

Спр. Строительство и архитектура. - 1966. - №5. - С. 119-123.

2. Будека Ю.Ф., Красуцкая В.И. Исследования кристаллизации сульфата кальция методом активного эксперимента//Использование и охрана водных ресурсов. - Минск, 1976. - С. 188-192.

3. Муравьев В.Р. Кристаллизация гипса из пересыщенных растворов при внесении затравок//Химия и технология воды. - 1979. - Т.1. - № 1. - С. 63-66.

4. Чернявская В.А., Будека Ю.Ф. Влияние подогрева и добавки пропилового спирта на кристаллизацию сульфата кальция//Проблемы водоотведения и очистки сточных вод. - Минск, 1980. - С.103-110.

5. Будека Ю.Ф., Мойченко В.А. Удаление сульфата кальция из обработанной воды при обработке ее ультразвуком//Использование и охрана водных ресурсов. - Минск, 1976. - С. 182-188.

УДК 628.3

Ю.Ф.Будека, И.Н.Киселев,  
А.Э.Перковский (БГПА)

#### ВИБРАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ОСАДКА ЖЕЛЕЗО- И СУЛЬФАТСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

При травлении черных металлов в серной кислоте образуются слабо- и высококонцентрированные сточные воды [1], которые с целью очистки, как правило, нейтрализуют известью. При этом образуются большие объемы осадков, которые плохо уплотняются и обезвоживаются.

В настоящей работе приведены результаты исследований влияния низкочастотной вибрации на изменение объема осадка, образующегося при нейтрализации железо- и сульфатсодержащих сточных вод.

Опыты проведены на модельных стоках, в которых концентрации сульфата железа и серной кислоты составляли 1,0; 1,5; 100 и 1; 200 и 5 г/л соответственно. Проведено две серии опытов с применением активного планирования эксперимента. В первой серии опытов в качестве факторов, от воздействия которых изучалась зависимость

объемов осадков, были выбраны продолжительность вибрации и разрыв во времени между концом нейтрализации и началом вибрации. Концентрация загрязнений в данном случае оставалась постоянной:  $FeSO_4$  - 100 и  $H_2SO_4$  - 1 г/л. В табл. I приведена матрица планирования эксперимента.

Таблица I

Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	$X_1$ , длительность звучания, мин	$X_2$ , разрыв во времени, мин	$Y$ , объем осадка, %
1	-	-	77,1
2	+	-	77,7
3	-	+	72,8
4	+	+	74,3

За параметр оптимизации принят объем осадка ( $Y$ ) после двухчасового отстаивания. Вибрацию проводили в течение 10 мин (нижний уровень) и 100 мин (верхний уровень), сразу после нейтрализации (без разрыва во времени) и с трехчасовым перерывом между окончанием нейтрализации и началом вибрационной обработки.

Опыты проводились по следующей методике. Стоки нейтрализовались известковым молоком 10 %-ной концентрации по  $CaO$  до pH 8,7-9,0. Нейтрализованные стоки разливались в 10-литровые сосуды диаметром 24,5 см. В первом сосуде стоки не подвергались обработке вибрацией, оставались в качестве контроля. Во втором осадок обрабатывали вибратором на частоте 50 Гц мощностью 50 Вт. После вибрации измеряли изменение объема осадков во времени. Было проведено по три параллельных испытания в каждом опыте.

В результате статистической обработки результатов эксперимента по известной методике [2] получено следующее регрессионное уравнение, описывающее процесс адекватно опытными данным:

$$Y = V_{oc} = 75,5 + 0,5 \cdot X_1 + 1,9 \cdot X_2 + 0,2 \cdot X_1 X_2, \quad (1)$$

где  $V_{oc}$  - объем осадка, %.

Из уравнения (1) следует, что изученные факторы незначительно влияют на объем осадка, причем вибрационная обработка и разрыв во времени (взаимодействие  $X_1 X_2$ ) совместно также не способствуют уменьшению объема осадка.

