

Результаты проведенных исследований показывают, что алюмосиликатный сорбент на основе глинисто-солевых шламов ОАО «Беларуськалий», является достаточно эффективным для извлечения  $^{137}\text{Cs}$  из водных сред. Перспективным направлением его практического применения может стать очистка жидких радиоактивных отходов и природных вод от  $^{137}\text{Cs}$ , а также реабилитация радиоактивно загрязненных территорий, направленная на дезактивацию почвенных растворов для снижения перехода  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственные растения.

#### Литература

1. Рябчиков, Б.Е. Очистка жидких радиоактивных отходов / Б.Е. Рябчиков. – М.: ДеЛи Принт, 2008. – 516 с.
2. Леонтьева, Т.Г. Перспективы использования глинисто-солевых шламов ОАО «Беларуськалий» для очистки водных сред и экосистем от радиоцезия / Т.Г. Леонтьева, Л.Н. Москальчук, А.А. Баклай // Труды БГТУ. – 2016. – № 3: Химия и технология неорган. в-в. – С. 74–80.
3. Fuks, L. Clay-salt slimes from the JSC “Belaruskali” as potential engineering barriers in the radioactive waste repositories: sorption of Cs(I), Sr(II), Eu(III) and Am(III) / L. Fuks, I. Herdzik-Koniecko, L. Maskalchuk, T. Leontieva // Int. J. Environ. Sci. Technol. – 2018. – Vol. 15. Issue 10. – P. 2047–2058. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1597-3>.

УДК 502/504

**Панасюгин А.С.<sup>1</sup>, Цыганов А.Р.<sup>2</sup>, Машерова Н.П.<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,

<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный технологический университет»,  
г. Минск)

### ПРИМЕНЕНИЕ ШУНГИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

---

Вода – это необходимое сырье для производства и в то же время часть окружающей нас природой среды. Ее рациональное использование – одна из составляющих нормального функционирования народного хозяйства. В условиях непрерывного развития промышленности, сельского хозяйства и автотранспорта, роста уровня жизни людей увеличиваются объемы водопотребления, водоотведения и потребность населения и производства в высококачественной воде. Приходится вовлекать в водопользование источники, состав воды которых требует более сложных методов очистки, чем традиционные. Одновременно

условия охраны окружающей среды требуют более глубокой очистки сточных вод, сбрасываемых в водоемы. Все это вынуждает проводить многоступенчатую очистку природных и сточных вод, повторно и многократно использовать воду, удаляя ее специфические загрязнения и смеси веществ.

Одними из наиболее эффективных и быстро развивающихся способов очистки воды являются физико-химические. Физико-химическая очистка основана на взаимодействии примесей воды с реагентами и материалами, в результате, которого эти примеси выделяются в иную фазу, деструктируют до безопасных: продуктов или претерпевают иные превращения. Традиционно к физико-химическим методам относят процессы с использованием химических реагентов (окислителей, восстановителей), нейтрализующих веществ, коагулянтов и флокулянтов, углеродных и минеральных сорбентов, ионообменных материалов (ионообменных смол), а также электрохимических и электрокоагуляционных способов обработки вод различного происхождения. К этим же методам относятся и мембранные процессы. Физико-химические методы широко используются в отечественной и мировой практике очистки воды там, где механические и биохимические методы неспособны [1-3].

Из физико-химических методов в настоящее время получают все большее распространение, получает сорбционная очистка воды с использованием активированных углей и минеральных сорбентов, которые позволяют обеспечить высокую эффективность очистки от отсутствия вторичных загрязнений. При сорбционной очистке из водных растворов адсорбируется подавляющее большинство органических соединений и многих неорганических соединений практически до любых остаточных концентраций и без относительности к их биохимической токсичности и химической устойчивости. Эти свойства сорбционной очистки особенно важны и ценны при создании замкнутых систем водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий. При этом решающим фактором в пользу сорбционного этапа обработки воды является то, что изъятие загрязняющих примесей не сопровождается внесением в воду каких-либо полупродуктов разложения органических примесей или солей. Большое число научных работ, выполненных в области сорбционной очистки воды, позволило определить основные направления и место сорбционного процесса среди традиционных и новых методов очистки воды. Однако, несмотря на многочисленные научные разработки, пока еще отсутствуют полная теория сорбционной очистки воды и возможность достаточно точного прогноза поведения сорбционных систем. Поэтому расчет сорбционной аппаратуры ведется

