

## ЭКОТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ САПРОПЕЛЕЙ

Доц. Волков В.К., доц. Галушков П.А.,  
доц. Ельшин А.И. (ПГУ)

Запасы озерного сапропеля, богатого ценными органическими веществами исчисляются миллиардами тонн. По оценкам специалистов сапропель является ценным природным сырьем для сельского хозяйства (удобрения), фармацевтики, микробиологии (лечебные грязи, биологически активные вещества, стимуляторы роста, гуминовые препараты и др.).

Одним из основных препятствий промышленной добычи и переработки сапропеля является проблема его обезвоживания, так как чаще всего сапропель поднимается со дна озера в виде суспензии с содержанием твердой фазы 2-4%.

Данная работа посвящена исследованию процессов обезвоживания сапропелей различных типов с целью разработки принципиальных основ индустриальной технологии.

Исследованию подвергались сапропели карбонатного (КС) и органического (ОС) типов.

Поскольку органическая часть сапропеля представляет собой коллоидную систему, часто структурированную, то переход к индустриальной технологии его обезвоживания не мыслим без применения флокулянтов, а также способов деструктурирования дисперсной системы.

Обезвоживание карбонатного сапропеля.

Карбонатный сапропель имел среднюю исходную концентрацию твердой фазы 2,2% масс. Содержание органики 51,3% от твердой фазы.

В ходе исследования КС определялись его седиментационные свойства при обработке флокулянтами, а также осаждение в поле центробежной силы. Кроме того, исследованы фильтрационные свойства и определена оптимальная доза флокулянта. Использование в качестве флокулянта полиакриламида не дало положительных результатов. Неэффективность полиакриламида объясняется тем, что сапропель, как и полиакриламид, имеет отрицательный дзета-потенциал. В дальнейшем в качестве флокулянта использовали катионный флокулянт ПГ (дзета-потенциал +18,6 мВ), синтезированный на кафедре химии Полоцкого государственного университета. Флокулянт ПГ может быть синтезирован в полевых условиях, не требует сложного аппаратного оформления, не токсичен.

В качестве оценки эффективности флокуляции использовался индекс сгущения  $i$ , представляющий собой отношение объема осадка к объему исходной суспензии. Индекс сгущения при отстаивании в течение 15 мин составлял:  $i=5,5-6,0$  для концентрации флокулянта  $C_f=0,025\%$  (средняя концентрация твердого в осадке 11%, скорость осаждения 3 мм/с);  $i=6,25-6,5$  (в некоторых пробах до 8) при  $C_f=0,3\%$  (средняя концентрация твердого в осадке 12,5%, скорость осаждения 4,3 мм/с);  $i=5,5-5,8$  для  $C_f>0,3\%$ , скорость осаждения менее 2 мм/с. Таким образом, оптимальная доза флокулянта, с точки зрения индекса сгущения, составляет  $C_f=0,3\%$ .

Центрифугирование сгущенного при  $C_f=0,3\%$  сапропеля дает дополнительное уплотнение осадка:  $i=3,0$  при  $n=2500$  об/мин;  $i=3,3$  при  $n=3000$  об/мин, что соответствует концентрации твердого в осадке более 30%.

Фильтрация КС показала, что исходный необработанный флокулянт сапропель плохо фильтруется. Практически через 2-4 мин после начала фильтрации

процесс прекращается, осадок представляет гелеобразную текучую массу, плохо отделяемую от фильтровальной перегородки.

Наилучшие результаты были получены при фильтровании предварительно сгущенного отстаиванием сапропеля при  $C_f=0,025\%$ . Содержание твердой фазы в осадке 29-35%.

В отличие от КС сапропель органического типа (ОС) уже при концентрации 2-3 % представляет собой структурированную систему, плохо поддающуюся разделению отстаиванием.

Исследовался ОС с исходной концентрацией 3% (концентрация суспензии сапропеля, поднятой со дна озера земснарядом) и содержанием минеральной части в твердой фазе 18%. В качестве флокулянта использовался водорастворимый полимер РК, добавляемый в суспензию в виде 0,1%-го водного раствора. Из-за структурированного состояния суспензии обработка ее флокулянтom с последующим отстаиванием не дала положительных результатов, хотя наблюдалась фрагментация структурированной системы, однако эффективного расслоения суспензии не происходило.

Центрифугирование обработанной флокулянтom суспензии при 3000 об/мин позволило получить сгущенную суспензию с объемом в 2 раза меньшим, чем исходная и достичь содержания твердого в осадке 4-4,5%. Оптимальная доза флокулянта  $C_f=0,004$  кг/кг (0,4%) в пересчете на абсолютно сухое вещество суспензии сапропеля. Таким образом, ОС гораздо хуже поддается обезвоживанию центрифугированием, чем КС. Если говорить об индексе сгущения, то эффективность центрифугирования ОС даже ниже, чем эффективность отстаивания КС.

С целью получения более сгущенного ОС проводились исследования его фильтрационных свойств, т.к. именно фильтрационные свойства сапропелей наиболее чувствительны к структурным изменениям.

