

ОЧИСТКА СТОКОВ И УТИЛИЗАЦИЯ  
ОТВЕРЖДЕННЫХ ОТХОДОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

*Вода стоит особняком в истории нашей планеты.  
Нет природного тела, которое могло сравниться с  
ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных,  
геохимических процессов.*

*В.И.Вернадский*

*В статье предложен метод решения проблемы утилизации осадков шахтных вод. Отсутствие эффективной технологии и высокопродуктивного оборудования для утилизации осадков шахтных вод приводит к значительному загрязнению окружающей среды. Применяемые в настоящее время методы очистки загрязненных шахтных вод позволяют получить продукт, затраты на утилизацию которого превосходят затраты на очистку воды.*

Промышленное производство, обеспечивающее жизнедеятельность человечества, одновременно является источником большого количества небезопасных отходов, интенсивно загрязняющих водоемы, землю и воздух. Вода выносит огромные массы растворенных веществ в моря и океаны, где происходят сложные химические и биохимические процессы, способствующие самоочищению водоемов.

Но усиление загрязнения воды промышленными и бытовыми отходами приводит к нарушению процессов самоочищения, наносит ущерб обитателям водоемов. Поэтому первостепенное значение приобретают вопросы охраны водных источников от истощения, а также от загрязнений сточными водами.

Существующие методы позволяют очищать стоки почти всех отраслей промышленности. Однако методы очистки шахтных вод связаны с образованием большого количества рыхлого, плохо отдающего влагу осадка, затраты на утилизацию которого превосходят затраты на очистку воды. До настоящего времени все еще остаются нерешенными вопросы утилизации стоков угольных шахт. Следует отметить, что это наиболее трудно решаемая задача во всем процессе очистки шахтных вод, требующая значительных временных и финансовых затрат. Не преодолен даже первоначальный барьер в решении этого вопроса — получение обезвоженного осадка, доведенного до транспортабельного состояния. В промышленных условиях такие работы не проводились, не решены они и на экспериментальных этапах.

В угольной промышленности Украины проводились работы по обезвоживанию осадков шахтных вод на центрифугах и фильтрах, но дальше экспериментов эти работы не продвинулись. Между тем, шахтами Украины ежегодно выдается около 900 млн. м<sup>3</sup> шахтной воды, содержание взвешенных веществ в которой 100–1000 мг/л. Так, например, шахты объединения «Торезантрацит» попутно с добычей угля ежегодно выдают около 56 млн. м<sup>3</sup> воды, в которой содержится более 12 тыс. т взвешенных веществ (твердого осадка). Ежегодный объем этих осадков в жидком состоянии около 100 тыс. м<sup>3</sup>. Эти отходы заполняются пруды-накопители, строящиеся в балках и оврагах. Потенциальная возможность загрязнения гидрографической сети увеличивается при неблагоприятных погодных условиях: во время паводков или обильных дождей осадок часто уносится в близко расположенные водоемы.

Выбору направления исследований предшествовало изучение отечественных и зарубежных разработок по отверждению осадков сточных вод, причем в отечественных публикациях рекомендаций по изучаемой проблеме практически нет [1-6].

В настоящей работе исследована возможность сгущения и дальнейшего отверждения осадков шахтных вод с целью их утилизации. Были использованы осадки шахт «Рассыпнянская» №2 и «Волынская». Для выполнения анализа осадков были отобраны пробы массой 120 кг из каждого пруда-накопителя.

Часть отобранной пробы подвергали химическому анализу и определению ситового состава взвешенных веществ.

Результаты химического анализа приведены в табл.1. Как показали дальнейшие исследования, наличие соединений алюминия, железа, кремния и магния способствует отверждению осадка шахтных вод при вводе реагентов. Однако высокая зольность осадка, в пределах 40%, свидетельствует о наличии значительного количества угольных частиц, что отрицательно влияет на прочность отвержденной массы.

Таблица 1. Химический состав осадков шахтных вод

Наименование шахт	Влажность %	Плотность твердого, г/см <sup>3</sup>	Зольность, %	Химический состав золы, %					
				SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>
Рассыпнянская	46,6	2,21	40,97	48,50	2,50	19,55	14,02	2,52	3,52
Волынская	46,0	1,89	41,16	51,70	8,10	23,77	1,82	2,72	-

Гранулометрический состав осадка воды шахты «Рассыпнянская» показан в табл.2. Зольность осадка показывает наличие угольных частиц, что свидетельствует о неполном их извлечении.