на основе обязательных экспериментальных научных работ. Основные научные работы осуществляются на модельных растворах, при этом достаточно изучены теоретические аспекты масштабного перехода, гидродинамики и массообмена. В качестве модельных веществ для экспериментов выбираются малорастворимые и хорошо определяемые соединения. Высокая стоимость и острый дефицит активированных углей (как сорбентов) вынуждает заменять их более доступными и дешевыми материалами, в частности, шунгитовыми породами с большим содержанием углерода (графита). В то же время известно, что активированные угли малоэффективны при извлечении многих полярных веществ, гидратированных ионов и соединений. В связи с этим существует и успешно развивается самостоятельное направление в очистке природных и сточных вод, основанное на применении дешевых минеральных и углеродсодержащих сорбционных материалов. По мере роста числа потребителей и объемов использования нефти и нефтепродуктов, очистка вода от этих веществ выделилась в самостоятельную задачу. В решении данной проблемы сорбентам отводится решающая роль. В качестве минеральных сорбентов в основном применяются глинистые минералы: бентониты, монтмориллониты, перлиты и другие. Проведенные исследования показали, что минеральные сорбенты эффективно извлекают из сточных вод флотореагенты, диметилфталаты (до 90%), нефтепродукты (до 98%) и др.

Вместе с тем при содержании тяжелых нефтепродуктов (дизтоплива, промышленных масел, мазута и др.) в очищаемой воде порядка 25,0-60,0 мг/л и выше использование сорбентов не всегда экономически целесообразно, поскольку основная масса данного вида нефтепродуктов находится в не растворенном виде, а представляет собой мелкодисперсную суспензию типа «вода–масло».

В процессе предварительных исследований было установлено, что при очистке сточных вод от тяжелых нефтепродуктов сорбционными материалами реально их емкость реализуется не более чем на 10-20 %. Затраты на регенерацию достаточно высоки и после трех-пяти циклов адсорбция-регенерация практически равняются стоимости нового сорбента. Помимо этого сама эффективность регенерации вызывает сомнения в целесообразности ее проведения, так как при каждом цикле регенерации происходит восстановление не более 80 % сорбционной емкости относительно емкости свежего сорбента.

Исходя из вышеизложенного, представляется интересным изучить альтернативные методы извлечения нефтепродуктов из сточных вод. Одним из таких методов является использование фильтров на основе полупроницаемых мембран с последующей сорбционной доочисткой на модифицированном шунгите [4,5].

Целью данного исследования являлось изучение эффективности очистки сточных вод от нефтепродуктов, определение оптимальных режимов фильтрации на мембранных фильтрах с последующей сорбционной доочисткой на модифицированном шунгите.

Схема установки, на которой проводилось изучение эффективности очистки сточных вод от нефтепродуктов и определение оптимальных режимов, представлена на рисунке 1.

Модельные растворы, имитирующие загрязненные нефтепродуктами сточные воды, готовили путем диспергирования в водопроводной воде рассчитанного количества индустриального масла марки А20. Количество масла подбирали таким образом, чтобы его концентрация составляла 55-60 мг/л. Скорость фильтрации в ходе эксперимента варьировали в пределах 5-25 колоночных объемов в час. Количественный и качественный состав нефтепродуктов, содержащихся исходных водных растворах и на выходе из фильтра определяли методом газовой хроматографии с твердотельной микро-экстракцией. Эффективность извлечения нефтепродуктов рассчитывали по следующей формуле:

$$S = (C_{\text{исх}} - C_{\text{кон}}) / C_{\text{исх}} \times 100\%$$

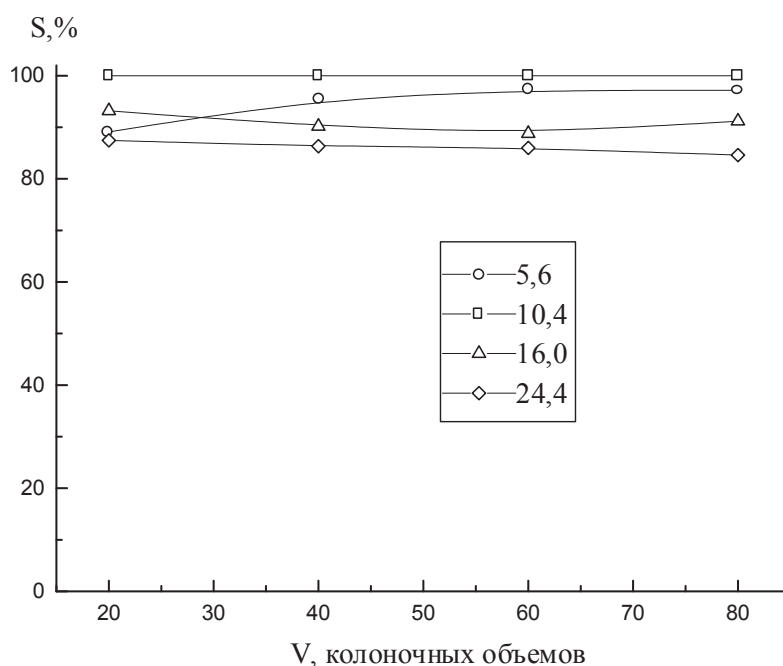
где,  $C_{\text{исх}}$  – содержание нефтепродуктов поступающих на очистку, мг/л;  $C_{\text{кон}}$  – содержание нефтепродуктов на выходе из мембранных фильтров, мг/л.

