

А.А. Дрозд, курсант

М.А. Иванов, курсант

О.Ю. Стрельникова, доцент, кандидат хим. наук

(ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина», г. Воронеж)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИИ БЕНЗИНА НА ПРИРОДНОМ И МОДИФИЦИРОВАННОМ ОРГАНОСИЛОКСАНАМИ НАНОПОРИСТОМ СОРБЕНТЕ $M_{45}K_{20}$**

Загрязнение воды представляет собой серьезную проблему для экологии Земли. В результате деятельности человека в водоёмы и подземные воды попадают бытовые сточные воды и стоки промышленных предприятий, содержащие различные высокотоксичные загрязнители, такие как, нефтепродукты, тяжелые металлы и др. Нефтепродукты принадлежат к числу наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Основными источниками загрязнений нефтью и нефтепродуктами являются добывающие предприятия, системы перекачки и транспортировки, нефтяные терминалы и нефтебазы, хранилища нефтепродуктов, железнодорожный транспорт, речные и морские нефтеналивные танкеры, автозаправочные комплексы и станции. Для совершенствования сорбционного метода очистки природных и сточных вод от эмульгированных нефтепродуктов могут быть использованы гидрофобные материалы, полученные на основе природных нанопористых алюмосиликатов путем модификации их поверхности кремнийорганическими соединениями.

В данной работе исследовался природный алюмосиликат  $M_{45}K_{20}$ , содержащий две структурные составляющие: клиноптилолит (20%) – каркасный цеолит и монтмориллонит (45%) – слоистый минерал с расширяющейся структурной ячейкой.

В работе изучены адсорбционно - структурные характеристики природного и модифицированных сорбентов. Исследована сорбция бензина из водного раствора на природном и модифицированных образцах в диапазоне концентраций 0,5 – 5 г/дм<sup>3</sup>.

Модификация природного минерала проводилась растворами полиметилсилоксана (ПМС) и полиэтилсилоксана (ПЭС) по методике [1]. Образцы помещали в колбу и заливали раствором органосилоксана в толуоле в соотношении 1: 4. Колбу нагревали при температуре 353-373 К в течении 6 часов, затем осадок высушивали при температуре 383 К до постоянной массы.

Оценку удельной площади поверхности и пористости по методам БЭТ и ВЖН проводили на автоматическом анализаторе NOVA 2200E Quantachrome. Исследование распределения частиц по размерам осуществляли на лазерном анализаторе размеров частиц Microtrac S3500. Измерения для природного адсорбента проводили, используя в качестве дисперсионной среды воду, а для модифицированных органосилоксанами образцов - этанол [2].

Методом изопиестирования исследовали гидратационную способность минералов. Эксикаторы заполнялись насыщенными растворами растворов гидроксида натрия и солей с известными величинами активности и в эксикатор помещали открытый бюкс с предварительно высушенными при 378 К до постоянной массы образцами сорбентов (масса навески сорбента 0,1 г). Эксикаторы вместе с бюксами помещали в термостатированный шкаф (298 К). Достижение равновесия контролировали по изменению массы образца.

Для исследования сорбции бензина минерал заливали раствором сорбата в соотношении 1:50, время сорбции 1 час, затем раствор отфильтровывали, определяли его концентрацию, сопоставляя ее с исходной, рассчитывали степень очистки воды. Метод определения бензина основан на экстрагировании нефтепродуктов из воды хлороформом. Растворившийся в хлороформе бензин окрашивает его, что позволяет провести фотоколориметрический анализ раствора [3].

Количество бензина, адсорбированного одним граммом сорбента ( $a$ ) рассчитывали по формуле:

$$a = \frac{m_0 - m_1}{m_{\text{сорб}}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где  $m_0$  - масса бензина в пробе до адсорбции, мг,  $m_1$  - масса бензина в пробе после адсорбции, мг;  $m_{\text{сорб}}$  - масса сорбента, г.

Степень очистки воды ( $\eta$ ) рассчитывали по формуле:

$$\eta = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \cdot 100\% , \quad (2)$$

где  $C_0$  - концентрация до адсорбции, г/дм<sup>3</sup>;  $C_1$  - концентрация после адсорбции, г/дм<sup>3</sup>.

Величины удельной поверхности по азоту и воде, объём пор, средний размер пор и частиц для природного и модифицированных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Адсорбционно-структурные характеристики природного и модифицированного образцов сорбента  $M_{45}K_{20}$

Показатель	Сорбент		
	$M_{45}K_{20}$ природный	$M_{45}K_{20}$ с ПМС	$M_{45}K_{20}$ с ПЭС
Удельная поверхность по азоту, $m^2/g$	27	10	5
Объём пор, $cm^3/g$	0,05	0,04	0,03
Средний размер пор, нм	7,58	14,89	28,76
Средний размер частиц, мкм	65,94	89,77	61,83
Удельная поверхность по воде, $m^2/g$	197	67	77

Из полученных данных видно, что при модифицировании адсорбента растворами полиорганосилоксанов происходит уменьшение удельной поверхности по азоту (при обработке ПМС снижение ~ в 3 раза, при использовании ПЭС снижение ~ в 6 раз). Объём пор уменьшается, а средний размер пор увеличивается для  $M_{45}K_{20}$  с ПМС в 2 раза,  $M_{45}K_{20}$  с ПЭС в 4 раза по сравнению с природным алюмосиликатом.

