



Франчук В. П.

Анциферов А. В.

Шевченко А. Е.

*Государственное
высшее учебное
заведение
«Национальный горный
университет»*

Franchuk V. P.

Anzyferov O. V.

Shevchenko O. Ye.

*The State higher
educational institutional
“National mining
university”*

УДК 622.794.254

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРОВАНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ ОРГАНО- МИНЕРАЛЬНЫХ ОСАДКОВ ЧЕРНОГО МОРЯ

Комбинированный способ нагружения, сочетающий статические и вибрационные нагрузки, позволяет повысить удельную производительность фильтровальной машины.

Статья направлена на представление результатов теоретических и экспериментальных исследований по интенсификации процесса обезвоживания органоминеральных осадков Черного моря. Предложена математическая модель процесса фильтрации с наложением вибрации. Представлены основные результаты экспериментальных исследований в виде графиков зависимостей объема фильтрата от продолжительности фильтрации, частоты вибраций и амплитуды изменения давления фильтрации. Установлено, что при воздействии вибрации на пресс-фильтр можно повысить производительность машины, либо уменьшить суммарное давление фильтрации. Полученные результаты будут использованы при разработке и обосновании параметров фильтровальной машины для обезвоживания органоминеральных осадков.

***Ключевые слова:** глубоководные органоминеральные осадки, фильтрация, обезвоживание, вибрация, нагружение.*

Постановка проблемы. Исследования глубоководных органоминеральных осадков (ГВОМО), прогнозные запасы которых в акватории Черного моря составляют порядка 320 млрд. м³, показали перспективные направления их использования во многих отраслях экономики, в первую очередь, в аграрно-химическом комплексе, строительстве, медицине и косметологии [1, 2]. В Черном море ГВОМО представлены кокколитовыми и сапропелевыми илами – глинистые илы, содержащие от 3 до 22,4 % органического углерода. Глубина их залегания находится в пределах от 500 до 2200 м от зеркала воды [3]. Высокая липкость и влажность, наличие органического вещества, мелкодисперсная

структура (80-85 % частиц имеют размер менее 10 мкм [4]) делают этот материал трудно фильтруемым, что ограничивает возможность применения известных машин для обезвоживания.

При обезвоживании глинистых материалов в промышленности наиболее широко применяются пресс-фильтры с рабочим давлением фильтрации от 1 МПа и более [5]. Удельная производительность таких машин, как правило, невысокая и зависит от площади фильтровальной поверхности, давления фильтрации и свойств обезвоживаемого материала. Для повышения производительности при проектировании фильтровальных машин стремятся обеспечить



как можно большую площадь поверхности фильтра, что приводит к увеличению габаритных размеров машины. Рациональное давление фильтрования зависит от свойств фильтруемого материала. К примеру, для пульп, которые образуют сильно сжимаемые осадки, повышение давления сверх некоторого критического значения не приводит к заметному увеличению производительности фильтра [6]. Поэтому интенсификацию процесса фильтрования, как правило, осуществляют методами термического или физико-механического воздействия на суспензию, применением поверхностно-активных веществ и другими способами.

Одним из наиболее перспективных методов интенсификации процесса обезвоживания материалов методом фильтрования можно отнести комбинированный способ нагружения, сочетающий статические (давление фильтрования) и динамические нагрузки. В качестве дополнительной динамической составляющей, исходя из анализа литературных источников, предлагается использовать вибрационное гармоническое нагружение.

Анализ проведенных исследований и публикаций. Интенсификацией процесса фильтрования с применением вибрационных фильтровальных установок занимались: С.М. Стоев [6], Э.К. Волошин-Челпан [7], Ю.Г. Еремин [8] и другие ученые. Исследования в этой области ведутся по двум основным направлениям: оценивается влияние частоты колебаний вибратора и направленности вектора создаваемых им ускорений; исследуется влияние амплитуды колебаний на процесс фильтрования.

С.М. Стоев провел большой объем экспериментальных работ по фильтруемости тонкодисперсных пульп в условиях воздействия низко- и высокочастотных колебаний. По результатам его исследований не было выявлено значительных расхождений при жестком (фильтровальная перегородка жестко связана с вибратором) и гидродинамическом (колебания передаются через суспензию) способах передачи колебаний. Автором установлено, что кривая зависимости эффективности процесса обезвоживания имеет пологий вид, а при высоких частотах (3300 Гц) и амплитуде колебаний (4 мм) имеют место пики.

Э.К. Волошин-Челпан и С.В. Ващенко исследовали уплотнение мелкофракционных материалов на вибрационных прессах разных конструкций. В своих работах авторы показали,

что использование вибрационного воздействия может значительно снизить статическое усилие прессования.

Все работы исследователей, изучающих процессы фильтрования и прессования с наложением вибраций, носят экспериментальный характер. Каждый автор предлагает свою математическую модель данного процесса, однако эти модели являются очень сложными и малоприменимыми в практике.