Фильтрационные характеристики для необработанного и обработанного флокулянтom ОС приведены на рис. 1. Все характеристики представляют собой прямые линии в координатах  $t/q$ - $q$ , где:  $t$  - время фильтрования, с;  $q$  - удельный объем фильтрата, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>. Линейная зависимость экспериментальных данных в координатах  $t/q$ - $q$  свидетельствует о том, что процесс фильтрования протекает с образованием осадка. Обработка ОС флокулянтom улучшает фильтрационные свойства сапропеля. Это выражается в уменьшении тангенса угла наклона характеристики, пропорционального удельному сопротивлению осадка. При этом средняя скорость фильтрования увеличивается в 8-10 раз.

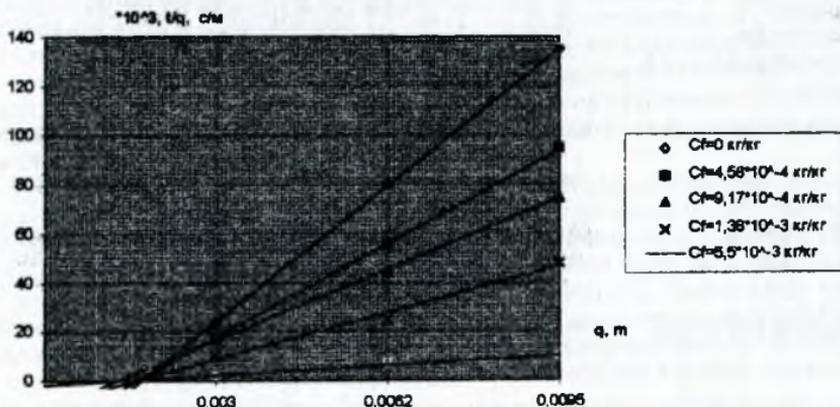


Рис. 1. Зависимость  $t/q$  -  $q$  для органического сапропеля

Наблюдаемое явление может быть объяснено кластеризацией, происходящей в структурированном ОС под воздействием флокулянта, что приводит к перераспределению твердой фазы в пространстве (кластер представляет собой более концентрированную структуру по сравнению с равномерной структурной сеткой несфлокулированного ОС) и повышением проницаемости дисперсной системы. Отметим, что при  $q < 0,002$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> прямые экстраполируются в область отрицательных  $t/q$ , что свидетельствует об отличном от фильтрования с образованием осадка начальном периоде процесса. По-видимому, это связано с флокуляцией части воды, находящейся по границам структурных блоков, не обработанного флокулянтом ОС. Концентрация флокулянта представлена в виде: кг сухого флокулянта / кг сухого сапропеля.

При проведении исследований было установлено, что флокулянт катионного типа РК позволяет многократно уменьшить удельное сопротивление структурированного ОС. Оптимальная доза флокулянта РК составила 0,08 кг/кг, при минимальной влажности отфильтрованного осадка 21-24%.

Для структурированных и сфлокулированных систем важное значение приобретает давление фильтрования, т.к. осадки, образованные из такого рода дисперсных систем, являются сжимаемыми и не всегда увеличение перепада давления будет вести к росту производительности. Например, для исходного ОС, не обработанного флокулянтом, давление  $\Delta p > 0,04$  МПа может вызвать такую сильную деформацию структурированного осадка, что производительность становится даже ниже, чем при  $\Delta p = 0,02$  МПа. В то же время, осадок ОС, обработанный оптимальной дозой флокулянта, также имеет высокую сжимаемость (рост  $\Delta p$  практически не увеличивает удельную производительность фильтра), однако его свойства остаются стабильными в широком диапазоне давления фильтрования, что в дальнейшем может облегчить управление фильтровальным оборудованием. При этом наибольшая производительность по осадку достигается уже при  $\Delta p = 0,03-0,04$  МПа, что снижает энергозатраты на создание разрежения или избыточного давления.

Основываясь на экспериментальных данных и анализе имеющихся разработок, можно составить следующий перечень возможных способов обезвоживания и способов интенсификации процесса:

Способ	Достоинства / недостатки
1. Отстаивание	Наиболее прост в технологическом плане/наименее производительный; может быть применен как первая стадия сгущения.
2. Обработка флокулянтом (интенсифицирующий фактор)	Необходимо условие интенсификации процессов обезвоживания; повышение скорости и эффективности разделения/ Передозировка флокулянта может привести к его попаданию со сливными водами в водоем; необходимы меры по предотвращению этого явления.
3. Центрифугирование	Может быть рекомендован для сапропелей неорганического типа/Опасность абразивного износа; Снижение уровня обезвоживания с увеличением доли органической части в твердой фазе осадка.
4. Фильтрование	Может быть рекомендовано для обезвоживания сапропелей всех типов/ Проблема подбора фильтровального материала; низкая удельная производительность без предварительного сгущения.
5. Механический отжим	Рекомендуется для обработки осадков полученных фильтрованием и центрифугированием/ проблема подбора фильтровального материала.

Подытоживая вышесказанное, следует отметить, что проблема индустриального обезвоживания сапропелей решаема, и при соответствующей рыночной конъюнктуре добыча сапропеля может быть рентабельной.