходной воды:

pH 6,6;
взвешенные вещества – 194 мг/л;
нефтепродукты – 70 мг/л;
СПАВ – 9,0 мг/л.



Модуль очистки производственных сточных вод горнодобывающих предприятий цветной металлургии

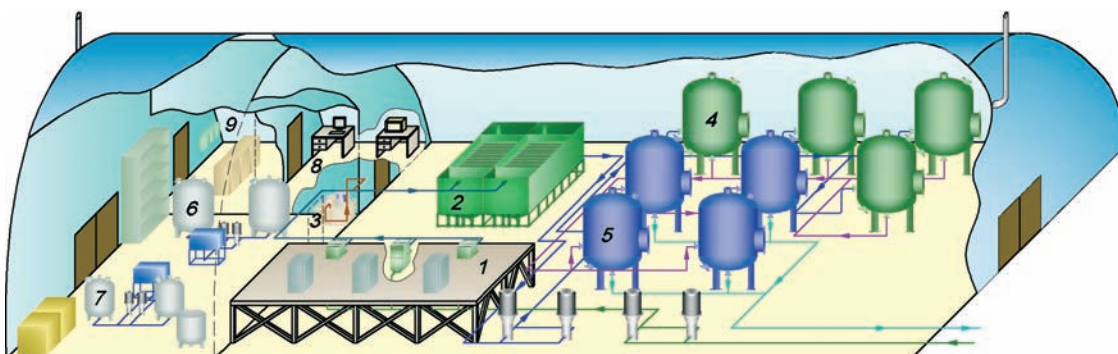


- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1 – блок озонатора | 7 – блок анионитных фильтров |
| 2 – блок механической очистки | 8 – блок регенерации катионитных фильтров |
| 3 – блок электрофлотокоагуляторов | 9 – блок регенерации анионитных фильтров |
| 4 – блок дозирования флокулянта | 10 – блок управления |
| 5 – блок реакторов-отстойников | 11 – электросиловой блок |
| 6 – блок катионитных фильтров | |

Состав исходной воды: рН 4,02; взвешенные вещества – 7035 мг/л; сухой остаток – 7193 мг/л; нефтепродукты – 0,7 мг/л; жесткость – 27,1 мг-экв/л; Fe – 192,4 мг/л; Cu – 55,9 мг/л; Zn – 7,82 мг/л; Co – 0,01 мг/л; Mn – 0,6 мг/л; аммоний – 3,0 мг/л; сульфаты – 3833 мг/л; хлориды – 449,6 мг/л.

Состав очищенной воды соответствует требованиям ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения.

Модуль очистки сточных вод гальванических производств



- | | |
|---|--|
| 1 – блок электрофлотокоагуляторов | 5 – блок анионитных фильтров |
| 2 – блок реакторов-отстойников | 6 – блок регенерации катионитных фильтров |
| 3 – блок приготовления и дозирования флокулянта | 7 – блок регенерации анионитных фильтров |
| 4 – блок катионитных фильтров | 8 – блок управления; 9 – электросиловой блок |

Состав исходной воды: рН 6,9; сухой остаток – 865 мг/л; Cr(VI) – 12,5 мг/л; Ni – 14,1 мг/л; Cu – 4,5 мг/л; Al – 11,2 мг/л; Fe (общее) – 7,7 мг/л; органические вещества – 5,3 мг/л.

Срок изготовления УМВ – от 8 до 14 месяцев в зависимости от характеристик ПСВ и условий эксплуатации УМВ.

Оплата осуществляется в рублях.

Работы выполняются на условиях полной предоплаты.

ЗАО «ПО Геоэкология плюс»
 630032 Новосибирск, ул. Станционная, 2а, а/я 183
 Тел/факс (383) 353-12-80, тел. (383) 353-73-99
www.geoecology.ru
ressbertech@geoecology.ru; ressbertech@ngs.ru