Нерешенная часть проблемы. Ввиду сложности моделирования процесса фильтрования с наложением гармонических колебаний эта область на сегодня остается мало исследованной. Поэтому для определения эффективности вибрационного воздействия на процесс фильтрования требуется провести большое количество экспериментальных исследований. Учитывая специфику и свойства ГВОМО Черного моря, требуется оценить эффективность наложения колебаний при обезвоживании этого материала методом фильтрования (при постоянном статическом давлении фильтрования).

Целью работы является исследование влияния вибрационного воздействия на эффективность процесса обезвоживания ГВОМО методом фильтрования.

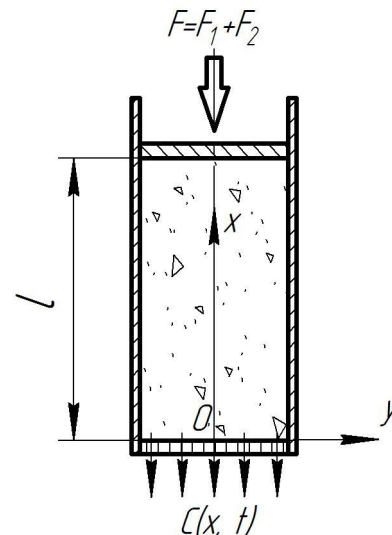
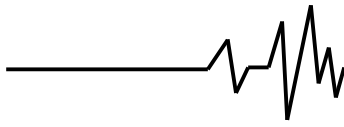


Рис. 1. Схема процесса фильтрования

Аналитическое исследование процесса механического обезвоживания при комбинированном нагружении. Составим модель нашего процесса на основе данных [9]. Пусть имеем трубку длиной l , заполненную пористой средой и во всякий момент времени концентрация влаги по сечению трубки одинаковая (рис. 1). Диффузия



через стенку трубки отсутствует, поступление (уход) влаги возможен через торцевое сечение снизу. Ось x направлена снизу вверх по оси стержня с началом координат на нижнем конце $x=0$. Для упрощения модели в начальный период исследований длину образца принимаем неизменной.

Процесс движения влаги может быть описан функцией $C(x, t)$, представляющей влажность материала в сечении x в момент времени t . Уравнение диффузии имеет вид

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) + I(x, t), \quad (1)$$

где D – коэффициент диффузии;
 c – коэффициент пористости;
 $I(x, t)$ – функция источников влаги внутри трубки.

Если рассматривать конечный промежуток времени, но достаточно малый по сравнению с длительностью всего процесса прессования, можно положить коэффициент D постоянным. Тогда уравнение (1) запишется

$$\frac{\partial C}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + I(x, t), \quad (2)$$

где $a^2 = D/c$ – диффузионный фактор.

Коэффициент диффузии принимался постоянным и определял часть влаги, удаляемую из образца диффузионным процессом. Остальную часть влаги и неравномерность ее удаления во времени относили на счет функции источника $I(x, t)$. Но введение в статический процесс механического обезвоживания гармонической составляющей связан с изменением возможности диффузионной фильтрации через него воды. Поэтому в процессе сжатия образца коэффициент диффузии будет уменьшаться, что в математической постановке задачи можно задать соответствующей функцией, минимум или нулевое значение которой наступит в конце изучаемого процесса.

В общем случае можно положить $a = f(C)$ или, $a = f(x, t)$. Для решения такой задачи не существует стандартной методики, кроме того эта задача требует проверки соответствия результата физической сущности исследуемого процесса. Поэтому в нашей постановке, учитывая условия и возможности проведения эксперимента, мы ограничимся только временем, считая $a = f(t)$. Тогда уравнение (2) примет вид

$$\frac{\partial C}{\partial t} = a(t)^2 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + I(x, t). \quad (3)$$

Для принятой модели установим начальные и граничные условия. Принимаем, что в начальный момент времени

концентрация влаги вдоль трубки длиной l одинаковая в любом сечении, т.е. начальное условие имеет вид

$$C(x, 0) = C_0. \quad (4)$$

В качестве первого граничного условия принимаем, что на нижнем конце трубки $x=0$ концентрация влаги изменяется по закону

$$C(x, t) = C_0 \exp(-\mu t) \quad (5)$$

Уравнение (5) отвечает началу и концу процесса обезвоживания. При $t=0$ имеем начальную влажность C_0 . Если процесс обезвоживания идет время T , то конечная влажность в сечении $x=0$ определится из соотношения

$$C_{k0} = C_0 \exp(-\mu T), \quad (6)$$

где μ – коэффициент пропорциональности.

Коэффициент μ определяется из (6) по известным значениям величин C_0 , C_{k0} и T . Для разного времени длительности процесса T_i можно определить соответствующие значения μ_i .