Таблица 2. Гранулометрический состав осадка воды шахты «Рассыпнянская»

Классы, мм	Выход, %	Зольность, %
0,2	0,84	33,19
0,1 – 0,2	25,45	27,15
0,063 – 0,1	8,29	32,94
0,003 – 0,1	9,71	53,77
0,001 – 0,003	20,31	60,76
0,001	25,40	62,38
Итого:	100,00	46,64

Данную работу вели по двум направлениям:

- исследовали возможность получения сгущенного осадка при очистке шахтных вод (до 400 г/л);

- исследовали возможность отверждения сгущенных осадков шахтных вод.

Сгущение осадков шахтных вод проводили на лабораторной установке (рис.1) производительностью 30-60 л/час в зависимости от содержания твердого в питании.

В качестве сгущающего реагента использовали полиакриламид. Расход реагента составлял 5,7 мг/л. Для экспериментов использовали осадок с содержанием в нем взвешенных веществ 60 г/л. Результаты экспериментов показали, что осадок осаждается и уплотняется в течение 1 мин. до содержания в нем взвешенных веществ 300-350 г/л.

Для отверждения осадков шахтных вод применяли отверждающие составы на основе силиката натрия (жидкого стекла). В качестве отверждающих добавок в осадок вводили хлористый кальций, алюминат натрия и серноокислый алюминий. Расход добавок составлял 5–10 кг на тонну твердого осадка. Для улучшения контакта реагентов с частицами осадка и силикатом натрия водорастворимые добавки вводили в виде 10%-ного раствора. С целью значительного ускорения процесса отверждения целесообразно вводить в состав добавки порошка натрия кремнефтористого, расход которого может быть в пределах 5 кг на тонну твердого осадка.

Учитывая сложность применения в промышленных условиях большого количества компонентов, в отверждаемый осадок вводили, как правило, не более 3-х компонентов.

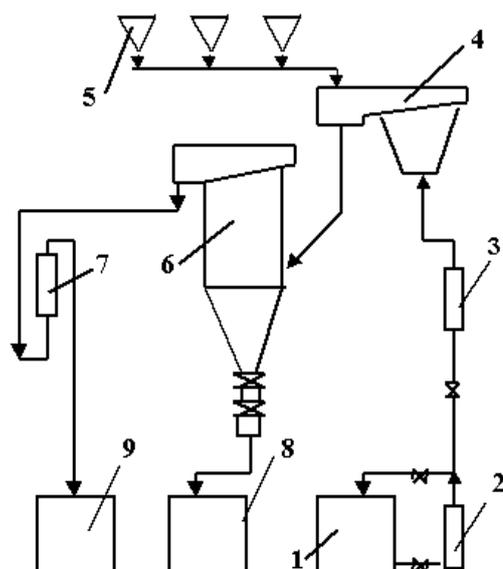


Рис.1. Лабораторная установка для сгущения осадков шахтных вод: 1 – емкость питания; 2 – насос; 3 – расходомер; 4 – воздухоотделитель; 5 – капельницы; 6 – сгуститель; 7 – расходомер; 8 – емкость сгущенного; 9 – емкость слива.

При проведении эксперимента отвержденный осадок на разных стадиях его преобразования имел различную плотность и внешний вид, что позволило условно называть его по степени отверждения: гель, паста, замазка, полное отверждение. При достижении стадии «замазки» осадок укладывался в форму размером 160x40x40 мм до полного отверждения. Усредненные данные результатов исследований показаны в таблице 3.

Таблица 3. Время и стадии формирования отвержденного продукта.

№	Количество осадка		Реагенты		Формирование процесса отверждения, количество суток с момента введения реагента		
	Общий объем, см <sup>3</sup>	Кол-во твердого, г	Наименование	Количество, мл, г	гель	паста	замазка
1	2	3	4	5	6	7	8
1	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> NaAlO <sub>2</sub>	315 150	1	10	14
2	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> NaAlO <sub>2</sub>	420 150	7	10	17
3	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> NaAlO <sub>2</sub>	630 150	1	2	14
4	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> CaCl <sub>2</sub>	315 180	1	10	24
5	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> CaCl <sub>2</sub>	450 250	1	-	-
6	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> CaCl <sub>2</sub>	630 180	1	2	14
7	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> CaCl <sub>2</sub>	630 300	1	-	-
8	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> CaCl <sub>2</sub> NaAlO <sub>2</sub>	320 250 100	2	8	12

Продолжение табл.3

1	2	3	4	5	6	7	8
9	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> CaCl <sub>2</sub> NaAlO <sub>2</sub>	630 300 150	2	7	12
10	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	315 150	4	8	11
11	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	315 200	2	3	11
12	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	400 250	3	8	11
13	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	630 300	5	7	9
14	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> - порошок	315 150	0,3	1	2
15	3000	2000	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> CaCl <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> - порошок	315 100 150	0,3	1	2

На первой стадии исследований предварительная прочность отвержденного осадка определялась визуально, без инструментальных методов. При получении непрочных, рыхлых проб эксперимент все равно считался положительным, т.к. такой продукт легко утилизируется.

