

International Innovative Mining Symposium (Devoted to Russian Federation Year of Environment), 2020. – V. 174. – P. 02031-0235.

2. Черкасова Е.В. Процессы переработки золошлаковых отходов в Кузбассе с целью извлечения ценных материалов / Е. В. Черкасова, А.А. Головачев // Инновационные процессы комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья (Плаксинские чтения-2020): Материалы Междунар. конф-и. Апатиты 21-26 сент. 2020/ Кольский НЦ РАН. С. 307-308.

3. Vetoshkina I.S. Solution of Coking Coal in the Anthracene Fraction of Coal Tar at PAO Koks / I.S. Vetoshkina, V.S. Solodov, T.G. Cherkasova, S.P. Subbotin, E.V. Vasileva, A.V. Nevedrov // Coke and Chemistry, 2019. – V. 62. – No 6. – P. 245-248.

4. Kozlov A.P. Innoate Coal-Tar Products at PAO Koks / A.P. Kozlov, T.G. Cherkasova, S.V. Frolov, S.P. Subbotin, V.S. Solodov // Coke and Chemistry, 2020. – V. 63. – No 7. – P. 344-350.

УДК 541.182.42

**Цыганов А.Р.**

(Белорусский государственный технологический университет)

**Томсон А.Э., Соколова Т.В., Царюк Т.Я., Пехтерева В.С.**

(Институт природопользования НАН Беларуси)

### **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ НЕФТЕМАСЛОПРОДУКТОВ**

Для очистки водных объектов от нефтемаслопродуктов (НМП) в настоящее время применяют механические, физико-химические и биологические методы.

Для глубокой очистки воды от НМП, находящихся в тонкоэмульгированном и растворенном состояниях, основным методом является сорбционный.

Большинство используемых в настоящее время сорбционных (нефтепоглощающих) материалов (НПМ) для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов получают на основе синтетических и природных полимеров.

Типичными представителями НПМ, полученных на основе синтетических полимеров и изделий из них, являются сорбенты на основе полипропиленовых волокон, пенографита, пенопластов (пенополиуретаны),

изделий из поливинилхлорида (ПВХ), фенолформальдегидных смол. Одной из основных проблем использования для этих целей синтетических НППМ является утилизация их в нефтенасыщенном состоянии.

Большинства этих недостатков лишены сорбционные материалы, полученные на основе природных полимеров (мхи, торф, сапропели, отходы хлопкового и льняного производства и др.), а также продуктов их переработки. Отработанные природные НППМ материалы легко подвергаются утилизации путем сжигания либо захоронения в почве.

Проведена сравнительная оценка возможности применения органических сорбентов для сбора НМП с водной поверхности и очистки сточных вод, содержащих НМП в эмульгированном и растворенном состояниях.

Исследованы физико-химические свойства и сорбционно-адгезионная активность органических сорбентов, применяемых для ликвидации аварийных разливов нефти на воде.

В качестве объектов исследования выбраны:

- сорбционный материал на основе торфа, получаемый по технологии, разработанной в Институте природопользования НАН Беларуси;
- сорбент «Ливсор-С», полученный в результате термического расщепления специально обработанного графита;
- дисперсный сорбент на основе сфагнового торфа.

Эффективность сорбентов в лабораторных условиях оценивали по насыпной плотности, сорбционной емкости по нефти (нефтеемкости) и водопоглощению.

Результаты определений указанных выше характеристик представлены в табл. 1.

**Таблица 1 – Физико-химические и сорбционные характеристики нефтемаслопоглощающих сорбентов**

Сорбент	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Нефтеемкость		Водопоглощение, %
		кг/кг	кг/м <sup>3</sup>	
«Ливсор-С»	7,4	58,6	433,6	7500
Гранулированный сорбент на основе торфа	328,0	1,9	623,2	84,9
Дисперсный сорбент на основе сфагнового торфа	84,0	10,1	848,4	325,5

Из табл. 1 следует, что сорбент «Ливсор-С» обладает высокими показателями нефтеемкости в пересчете на единицу массы по сравнению с торфяными сорбентами, но с учетом низкой насыпной плотности значение нефтеемкости в пересчете на единицу объема по сравнению с

дисперсным торфяным сорбентом на основе торфа почти в 2 раза меньше. Кроме этого сорбент «Ливсор-С» имеет высокие значения водопоглощения, превышающие таковые для дисперсного торфяного сорбента более чем в 20 раз. В результате этого сорбент «Ливсор-С» при применении его для ликвидации аварийных разливов нефти на поверхности воды не будет реализовывать способность поглощать нефтяное загрязнение, так как будет происходить конкурентный процесс поглощения воды. Таким образом, учитывая малый насыпной вес и невысокие значения объемного поглощения нефти, доставка к местам применения такого рода легких сорбционных материалов неэффективна. о

Дисперсный сорбент на основе сфагнового торфа и гранулированный сорбент обладают в 34 и 88 раз меньшими значениями водопоглощения по сравнению с «Ливсор-С», что служит преимуществом при применении для сбора нефти с поверхности воды.