Из сравнения (3) и (2) получаем, что функциями времени должны быть коэффициенты диффузии D и пористости c . Предыдущие расчеты, выполненные для других типов материалов, показали, что изменение пористости материала оказывает малое влияние на поведение исследуемых зависимостей. Влияние же коэффициента диффузии наоборот, велико. Поэтому принимаем $c = \text{const}$, $D = D(t)$. Задаемся законом изменения коэффициента диффузии в виде

$$D(t) = Iq(1 + p \cos \omega t)^n c(T - t)^n, \quad (7)$$

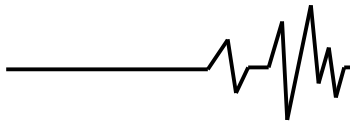
где q – коэффициент пропорциональности, аналогичный коэффициенту a в уравнении (2);

p – коэффициент, учитывающий влияние на процесс диффузии амплитуды гармонической составляющей ($p = 0,01 - 0,05$);

n – показатель степени.

Зависимость (7) предполагает, что в конце процесса обезвоживания коэффициент диффузии стремится к нулю и движение жидкости прекращается. Степень n может принимать различные значения. При обезвоживании ГВОМО изменение коэффициента пористости c может оказать значительное влияние на изменение коэффициента диффузии, поэтому зависимость (7) требует дальнейшего уточнения.

Основные материалы экспериментальных исследований. Для проведения экспериментальных исследований по обезвоживанию ГВОМО были использованы натурные образцы кокколитового и



сапропелевого илов, отобранных в Черном море в ходе 73-го рейса научно-исследовательского судна «Профессор Водяницкий». Исходный материал представляет собой смесь, включающую кокколитовые и сапропелевые илы в объемном соотношении 1:1, что соответствует горной массе, добываемой со дна моря механическим способом при отработке технологического слоя по всей мощности.

Экспериментальные исследования процесса фильтрования илов при постоянном давлении и при динамическом нагружении проводились на специально разработанной установке, представленной на рис. 2.

Принцип работы установки состоит в следующем. Давление в рабочей камере 1 создается поршнем 2, нагружаемого набором

грузов 3 посредством коромысла 4 и штока 5. Второй край коромысла шарнирно закреплен в опоре 6. Под действием давления твердые частицы суспензии задерживаются на фильтровальной перегородке (ФП) 7, а жидкость (фильтрат) поступает в сосуд 8, установленный на электронных лабораторных весах 9. Значения массы образовавшегося фильтрата записывались на подключенный к весам персональный компьютер 10 через заданный промежуток времени Δt . На коромысле 4 на расстоянии l установлен дебалансный вибратор 11, который создает динамические усилия, передающиеся на шток поршня. Дебалансный вибратор подключен к преобразователю частоты 12, при помощи которого регулируется частота колебаний вибровозбудителя.

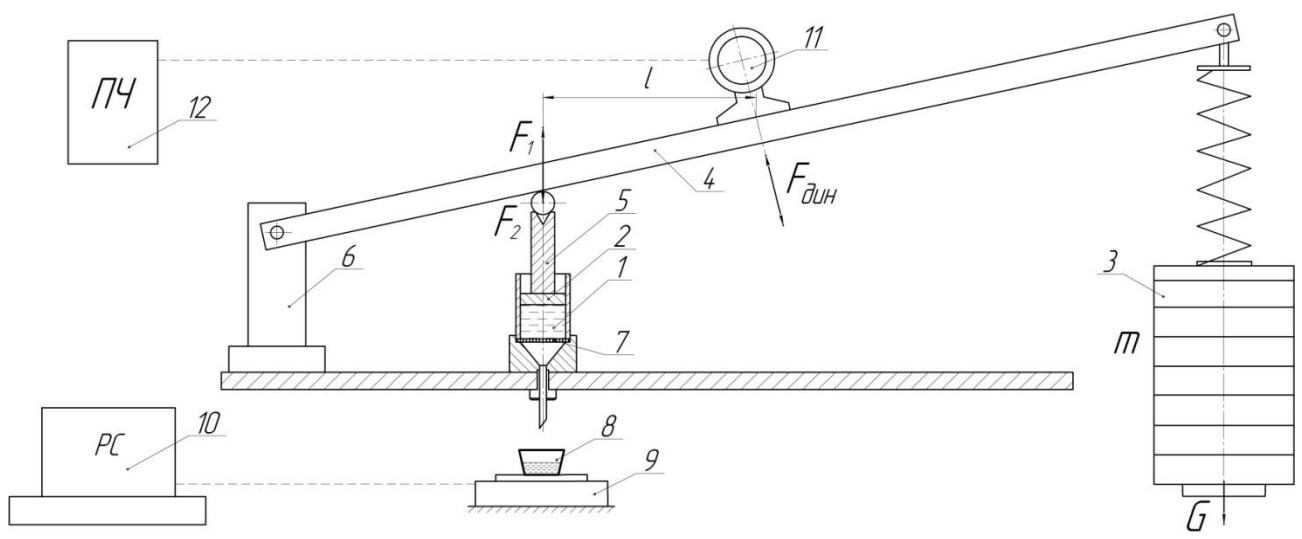


Рис. 2. Схема вибрационной фильтровальной установки:
 1 – рабочая камера; 2 – поршень; 3 – набор грузов; 4 – коромысло; 5 – шток;
 6 – опора; 7 – фильтровальная перегородка; 8 – сосуд для сбора фильтрата;
 9 – лабораторные электронные весы; 10 – компьютер,
 11 – дебалансный вибратор; 12 – преобразователь частоты

Условия проведения опытов.

