

УДК 66.099.2

## ПРОБЛЕМЫ ОКАТЫВАНИЯ СОРБИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА НА МАГНЕТИТОВОЕ ЯДРО

Черепова А. Е. студентка гр. ХТб-181, 3 курс, Ушакова Е. С. к.т.н., доцент  
Научный руководитель: Ушаков А.Г. к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Загрязнение водного пространства нефтью и нефтепродуктами – актуальная проблема всего человечества. Доказательство тому регулярные аварии, сопровождающиеся попаданием нефти в реки, моря и океаны [1]. За 2020 год только в России известно несколько случаев аварийных разливов нефти:

- 14 марта разлив мазута в Приморском крае, где в озеро Соленое попало порядка 2500 тонн нефтепродукта по причине износа оборудования.
- 29 мая разлив в Норильске, где в реку Амбарная попало более 20 тыс. тонн дизельного топлива из-за нарушения техники безопасности и суровых климатических условий [2].
- 25 июня разлив нефтепродуктов в Химках, в реке Грачевка обнаружено порядка 23 тыс. м<sup>2</sup> нефтепродуктов.

При соприкосновении нефти с водой образуется маслянистая пленка, расползающаяся по поверхности воды и препятствующая обмену газами, недостаток кислорода губительно влияет на флору и фауну.

На сегодняшний день известно большое количество способов ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, из которых наиболее оптимальным способом является магнитная сорбционная очистка. Она эффективна при больших по площади разливах нефти, позволяет контролировать процесс ликвидации, и мало требовательна к исходным условиям сбора нефти [3].

Магнитный углеродный нефтесорбент разрабатывают в Кузбасском государственном техническом университете имени Т. Ф. Горбачева (КузГТУ).

Структура такого сорбента представляет собой 2х-слойную систему, где в центре находится магнетитовое ядро, на поверхность которого методом окатывания наносят сорбирующий материал на основе углеродсодержащих отходов угольных, деревообрабатывающих предприятий, избыточного активного ила очистных сооружений (рис. 1) [4].

**Цель работы:** изучить влияние состава сорбирующей смеси на процесс окатывания на магнетитовом ядре в барабанном.

**Задачи:**

1. Изучить подробно процесс гранулирования методом окатывания.
2. Определить факторы, влияющие на эффективность процесса грануляции при окатывании на ядро.

3. Провести эксперименты по окатыванию сорбирующей смеси на магнетитовое ядро.

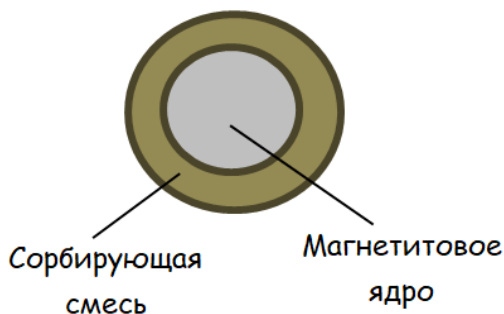


Рис. 1. Структура углеродного магнитного нефтесорбента

Стандартный процесс окатывания основывается на образовании зародыша, который формируется во время самого процесса внутри барабана гранулятора при особом соблюдении состава и уровня влажности смеси. Зародыш представляет собой комочек сферической формы, на который и осуществляется окатывание сухих частиц [5].

В случае предварительного введения магнетитового ядра непосредственно в сорбирующий материал, вышеописанные явления не наблюдаются, так как сам магнетитовое ядро становится центром гранулообразования и все процессы дальнейшего наслаивания происходят на нем.

В качестве центров гранулообразования выступают полученные на кафедре химической технологии твердого топлива КузГТУ магнетитовые ядра, на которые в последующем окатывается сорбирующий материал. Размер ядра приблизительно 0,3–0,4 мм. Масса 0,016–0,018 г [6].

#### Характеристика сырья

Сорбирующий материал представляет собой смесь связующего (отходы животноводческих предприятий и ил биологических очистных сооружений сточных вод) и наполнителя (углеродсодержащие отходы угольных и деревообрабатывающих предприятий).