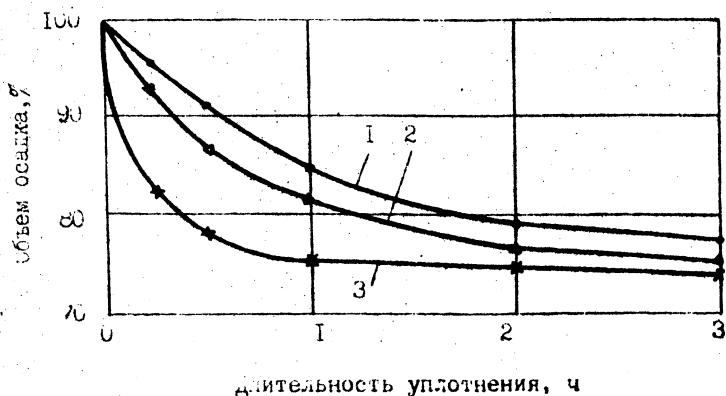


Рис.1. Изменение объема осадка во времени (по данным табл.1). Длительность вибрационной обработки (мин): 1 - 0 (контроль); 2 - 10; 3 - 100

На рис.1 приведены результаты изучения изменения объема осадков во времени для опытов, описанных в табл.1. Из кинетических кривых следует, что вибрационное воздействие в начальный период значительно ускоряет уплотнение осадка: через 30 мин объем осадка уменьшается на 21 % по сравнению с уменьшением на 8 % в контрольном опыте (кривые 3 и 1 рис.1). Через 60 мин объем осадка стабилизируется и не изменяется при дальнейшем отстаивании, достигая 76 %. К этой же величине объема стремится и осадок в контрольном опыте (без наложения вибрации). Это происходит потому, что вибрация способствует разрушению хлопьевидной структуры гидроксидного осадка, выжимает свободную воду, находящуюся в окружении частиц осадка. Без вибрации отделение свободной воды происходит значительно медленнее, а объем осадка стабилизируется, т.е. прекращает изменяться только через 4 ч (процесс уплотнения осадка при вибрационной обработке ускоряется в 8 раз).

Нами изучено также влияние вибрации на поведение осадков, полученных из сточных вод, содержащих различное количество сульфата железа. Концентрация сульфата железа ( $X_1$ ) составляла: на нижнем уровне - 1 г/л, на верхнем - 200 г/л; длительность воздействия вибрации (50 Гц)  $X_2$  - 10 и 100 мин соответственно. В опытах измеряли объем осадка и определяли его влажность после суточного отстаивания.

вания. Концентрация серной кислоты была постоянной — 1 г/л. В табл.2 приведена матрица планирования эксперимента и объем осадка через 2 ч отстаивания (Y).

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	Исходная концентрация $FeSO_4$ , г/л $X_1$	Длительность воздействия вибрации, мин $X_2$	Объем осадка, % Y
1	-	-	12,1
2	-	+	10,7
3	+	-	98
4	+	+	95,2

Уравнение регрессии, описывающее изучаемый процесс адекватно опытным данным, имеет следующий вид:

$$Y = 54 + 42,6X_1 - 1,17X_2 \quad (2)$$

Анализ полученных результатов показывает, что объем осадка в основном зависит от концентрации сульфата железа в исходной сточной воде и в меньшей степени от вибрационного воздействия (уравнение (2)). Однако при низких концентрациях сульфата железа (1 г/л) наблюдается снижение объема осадка при вибрационном воздействии на 5–8 % по сравнению с контрольным опытом (рис.2). При этом, как и ранее (рис.1), наблюдается интенсивное уплотнение осадка в первые 5–30 мин отстаивания. Подвергшийся вибрационному воздействию осадок не только быстрее уплотняется, но и имеет меньший объем (кривые 3 и 1 рис.2). Для концентрации сульфата железа 200 г/л при наличии вибрации уплотнение осадка во время отстаивания практически заканчивается в первые 30 мин, тогда как в контрольном опыте этот процесс длится более 6 ч.

В табл.3 приведена влажность осадка после суточного отстаивания при концентрации сульфата железа 200 г/л.