Усилие, передаваемое на шток поршня вибрационной фильтровальной установки (без учета угла наклона коромысла) будет изменяться от $F_1 = \max$ до $F_2 = \min$ с заданной частотой колебаний ν . В зависимости от положения вибратора l , расположения его дебалансов, частоты колебаний ν и статической нагрузки F_{cm} будут изменяться значения усилий F_1 и F_2

$$F_1 = F_{cm}(1 - K), \quad (8)$$

$$F_2 = F_{cm}(1 + K), \quad (9)$$

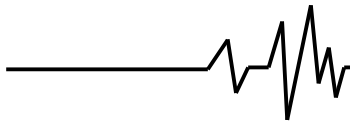
где K – коэффициент, представляющий отношение суммарной динамической

составляющей усилия F_d (создаваемой вибратором) к суммарной статической нагрузке.

При условии, что коромысло не будет отрываться от поршня и создавать виброудары коэффициент K принимается $K \leq 1$.

$$K = \frac{F_d}{F_{cm}} \quad (10)$$

Экспериментальные исследования проводились для ГВОМО с исходной средней влажностью (определяемой, как отношение массы воды к массе навески грунта) 69 %. Для заданной частоты колебаний, изменяющейся в пределах от 20 Гц до 60 Гц с шагом 10 Гц, при

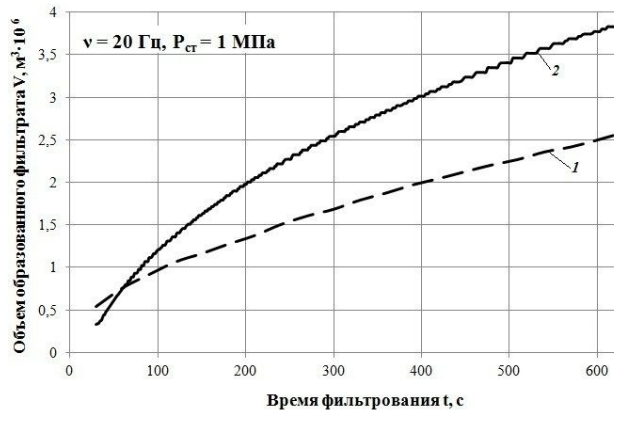


установленном значении коэффициента K (0,3; 0,6 и 0,9) проводились исследования процесса фильтрации. Опыты выполнялись при статической нагрузке $F_{ст}$, соответствующей давлениям фильтрации: 1; 2; 3 и 4 МПа. При этом для каждого значения давления через одинаковые промежутки времени в течение 10 мин фильтрации записывались значения массы образовавшегося фильтрата. После окончания опыта измерялись конечная влажность образованного на фильтровальной перегородке уплотненного осадка и его высота.

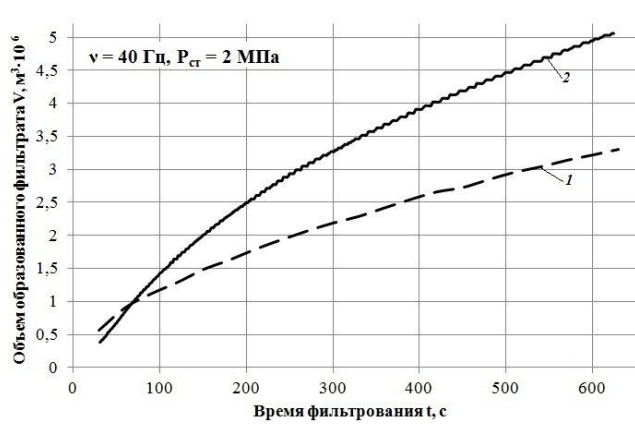
В качестве фильтровальной перегородки были использованы: фильтровальная бумага,

фильтровальная ткань (05-1010-SK 006 STN) и жесткое перфорированное основание. Площадь фильтровальной поверхности (площадь фильтра) равна 10 см^2 .

В результате проведенных опытов установлено, что при фильтрации ГВОМО с наложением вибрации удельная производительность фильтра (по фильтрату) выше, чем при статической нагрузке. На рис. 3 (а, б) представлены зависимости образованного объема фильтрата от времени фильтрации при статическом нагружении и при статическом давлении с наложением вибраций.