Связующее (в данной работе ил очистных сооружений) представляет собой влажную густую массу от коричневого до черного цвета, основные характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики связующего

Влажность ( $W_c^r$ ), %	Зольность ( $A_c^d$ ), %	Плотность ( $\rho_c$ ), кг/м <sup>3</sup>
80,6–82,4	21,1–21,6	1048–1079

Наполнитель (в данной работе древесные опилки) представляет собой увлажненную рассыпчатую массу, не имеющую явных признаков гниения и посторонних примесей, в том числе средств лакокрасочной промышленности и полимеров (таблица 2).

Таблица 2

Характеристика вторичного древесного сырья – опилок

Влажность ( $W_{оп}^r$ ), % мас.	Зольность ( $A_{оп}^d$ ), % мас.	Плотность насыпная ( $\rho_{оп}^{нас}$ ), кг/м <sup>3</sup>	Выход летучих веществ ( $V_{оп}^d$ ), %
5,0–5,2	5,1–5,3	173–178	72,0–74,2

Процесс окатывания состоит из нескольких стадий:

1. получение центров гранулообразования (ядер);
2. смешение магнетитовых ядер со связующим и наполнителем;
3. окатывание смеси на поверхность ядер;
4. уплотнение полученных гранул в результате их перемещения по гранулятору;
5. упрочнение связей в результате перехода из жидкой фазы в твердую, т. е. стабилизация структуры гранулы.

На всех вышеперечисленных стадиях происходит изменение распределения частиц по размерам, т. е. идет процесс гранулообразования, интенсивность которого зависит от технологии, аппаратного оформления процесса гранулирования и свойств окатываемой смеси.

Важно при подготовке сорбирующего материала соблюдать определенную последовательность: предварительно полученные магнитные ядра необходимо распределить по поверхности связующего, насыпать слой наполнителя и затем перемешать смесь. Далее отправить смесь в барабан гранулятора для окатывания, по мере необходимости добавлять связующее [7].

В результате окатывания образуются гранулы, которые в последующем высушивают и подвергают анализу: на определение эффективности окатывания. Средний размер получаемых гранул около 1 см (рис. 2).

Помимо полноценных готовых гранул образуются так называемые «пустые гранулы», сформировавшиеся только из сорбирующей смеси без магнетитового ядра в центре.

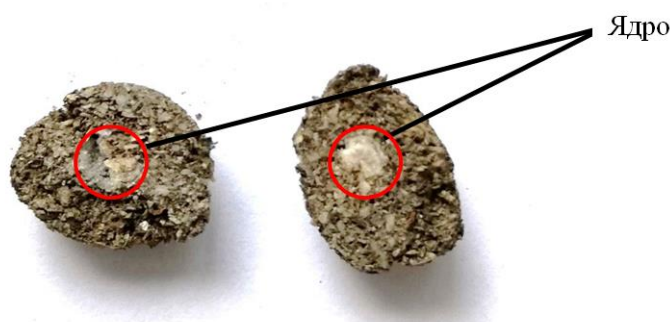


Рис. 2. Гранула, содержащая магнетитовое ядро

Серия экспериментов показала, что одна из основных проблем, связанных с окатыванием на ядрах заключается в неравномерном

распределении сорбирующего материала. Другими словами не все ядра подвергаются окатыванию, встречаются «пустые гранулы» или ядра вовсе не подвергшиеся окатыванию (рис. 3).



Рис. 3. Результат окатывания сорбирующей смеси на ядрах

В рамках лабораторных исследований проверена гипотеза о влиянии состава сорбирующей массы на эффективность окатывания.

При приготовлении сорбирующей смеси варьировали соотношение связующего и наполнителя (таблица 3).

Таблица 3

Соотношение наполнителя и связующего в сорбирующих смесях

№ смеси	Магнетитовое ядро, %	Наполнитель, %	Связующее, %
1	1	20	79
2	1	15	84
3	1	11	88

В результате экспериментов, получены данные, представленные на рисунке 4.

