

**УДК 502.55**

ШУРДОВА А. Е., студент гр. ХТб-211, УШАКОВ А. Г., к.т.н. доцент (КузГТУ)  
Научный руководитель УШАКОВА Е. С., к.т.н., доцент (КузГТУ)  
г. Кемерово

**ВЛИЯНИЕ СОЛЕСОДЕРЖАНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ НА  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ НЕФТЕСОРБЕНТОВ**

С каждым годом в мире все чаще происходят экологические катастрофы техногенного характера. Загрязнение воды нефтью и нефтепродуктами считается в этом плане одной из основных экологических проблем. Разлив нефти в море – это масштабная катастрофа, которая затрагивает огромное количество видов животных и растений, причем не только в море, но и на суше. Аэрофотосъемка со спутников зафиксировала, что почти 30% поверхности Мирового океана покрыто нефтяной пленкой. Наибольший вред в этой связи приносят аварийные выбросы нефти при добыче и транспортировке этого ресурса. В 2023 году объем разлитой танкерами нефти в мире составил примерно 2 тыс. тонн (согласно данным Министерства энергетики Российской Федерации) [1].

Разливы нефти и нефтепродуктов на море представляют наиболее серьезную угрозу для морской экосистемы. На сегодняшний день существует множество способов ликвидации последствий аварийных разливов, однако наиболее эффективным и экологически безопасным методом является очистка с помощью сорбентов. На кафедре химической технологии твердого топлива КузГТУ обратили внимание на эту проблему, разработав углеродсодержащие нефтесорбенты, состоящие из отходов промышленных предприятий и обладающие магнитными свойствами [2]. Придание таким веществам магнитных свойств помогает эффективно управлять сорбентами на водной поверхности и собирать уже отработанные гранулы с воды.

Нефтесорбенты играют важную роль в очистке нефтяных загрязнений, адсорбируя и удерживая нефть на своей поверхности. Однако эффективность нефтесорбентов может в значительной степени зависеть от различных факторов окружающей среды, включая соленость морской воды. Настоящее исследование направлено на изучение взаимосвязи солености морской воды и сорбционной емкости нефтесорбентов, а также предоставление данных, которые могут помочь в разработке более эффективных нефтесорбентов для морских условий.

С целью более полного исследования процесса сорбции были проведены постановочные эксперименты с искусственно созданной морской водой. Усредненный состав морской воды включает следующие компоненты [3]:

- гидрокарбонат кальция ( $\text{CaHCO}_3$ ) – 1%;
- сульфат кальция ( $\text{CaSO}_4$ ) – 5%;
- хлорид натрия ( $\text{NaCl}$ ) – 77%;
- сульфат магния ( $\text{MgSO}_4$ ) – 4%;
- хлорид магния ( $\text{MgCl}_2$ ) – 13%.

Для моделирования морской воды каждый компонент был в определенных пропорциях смешан с дистиллированной водой с целью получения необходимой солености. В таблице 1 представлены соответственно плотности и pH полученных растворов.

Таблица 1. Плотность и pH морской воды в зависимости от солености при температуре 28°C

	Соленость, г/л (промилле)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	996,20	1000,02	1003,75	1007,48	1011,21	1014,94	1020,17	1022,41
pH	6,6	7,7	7,84	7,92	7,98	8,04	8,10	8,18

Помимо солености, на сорбционную емкость нефтесорбентов также могут влиять pH и плотность морской воды. Высокие значения pH способны приводить к увеличению сорбционной емкости, поскольку они способствуют депротонированию нефтяных капель, что повышает их гидрофобность. С другой стороны, увеличение плотности морской воды может снижать сорбционную емкость, поскольку более плотная вода затрудняет проникновение нефтяных капель в поры нефтесорбентов.

Для изучения влияния солености на адсорбционную емкость в лабораторных условиях были смоделированы нефтяные разливы, на которые помещались гранулы нефтесорбента. По истечении 15 минут достигалось сорбционное равновесие, значение поглощенной нефти практически не изменялось, поэтому опыт проводили именно в течение этого времени. Первую пробу сорбента вынимали из воды через минуту, а последующие извлекались с шагом в 2 минуты до достижения 15 минут контактирования. Затем отработанные сорбенты помещались в сушильный шкаф, где под действием температуры в  $100 \pm 5^\circ\text{C}$  из гранул испарялась влага. Полученные данные были занесены в диаграмму, представленную на рисунке 1.