а)



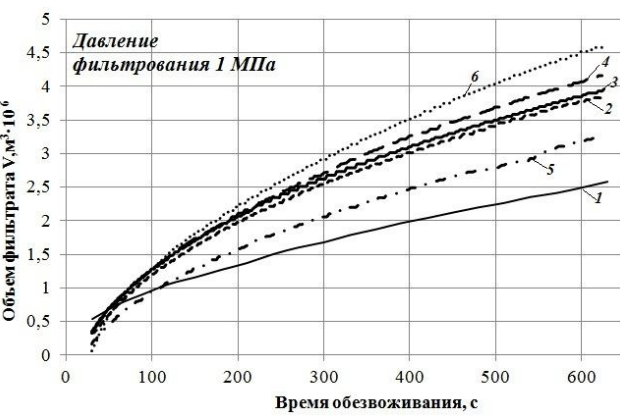
б)

Рис. 3. Зависимости объема образованного фильтрата от времени фильтрации: 1 – статическое нагружение; 2 – статическое с наложением вибрации

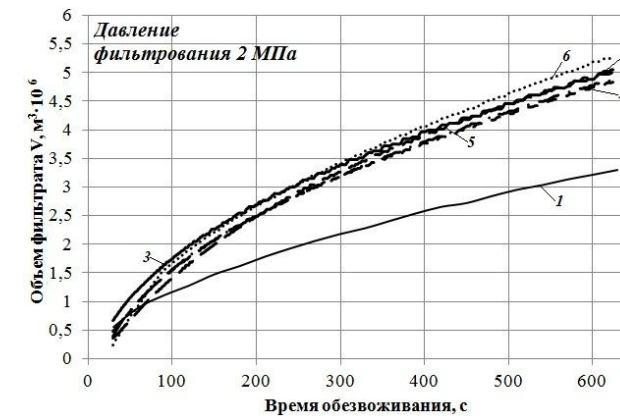
Исходя из графиков видно, что удельная производительность фильтра, работающего с наложением вибраций, на 20-60 % выше, чем фильтра, работающего при статическом давлении, в зависимости от времени обезвоживания.

На рис. 4 приведены зависимости

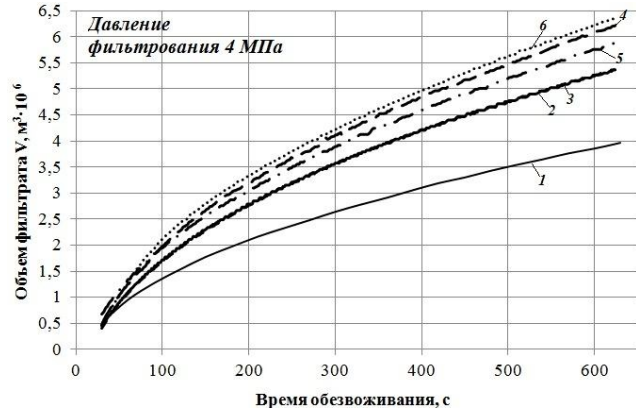
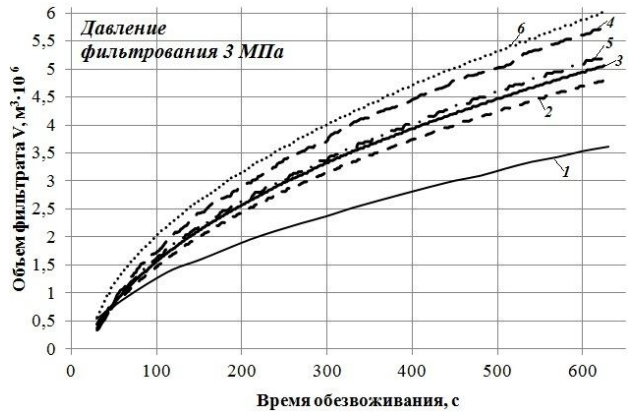
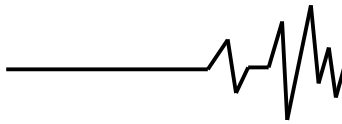
объема фильтрата от времени фильтрации при разных значениях статического давления фильтрации и частоты вибрации v . По этим графикам можно оценить влияние частоты колебаний на процесс обезвоживания морских илов при разных значениях давления фильтрации.



а)



б)



в) г)
Рис. 4. Зависимости объема фильтрата от времени фильтрации:
1 – $\nu = 0$ Гц; 2 – $\nu = 20$ Гц; 3 – $\nu = 30$ Гц; 4 – $\nu = 40$ Гц;
5 – $\nu = 50$ Гц; 6 – $\nu = 60$ Гц

Как правило, повышение частоты вибрации приводит к увеличению расхода фильтрата. Кроме того, за счет комбинированного (статического и вибрационного) нагружения ГВОМО можно уменьшить статическое давление фильтрования. К примеру, удельная производительность фильтра, работающего при статическом давлении фильтрования 4 МПа, пропорциональна производительности вибрационного фильтра, работающего при давлении фильтрования 1 МПа и частоте вибраций 40 Гц (см. рис. 4 а, г). Следовательно, при наложении вибрации определенной частоты на фильтр можно уменьшить статическое давление фильтрования в несколько раз.