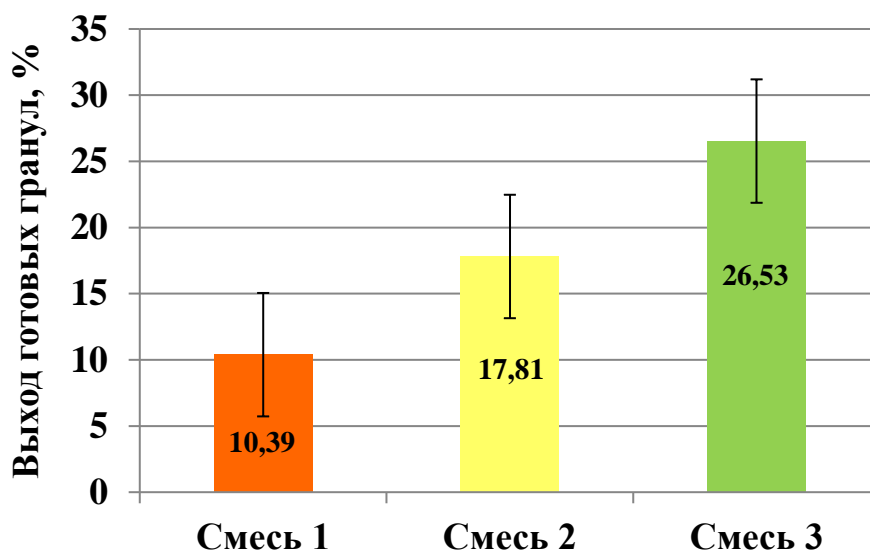


Рис 4. График выхода готовых гранул в зависимости от соотношений компонентов сорбирующей смеси

Как видно, из диаграммы при увеличении процента связующего в сорбирующей смеси выход отовых гранул увеличивается.

Таким образом, состав сорбирующей смеси имеет значение при получении качественных гранул – полупродукта для получения нефтесорбентов.

Оптимальное соотношение непосредственно влияет на выход «пустых гранул», но, судя по полученным данным, проблема кроется не только в подборе оптимального соотношения сорбирующей смеси. Для получения окончательного результата необходимы дальнейшие исследования факторов, влияющих на эффективность окатывания.

### Список литературы

1. Нефтяные разливы в России [Электронный ресурс] // URL: <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/oil-spills>.

2. Росприроднадзор произвел расчет ущерба экологии, нанесенный аварией в Норильске [Электронный ресурс] // URL: [https://rpn.gov.ru/news/rospririodnadzor\\_proizvel\\_raschet\\_ushcherba\\_ekologii\\_nan\\_esennyu\\_avariey\\_v\\_norilske/](https://rpn.gov.ru/news/rospririodnadzor_proizvel_raschet_ushcherba_ekologii_nan_esennyu_avariey_v_norilske/)

3. Черепова А. Е., Ушакова Е. С. Ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов с водных пространств при помощи магнитных нефтесорбентов // // XII Всероссийская 65 научно-практическая конференция молодых ученых с международным участием «Россия Молодая» (21 - 24 апреля 2020 г.) – Кемерово: КузГТУ. – 2020. – 3 с.

4. Якубовский С. Ф. Получение сорбента для сбора нефти и нефтепродуктов при их разливах путем утилизации отходов агропромышленного комплекса // С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка, Е.И. Майорова / Вестник полоцкого государственного университета. – 2017. – Серия В. – №11. – С. 84 – 89

5. Черепова А. Е., Ушакова Е. С. Нанесение сорбирующего материала на ядро сорбента // XI Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Россия Молодая» (16 - 19 апреля 2019 г.) – Кемерово: КузГТУ, – 2019. – С. 19 – 22

6. Черепова А. Е., Ушакова Е. С. Получение магнетитового ядра в лабораторных условиях // // Материалы V Всероссийской конференции «Химия и химическая технология: достижения и перспективы». – Кемерово: КузГТУ. 2020. – 3 с.

7. Черепова А. Е. Влияние состава исходной смеси при окатывании на магнетитовых ядрах на свойства окатышей // Материалы IV Молодежного Экологического Форума «Проблемы комплексного освоения полезных ископаемых» (29-30 октября 2019 г.) – Кемерово: КузГТУ. – 2019. – С. 25 – 28