Таблица 3

Влажность осадка через 24 ч после уплотнения

Характеристика опыта	Влажность осадка, %
Контроль (без вибрации)	83,1
Воздействие вибрации 10 мин	81,6
Воздействие вибрации 100 мин	80,8

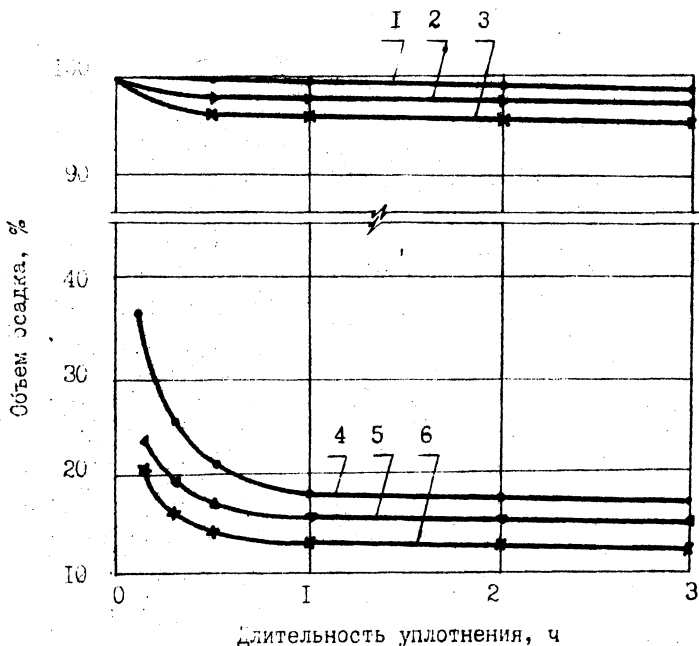


Рис.2. Влияние вибрации на уплотнение осадка.  
 Концентрация сульфата железа, г/л: 1-3 - 100; 4-6 - 1.  
 Длительность вибрационной обработки, мин: 1,4 - 0 (контроль; 2,5 - 10; 3,6 - 100)

Из данных табл.3 четко прослеживается снижение влажности уплотненного осадка при увеличении длительности вибрационного воздействия на осадок перед началом уплотнения.

Таким образом, нами установлено, что объемы осадков после длительного отстаивания (уплотнения) при вибрационной обработке и без нее сравнимы. Однако вибрационное воздействие на осадок сразу после нейтрализации сточной воды позволяет в несколько раз ускорить его уплотнение и снизить влажность уплотненного осадка. Учитывая длительность уплотнения гидроксидных осадков концентрированных сточных вод, их плохую водоотдачу и большие объемы, представляется целесообразным производить вибрационную обработку осадков перед их обезвоживанием, что позволяет снизить объемы накопителей осадка, повысить производительность оборудования для обез-

воживания осадка и снизить затраты на его обработку. Положительным моментом является и то обстоятельство, что интенсификация обработки осадка с помощью вибрации не требует применения дополнительных реагентов и сложного оборудования.

#### Литература

1. Сариков Н.Ф. Сернокислотное хозяйство заводов черной металлургии. - М., 1968.
2. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. - М., 1974.

УДК 624.131.3:626.862.3

Т.В.Хмелевская, Т.М.Уласик  
(БелНИИМиЛ)

#### О СТРУКТУРЕ КОНТАКТА ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ И ГРАВИЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Постановка данных исследований вызвана необходимостью увязки процесса контактного размыва со структурой контактной зоны. В большинстве существующих рекомендаций разрушающий градиент контактного размыва считают функцией расчетного диаметра пор крупнозернистого материала в его толще, которым принято считать  $D_{60}^0$ . Однако размер пор внутри материала в значительной мере отличается от такового при примыкании частиц гравия к плоской поверхности (рис.1). На контакте с плоской поверхностью происходит увеличение диаметра пор (рис.1б) по сравнению с внутренним диаметром (рис.1а). Однако при этом следует иметь в виду, что контакт грунтов не является недеформируемым, т.е. возникает взаимное проникновение материалов: вышележащего крупнопористого материала в глинистый грунт и набухание защищаемого глинистого грунта. Так что перенос значения  $D_{60}^0$  на контактную зону едва ли правомерен.

Исследования структуры контакта супесчаных грунтов и фильтров проводились ранее во ВНИИ ВОДГЕО [1]. Они показали, что суще-