влияния частоты накладываемых вибраций на производительность фильтра построены зависимости частоты колебаний от количества образованного фильтрата для времени обезвоживания $t = 300$ с (рис. 5).

Из полученных зависимостей следует, что при повышении частоты вибрации увеличивается производительность фильтра. Для всех значений давлений фильтрования (от 1 до 4 МПа) при частоте колебаний $\nu = 50$ Гц наблюдается резкое снижение удельной производительности установки. Это может быть связано с образованием сильно уплотненного тонкого слоя осадка на поверхности фильтровальной перегородки, что приводит к увеличению удельного сопротивления фильтрованию и свойствами фильтруемого материала.

Для выявления общих закономерностей

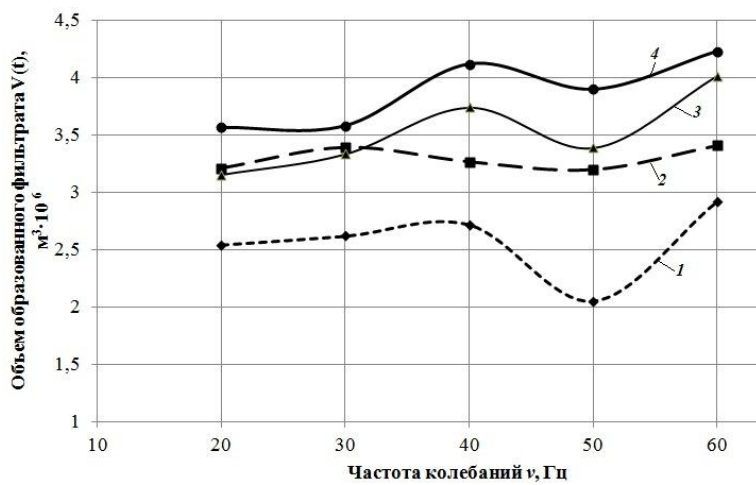
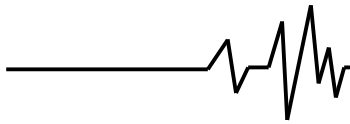
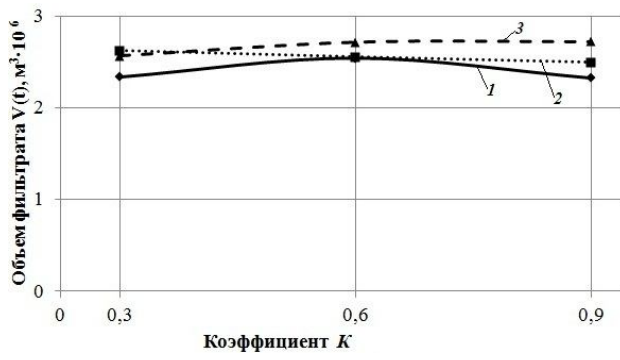


Рис. 5. Зависимость объема фильтрата от частоты вибраций для времени фильтрации $t = 300$ с:
1 – давление фильтрования 1 МПа; 2 – давление фильтрования 2 МПа;
3 – давление фильтрования 3 МПа; 4 – давление фильтрования 4 МПа

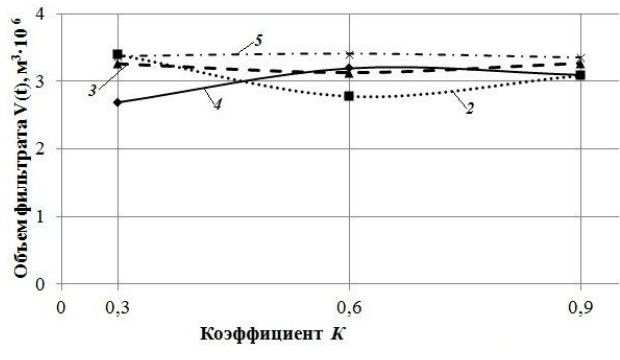


В ходе экспериментальных исследований были получены зависимости параметра K , определяющего пределы изменения

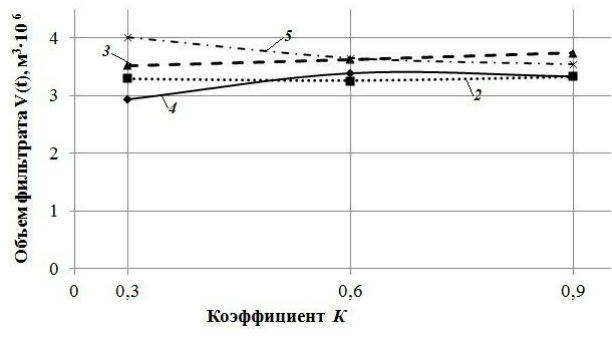
суммарного давления фильтрования, от объема фильтрата образованного за время фильтрования $t = 300$ с (рис. 6).