Величины удельной поверхности по воде значительно превосходят величины удельной поверхности по азоту. Этот факт, вероятно, объясняется тем, что большая сорбция полярных молекул воды достигается за счет образования цепочки водородных связей. Обработка растворами полиорганосилоксанов приводит к уменьшению сорбции воды и снижению удельной поверхности.

На следующем этапе работы была исследована адсорбция бензина на природном и модифицированных образцах алюмосиликата.

Изотермы сорбции бензина из водных растворов на природном и модифицированных образцах сорбента представлены на рисунке 1.

Образование гидрофобизированной поверхности приводит к избирательной адсорбции бензина в системе бензин - вода. Значения адсорбционной емкости по бензину для алюмосиликатов, модифицированных полиорганосилоксанами, выше, чем для природного минерала в 2-3 раза. Максимальная степень очистки воды от бензина на модифицированных сорбентах составила 99,0%.

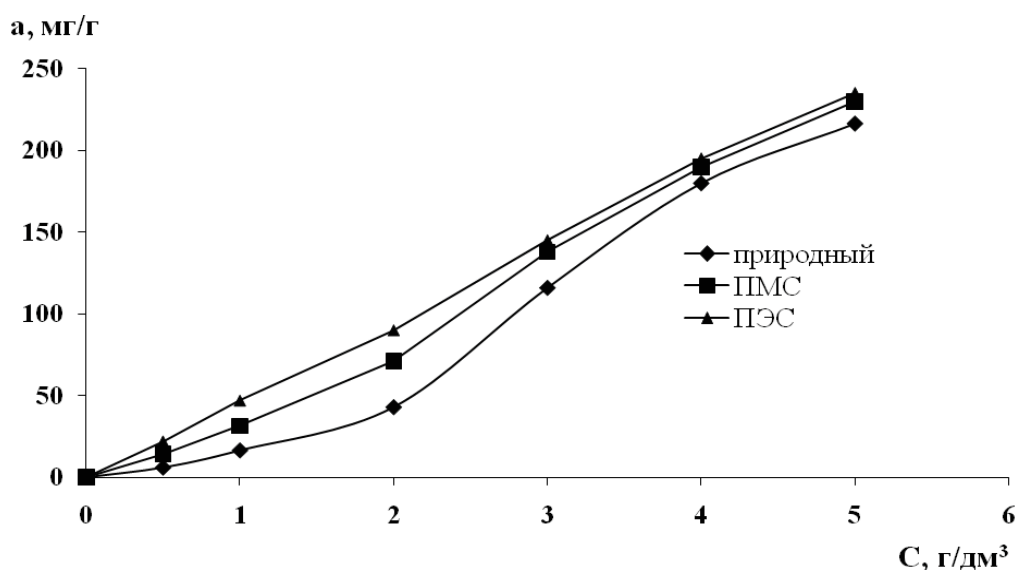


Рисунок 1 – Изотермы адсорбции бензина на природном и модифицированных образцах сорбента  $M_{45}K_{20}$

Таким образом, для образцов сорбента модифицированных органосилоксанами установлено снижение удельной поверхности по азоту и воде, объёма пор, увеличение размера пор, что обусловлено блокированием активных центров и микропор молекулами органосилоксанов. Показано, что для селективной адсорбции нефтепродуктов из водной среды эффективно использовать обработку поверхности природных минералов растворами органосилоксанов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Бельчинская Л.И. Повышение адсорбционной селективности нанопористого клиноптилолита при гидрофобизации органосилоксанами/ Л.И. Бельчинская, О.Ю. Стрельникова, Л.А. Новикова и др.// Физикохимия поверхности и защита материалов – 2008. – Т. 44. – № 4. - С.419-422.

2 Стрельникова О.Ю. Структурно-адсорбционные изменения алюмосиликатов при реагентной модификации/ О.Ю. Стрельникова, Л.И. Бельчинская, Т.И. Лы, А.И. Везенцев// В сборнике: Сорбенты как фактор качества жизни и здоровья. – Материалы IV конференции. Белгород. – 2012. –С.158-163.

3 Анисимов М.В. Способ очистки сточных вод от бензина/ М.В. Анисимов, Л.И. Бельчинская, К.В. Строкова// Патент на изобретение RUS 2538269 02.07.2013