Перемешивание отверждающих составов с осадком выполнялось в емкостях вручную. Учитывая тот факт, что оснащение шахт наклонными отстойниками будет проходить значительное время, а на большинстве шахт осадок концентрируется в горизонтальных отстойниках и прудах, в лабораторных условиях были сделаны модели отстойников. Перемешивание осадка с отверждающими составами в промышленных отстойниках повлечет за собой дополнительное решение ряда технических задач. В связи с этим, в моделях отстойников опробован инъекционный метод введения отверждающих составов.

Полное отверждение образцов практически во всех случаях наступало на 28-30 сутки от начала экспериментов. Внешний вид отвержденных образцов показан на рис.2.

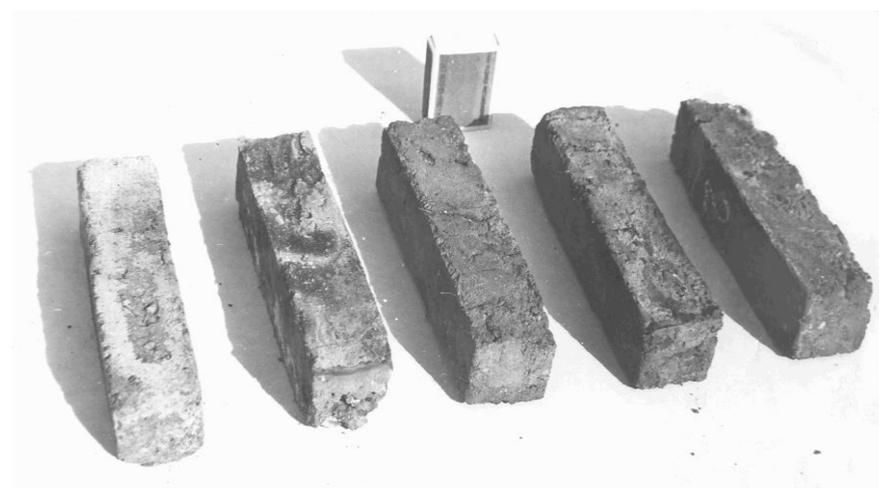


Рис.2. Отвержденные образцы осадков шахтных вод.

В зависимости от качества отвержденного осадка возможны следующие пути его утилизации: складирование с общешахтной породой, закладка выработанного пространства шахт, использование в качестве добавок при производстве строительных материалов. Высокая зольность отходов позволяет использовать продукты отверждения как низкосортное топливо. В любом случае,

указанные пути использования полученных твердых отходов ведут к уменьшению их количества в отвалах и, как следствие, улучшению экологической ситуации в регионе.

Результаты выполненных исследований показывают, что отверждение осадков шахтных вод можно выполнять в промышленных условиях.

#### Литература

1. Борц М.А. Применение синтетических флокулянтов в технологических схемах зарубежных углеобогатительных фабрик. - М.: ЦНИИЭИуголь, 1969.
2. Борц М.А. и др. Обработка и складирование отходов флотации на углеобогатительных фабриках. - М.: ЦНИИЭИуголь, 1981.
3. Егоров П.А., Мнушкин И.И. и др. О возможности получения транспортабельных продуктов из суспензий методом коагуляции // Обогащение полезных ископаемых. - Киев: Техника, 1981. - № 28. - С. 28-32.
4. Клинин Е.М. и др. О способах совместного складирования жидких и твердых отходов углеобогащения // Уголь Украины, 1987. - № 2. - С.14-16.
5. Исикава Т., Мохидо Х. и др. Эксперименты по отверждению осадков сточных вод // Реферативный журнал, 1983. - Вып. 72. - № 12.
6. Перепичай М.В, Смирнов О.І., Волкова О.І. Інтенсифікація процесу очищення шахтних вод // Матеріали ІV міжнар.наук.конф. аспірантів та студентів "Охорона навколишнього середовища та рац. використання природних ресурсів", 2005. - Т. 1. - С. 111-112.

*© Смирнов А.И., Волкова Е.И., Перепичай Н.В., 2007*