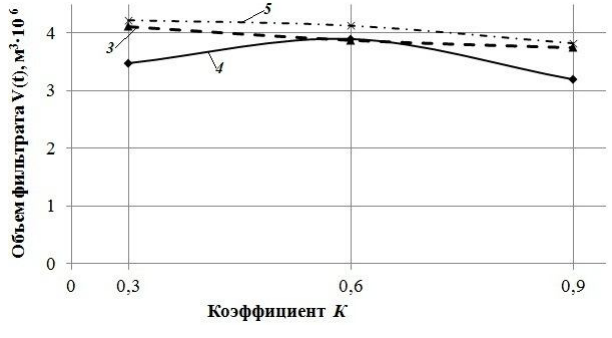
а)



б)



в)



г)

Рис. 6. Зависимости объема образованного фильтрата от параметра K :
1 – частота $\nu = 0$ Гц; 2 – частота $\nu = 20$ Гц; 3 – частота $\nu = 30$ Гц;
4 – частота $\nu = 40$ Гц; 5 – частота $\nu = 50$ Гц; 6 – частота $\nu = 60$ Гц
а) при $P_{cm} = 1$ МПа; б) $P_{cm} = 2$ МПа; в) $P_{cm} = 3$ МПа; г) $P_{cm} = 4$ МПа

Значение перепада усилия, изменяющегося от $F_1 = \min$ до $F_2 = \max$ (следовательно, и давления фильтрования), почти не влияет на удельную производительность фильтра (рис. 6, а – г). Зависимости объема фильтрата, образовавшегося за время фильтрования t , носят почти линейный характер и почти не зависят от параметра K . Исходя из этого, следует, что на процесс обезвоживания ГВОМО на вибрационном фильтре в основном влияет частота наложенных вибраций, в отличие от величины изменения давления фильтрования.

Выводы

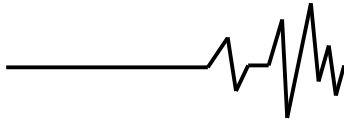
1. При интенсификации процесса обезвоживания ГВОМО методом комбинированного воздействия статической

нагрузки и вибрации можно повысить удельную производительность фильтровальной машины, работающей при статическом давлении фильтрования, на 20-60% (в зависимости от продолжительности фильтрования).

2. Увеличение частоты вибрации фильтра в диапазоне 20...60 Гц приводит к повышению его удельной производительности на 8-25 %.

3. При использовании комбинированного метода нагружения можно снизить статическое давление фильтрования в 2-4 раза и более в зависимости от частоты вибраций.

4. Удельная производительность вибрационной фильтровальной машины не зависит от амплитуды перепада давления фильтрования. При повышении амплитуды изменения давления не наблюдалось значительного изменения удельной производительности установки. С повышением



частоты вибрации производительность фильтра увеличивается.

5. В дальнейшем требуется проверка математической модели процесса фильтрования ГВОМО при статическом давлении с наложением вибраций. Необходимо провести сравнение полученных экспериментальных данных с предложенной математической моделью, ввести поправки в полученные зависимости или доработать модель. Эта модель и полученные в ходе проведенных опытов данные могут быть использованы для обоснования параметров фильтровальной машины с целью эффективного снижения влагосодержания морских илов.

Список использованных источников

1. Димитров Д.П. Некоторые результаты применения глубоководных органо-минеральных осадков дна Черного моря для агротехнических целей / Д.П. Димитров, Г.Ц. Георгиев, П.С. Димитров // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2006. – № 1. – С. 74-80.
2. Баклан В.Ю. Исследование морского сапропеля как фильтрующего материала / В.Ю. Баклан, И.П. Колесникова // Экология Черного моря [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eco-mir.net/show/549/>. – Загл. с экрана.
3. Бабинец А.Е. Физико-механические свойства донных осадков Черного моря / А.Е. Бабинец, В.А. Емельянов, А.Ю. Митропольский. – Киев: Наукова думка, 1981. – 204 с.
4. Проблема сапропелей Черного моря. – Киев: ОМГОР, 2010. – 148 с. – ISBN 978-966-02-5749-8.
5. Клячин В.В. Технология обогащения каолинов Урала / В.В. Клячин, Н.Ф. Меринов, Р.А. Габдулхаев // Горный журнал. – 10-11/1996. – С. 100-105.
6. Белоглазов, И.Н. Основы расчета фильтрационных процессов / И.Н. Белоглазов, В.О. Голубев. – М.: Издательский дом «Руда и Металлы», Санкт-петербург, 2002. – 210 с.
7. Фарсановьев В.Д. Вибрационная техника в химической промышленности / В.Д. Фарсановьев, Э.Э. Кольман-Иванов. – М.: Химия, 1985. – 240 с.
8. Еремин Ю.Г. О перспективах использования воздействий вибрационных и акустических колебаний на процесс флотации / Ю.Г. Еремин, Г.А. Денисов, М.Д. Штерн // Обогащение руд. – 1981. – №3.