Исходный фазовый состав индустриального масла марки А20 определяли на хроматомассе НР 5972. В своем составе он содержал соединения следующих классов: предельные углеводороды и их изомеры ( $C_{17}$ - $C_{40}$ ), высокомолекулярные спирты ( $C_7$ - $C_{11}$ ), аминоспирты ( $C_8$ - $C_9$ ) и незначительное количество присадок (в основном 2,5-диметокси-4-метилсульфонил – амин).

Проведенные исследования позволили установить, что фильтрующий элемент, изготовленный на основе гидрофобизованной мембраны и модифицированного шунгита, проявляет высокие показатели улавливания нефтепродуктов при различных скоростях фильтрации (5,0-25,0 колоночных объемов в час). Эффективность извлечения нефтепродуктов во всем исследованном диапазоне скоростей фильтрации была в пределах 85,0-99,8 % рисунок 1. Некоторый разброс полученных значений связан в основном с тем фактом, что при добавлении очередной порции модельного раствора с нефтепродуктами возникали скачки гидравлического напора. В тоже время, некоторое снижение, а затем повышение эффективности задержания нефтепродуктов обусловлено протеканием двух встречных процессов. На первом этапе с ростом скорости фильтрации происходит незначительное продавливание через

мембрану вновь поступающими порциями воды ранее задержанных нефтепродуктов находящихся в виде мелкодисперсной суспензии. В дальнейшем, по мере сужения пор мембраны за счет осаждения на ее поверхности все большего количества нефтепродуктов растет эффективность их задерживания. В установившемся режиме фильтрации после полупроницаемой мембраны на модифицированный шунгит попадают в основном растворенные в воде нефтепродукты, которые в первом приближении можно отнести к истинным растворам при этом содержание растворенных нефтепродуктов находится в пределах 0,9-1,1 мг/л.

Из представленных данных видно, что эффективность извлечения нефтепродуктов во всем исследованном диапазоне скоростей фильтрации была в пределах 89,0-99,8 %. Несмотря на высокие показатели скорости фильтрации полученные на дистиллированной воде до 150 колоночных объемов в час, при пропускании модельных растворов полученных на основе водопроводной воды скорость фильтрации не удастся повысить выше 25 колоночных объемов в час. Это связано с тем, что содержатся в очищаемой воде ионы железа (0,1-1,5 мг/л). При прохождении 800 – 5000 колоночных объемов наблюдается резкое падение пропускной способности фильтра до ее полной кальматации. Данное обстоятельство обусловлено тем, что поверхность фильтра помимо задержки нефтепродуктов эффективно концентрирует ионы железа находящиеся в воде на основе, которой готовились модельные растворы.



**Рисунок 1 – Зависимость эффективности извлечения нефтепродуктов от скорости фильтрации**

Таким образом, установлено, что эффективность извлечения нефтепродуктов на мембранных фильтрах с шунгитовой загрузкой при скорости фильтрации 5 – 25 колоночных объемов в час составляет не менее 85,0-99,8 %.

#### Литература

1. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды.-Л.:Химия, 1982.-168 с.
2. Лобанова Г.А., Абрамова В.В. Применение модифицированных углей для очистки сточных вод // Химия и технология топлив и масел. – 1985.-№12.-С.32-33.
3. Терновцев В.Е., Пухачев В.М. Очистка промышленных сточных вод.-Киев:Будивельник, 1986.-118с.
4. Аюкаев Р.И., Мельцер В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды.-Л.:Стройиздат,1985.-120с.
5. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. Киев : Наукова думка, 1981.-207с.

УДК 004.9

**Плескунов И.В.**

(ООО «Евразийская горно-геологическая группа», г. Москва)

### О РАЗРАБОТКЕ РЕЕСТРА ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЕ

---

Текущая ситуация в области цифровой трансформации горной промышленности характеризуется следующими особенностями: развитие инициатив интеграционных объединений и отраслевых ассоциаций по стандартизации цифровых технологий; кроссотраслевой характер цифровой трансформации, затрагивающий все отрасли промышленности и предусматривающий разработку сквозных пакетных технологий; рост конкуренции и протекционизма, в том числе в цифровой сфере.

В Европейском союзе принята и реализуется Стратегия единого цифрового рынка (EU Digital Single Market Strategy), предусматривающая поддержку развития 5 ключевых направлений:

- кибербезопасность;
- облачные вычисления;
- интернет вещей;
- 5G;
- большие данные.