Полученные результаты показали, что соленость морской воды оказывала значительное влияние на сорбционную емкость нефтесорбентов. С увеличением солености сорбционная емкость нефтесорбентов уменьшалась с 6 г/г до 3,96 г/г.

Уменьшение сорбционной емкости нефтесорбентов с увеличением солености морской воды можно объяснить несколькими причинами:

1) Ионы соли в морской воде могут конкурировать с молекулами нефти за адсорбционные центры на поверхности нефтесорбентов, что может приводить к снижению количества адсорбированной нефти.

2) Соленость морской воды влияет на двойной электрический слой, который образуется на поверхности нефтесорбентов. С увеличением солености толщина двойного электрического слоя уменьшается, что затрудняет адсорбцию нефтяных капель.

3) Соленость морской воды может влиять на pH воды, который, в свою очередь, может влиять на заряд и растворимость нефтяных капель. Изменение

заряда и растворимости нефтяных капель может влиять на их адсорбцию на нефтесорбентах.

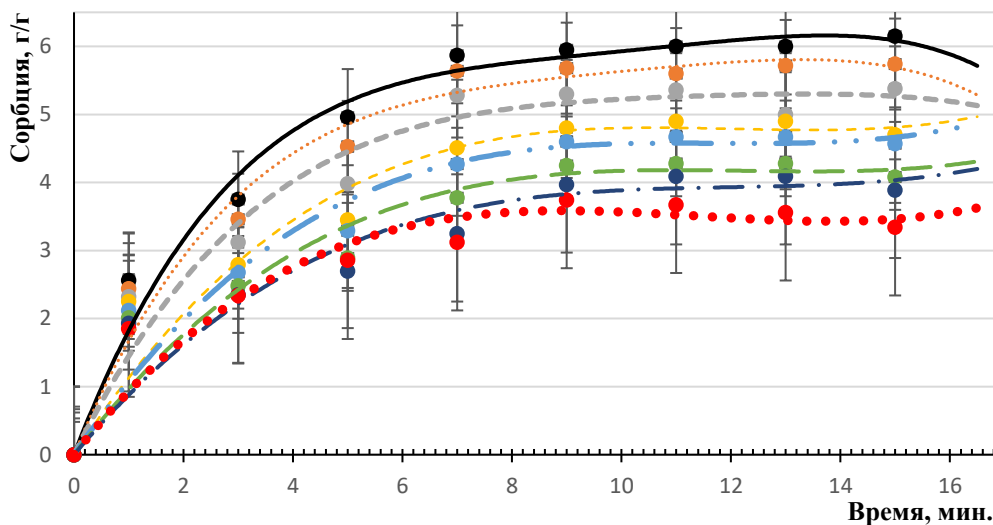


Рисунок 1. Зависимость адсорбционной емкости на разделе фаз «нефть-вода» от солености морской воды (сверху вниз): ———— 0 г/л; ..... 5 г/л; — — — 10 г/л; - - - - 15 г/л; — . . — 20 г/л; — — — 25 г/л; — . — 30 г/л; ..... 35 г/л

Таким образом, экспериментальным путем было выяснено, что соленость воды оказывает значительное воздействие на адсорбционные характеристики нефтесорбентов. При увеличении солености воды в 35 раз наблюдается уменьшение адсорбционной емкости на 34%. Следовательно, существует необходимость проводить дальнейшие исследования для разработки нефтесорбентов с высокой сорбционной емкостью и эффективностью в широком диапазоне условий морской среды. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение влияния других факторов, таких как температура и наличие поверхностно-активных веществ, на сорбционную емкость нефтесорбентов в морских условиях.

#### Список литературы:

1. Министерство энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru>.
2. Шурдова, А. Е. Магнитный углеродный сорбент для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на водоемах// Время науки – The Time of Science. – 2023. – № 4.1. – С. 31-36.
3. Крушенко, Г. Г. Проблема воды/ Г. Г. Крушенко, Д. Р. Сабирова, С. А. Петров// Вода и экология. – 2000. – № 3. – 7 с.