Изучено применение органических сорбентов для очистки нефтемаслосодержащих сточных вод.

В качестве объектов исследовались:

- гранулированный торф, упомянутый выше;
- сорбент «Ливсор-С»;
- активированный уголь, полученный на основе сосново-пушицевого торфа со степенью разложения 40–45% по технологии, разработанной в Институте природопользования НАН Беларуси;
- фильтрующая загрузка, включающая гранулированный торф и «Ливсор-С» в равных частях.

Лабораторные исследования сравнительной эффективности применения указанных сорбентов для очистки модельных сточных вод от НМП проводили на опытной установке, состоящей из фильтровальной колонки круглого сечения (диаметр колонки 3 см, высота 60 см, объем загрузки 100 см<sup>3</sup> в сухом состоянии) и резервуара исходной эмульсии. В колонку загружали набухший в воде сорбент. Скорость фильтрации составляла 2 м/ч. Модельная вода готовилась на водопроводной воде с добавлением нефтемаслосодержащей смеси, состоящей из дизельного топлива, моторного масла и бензина. Концентрация НМП в модельной воде составляла 50–60 мг/дм<sup>3</sup>. Устойчивую эмульсию получали путем встряхивания в аппарате РТ-1 в течение 1 мин.

Эффективность очистки рассчитывали по формуле

$$(C_0 - C)/C_0 \cdot 100,$$

где  $C_0$  – концентрация НМП в исходной модельной воде;  $C$  – остаточная концентрация в фильтрате.

Экстракцию НМП из водной фазы проводили четыреххлористым углеродом. Концентрацию НМП в экстрактах определяли методом ИК-спектроскопии. Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

Анализ данных, представленных в табл. 2, показывает, что применение органических сорбентов для очистки сточных вод, содержащих НМП, является достаточно эффективным. Степень очистки модельной воды гранулированным торфом и сорбентом «Ливсор-С» составляет 94–96 %, а остаточное содержание НМП – 3,4–2,5 мг/дм<sup>3</sup>. Положительный эффект достигается при сочетании гранулированного торфа и сорбента «Ливсор-С» в соотношении 1:1.

**Таблица 2 – Эффективность очистки модельной нефтемаслосодержащей сточной воды органическими сорбентами**

Сорбент	Концентрация НМП в модельной воде, мг/дм <sup>3</sup>		Эффективность очистки, %
	до очистки	после очистки	
Гранулированный торф	57,5	3,4	94,1
«Ливсор-С»	63,4	2,5	96,3
Гранулированный торф:«Ливсор-С» 1:1	61,9	1,7	97,3
Гранулированный торф:«Ливсор-С»: активированный уголь 1:1:1	56,54	1,2	97,9

Степень очистки повышается до 97,3 % при остаточной концентрации НМП в модельной воде 1,7 мг/дм<sup>3</sup>. Включение в композиционную загрузку активированного угля на основе торфа повысило степень очистки модельной воды до 98 %, остаточная концентрация НМП снизилась до 1,2 мг/дм<sup>3</sup>, что отвечает требованиям, предъявляемым к технической воде на технические нужды и для мойки автомашин.

Таким образом, применение органических сорбентов для очистки сточных вод от НМП в эмульгированном и растворенном состояниях позволяет достичь остаточной их концентрации в фильтрате 1,7–1,2 мг/дм<sup>3</sup>, что согласуется с данными, приведенными в литературе. Для снижения концентрации НМП в очищенной сточной воде до значений меньше 1 мг/дм<sup>3</sup> необходимо применение методов электрокоагуляции и флотации [1].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Томсон, А.Э. Сорбционные материалы на основе торфа в процессах очистки нефтесодержащих сточных вод / А. Э.Томсон, Т. В. Соколова, В. С. Пехтерева // Природопользование. – 2001. – Вып. 7. – С. 113–116.