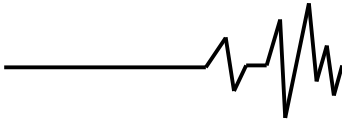
9. Тихонов А.Н., Уравнения математической физики. / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М.: Наука, 1972. – 735 с.

Список источников в транслитерации

1. Dimitrov D.P. Nekotore rezultati primeneniya glybokovodnih organo-mineralnih osadkov dna Chernogo moria dlia agrotehnicheskikh tseley / D.P. Dimitrov, G.Ts. Georgiev, P.C. Dimitrov // Geologiya i poleznie iskopaemie Mirovogo okeana. – 2006. – № 1 – S. 74-80.
2. Baklan V.Yu. Issledovaniye morskogo sapropelia kak filtruyushego materiala. / V.Y. Baklan, I.P. Kolesnikova // Ekologiya Chernogo moria [elektronniy resurs]. – Pezhim dostupa: <http://www.eco-mir.net/show/549/>. – Zagl. s ekrana.
3. Babinets A.E. Fiziko-mehanicheskie svoystva donnih osadkov Chernogo moria / A.E. Babinets, V.A. Emelyanov, A.Y. Mitropolskiy. – K.: Naukova dumka, 1981 – 204 s.
4. Problema sapropeley Chernogo moria. – Kiev: OMGOR, 2010. – 148 s. – ISBN 978-966-02-5749-8.
5. Kliachin V.V. Tehnologii obogascheniia kaolinov Urala / V.V. Kliachin, N.F. Merinov, P.A. Gabdykhaev // Gorniy Gurnal. – 10-11/1996. – S. 100-105.
6. Beloglazov I.N. Osnovi rascheta filtratsionnih protsessov // I. N. Beloglazov, V.O Golubev. – M.: Izdatelskiy dom «Ruda i Metalli», Sanktpeterburg, 2002. – 210 s.
7. Farsanofev V.D. Vibratsionnaiy tekhnika v himicheskoy promishlennosti / V.D. Farsanofev, E.E. Kolman-Ivanov. – M.: Khimiia, 1985. – 240 s.
8. Eremin Yu.G. O perspektivakh ispolzovaniia vozdeistviy vibratsionnikh i akusticheskikh kolebaniy na protses flotatsii / Yu.G. Eremin, G.A. Denisov, M.D. Shtern // Obogaschenie rud. – 1981. – № 3.
9. Tikhonov A.N. Uravneniia matematicheskoy fiziki / A.N. Tichonov, A.A. Samarskiy. – M.: Nayka, 1972. – 735 s.

ВИКОРИСТАННЯ ВІБРАЦІЙНОГО ВПЛИВУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФІЛЬТРУВАННЯ ГЛИБОКОВДНИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ВІДКЛАДЕНЬ ЧОРНОГО МОРЯ

Анотація. Комбінований спосіб навантаження, що поєднує статичне та динамічне навантаження, дозволяє підвищити



питому продуктивність фільтрувальної машини.

Стаття направлена на представлення результатів теоретичних і експериментальних досліджень по інтенсифікації процесу зневоднення органічно-мінеральних відкладень Чорного моря. Запропонована математична модель процесу фільтрування з накладенням вібрації. Представлені основні результати експериментальних досліджень у вигляді графіків залежностей об'єму фільтрату від тривалості фільтрування, частоти вібрацій і амплітуди зміни тиску фільтрування. Встановлено, що при дії вібрації на прес-фільтр можна підвищити продуктивність машини, або зменшити сумарний тиск фільтрування. Отримані результати будуть використані при розробці і обґрунтуванні параметрів фільтрувальної машини для зневоднення органічно-мінеральних відкладень.

Ключові слова: глибоководні органічно-мінеральні відкладення, фільтрування, зневоднення, вібрація, навантаження.

USING OF VIBRATION TO INCREASE THE EFFICIENCY OF FILTRATION OF DEEP-SEA ORGANIC MINERAL SEDIMENTS OF THE BLACK SEA

Annotation. Combined method of loading, which include static and vibration loads, allows increasing the performance of the filter machine.

The article is aimed to present the results of theoretical and experimental studies of intensification of the dewatering process at processing of the deep-sea organic-mineral sediments of the Black sea. Mathematical model of the filtration process with the vibration influence is given. The main results of experimental investigation are shown in the form of graphical dependences of volume of filtrate from time, frequency of vibration and pressure amplitude. It was found that using of vibration allows to increase productivity of filter, or to reduce the total pressure of filtration process. The results will be used in the development and substantiation of parameters of the filter dewatering machines for dewatering of the deep-sea organic-mineral sediments.

Key words: deep-sea organic-mineral sediments, filtration, dewatering, vibration, loading.