

Материалы XX Международной научной конференции
**«ОБЩЕСТВО: НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ
ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ (идеи, ресурсы, решения)»**
(г. Чебоксары, Россия, 27 июня 2022 г.)

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕФТЕЕМКОСТИ МЕТОДОМ СОРБЦИИ
НА ПРИМЕРЕ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

КУЗИНА Наталья Александровна

кандидат педагогических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»
г. Казань, Россия

Работа посвящена определению нефтеемкости методом сорбции на примере углеродных волокнистых материалов разных марок и структур. Как известно нефть и продукты ее переработки имеют широкое применение в мире и приносят большую пользу, но, однако, не обходится без аварий и экологических катастроф, которые оказывают непоправимый вред окружающей среде. Главной задачей является своевременная ликвидация и утилизация нефти и нефтепродуктов при их разливе. Нефтяные загрязнения образуются при добыче, транспортировке, переработке и хранении нефти. На сегодняшний день применяются различные методы очистки воды от нефтяных загрязнений такие, как механические, биологические, электрохимические и физико-химические. В статье описывается метод сорбции – один из самых результативных, недорогих и действенных технологий по очистке воды. Сорбция обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами. Имеется много различных сорбентов такие, как естественные, искусственные и синтетические материалы. Для очистки воды сорбенты должны иметь высокие показатели нефтеемкости, гидрофобности, а также обладать повышенной плавучестью. В эксперименте применялись углеродные волокнистые материалы, из главных достоинств которых, при сборе и утилизации нефти и нефтепродуктов, являлись высокая теплостойкость и способность не терять своих механических, сорбционных и физических свойств.

Ключевые слова: нефтеемкость, углеродные волокнистые материалы, метод сорбционной очистки, нефть и нефтепродукты.

В настоящее время нефть является главенствующим сырьем промышленности разных отраслей. Ежедневная добыча составляет миллионы баррелей в мире. Основные потери нефти происходят при транспортировке и переработке нефтепродуктов. Они возникают из-за удаленности расположения залежей нефти. Транспортировка нефти и нефтепродуктов осуществляется несколькими способами: по нефтепроводам, а также наземным и морским транспортом. Наиболее

опасным видом транспортировки является перевозка через океаны и моря, так как происходящие аварии наносят экологический ущерб окружающей среде. Своевременная ликвидация и предотвращение загрязнения нефтью или продуктами ее переработки является первостепенной задачей.

Разливы нефти и нефтепродуктов являются чрезвычайными ситуациями, при этом порядок ликвидации регулируется нормативными документами, а мероприятия в отно-

шении разливов на морских акваториях регулируются отдельными актами. Исходя из нормативных актов каждая организация, связанная с добычей, транспортировкой и переработкой нефти обязана иметь достаточное количество технических, финансовых средств и материально-технических ресурсов для ликвидации аварийных ситуаций.

Для очистки водных объектов от нефтяных загрязнений в основном используют следующие группы методов: механические, физико-химические, электрохимические и биологические. Но эти методы в отдельности не дают ожидаемого эффекта избавления от нефти и нефтепродуктов. На наш взгляд только сочетание методов очистки дают ощутимые результаты при утилизации нефтяных загрязнений.

Механические методы эффективны для удаления плавающей нефти с достаточно толстым слоем, начиная от 3 и более мм.

В случае применения физико-химических методов в воду могут попасть реагенты и дополнительно загрязнить водоемы или образовать новые комплексные соединения с химическими элементами.

При небольших разливах используют биологические методы очистки, которые являются наиболее универсальными для ликвидации. Утилизация большого объема разлившихся нефтепродуктов проводят с использованием различных адсорбентов.

Для сбора разлившихся нефтепродуктов наиболее целесообразно применять сорбционные материалы, которые поглощают нефтепродукты, а после сорбции можно их использовать повторно.

Сорбенты позволяют собирать нефть и нефтепродукты в условиях, когда другие способы неэффективны, и это делает их незаменимыми. Последние подразделяются на органические, неорганические и синтетические. При ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов выбор сорбентов зависит от их состава

и характеристик. В виду большого распространения метода сорбции, в настоящее время сорбенты должны использоваться в оптимальных количествах в связи с возможностью вторичного загрязнения, с трудностями сбора, хранения и утилизации отходов после сорбции. Большинство стран в мире выпускают довольно большой объем продуктов – сорбентов для очистки разливов нефти и нефтепродуктов. Однако, все сорбционные материалы отличаются друг от друга по структуре, по нефтеемкости, по способу утилизации сорбированных нефтепродуктов. А главное по долговечности и нефтеемкости.

В качестве сорбентов используют материалы, как природного, так и искусственного происхождения и синтетические полимерные материалы.

В настоящее время наиболее перспективными являются сорбенты органического происхождения с развитой пористой структурой. К таким сорбентам относятся вещества как органические материалы природного происхождения (опил, вискоза, макулатура, торф, шерсть, мох и др.) и синтетические на основе углеводорода и углерода.

Органические сорбенты самые доступные, их большое множество и сегодня рынок пользуется их популярностью.

Не все эти сорбенты обладают гидрофобными свойствами и механической стойкостью, они разрушаются, а значит, быстро тонут в воде. Сорбенты лишь на время могут оказать утилизирующее действие. Спустя короткое время некоторое количество нефти снова всплывает на поверхность. Поэтому их лучше использовать лишь на твердых поверхностях т.е. при разливе нефти и нефтепродуктов на землю. Для очистки нефтяных загрязнений с поверхности водных акваторий должны применяться сорбенты, обладающие не только нефтеемкостью, но и с хорошей плавучестью. В таблице 1 приведены некоторые сорбенты наиболее широко применимые в нашей стране.

НЕФТЕЕМКОСТЬ И НАСЫПНАЯ ПЛОТНОСТЬ СОРБЕНТА

№	Сорбент (название)	Материал	Нефтеемкость кг/кг	Плотность кг/м ³
1.	Профсорб-Эко	Торф сфагновый	2,8–7	120–200
2.	Экосорб	полипропилен	8–20	50
3.	Ирвелен	полипропилен	10–25	160
4.	Унисорб	Мочевино-формальдегидная смола.	30–67	25
5.	Новосорб	на минеральной основе, гранулы термообработанного вермикулита	40,0	12-35,0
6.	Лесороб	На основе природных органических материалов (торф)	10	65

Эффективность сорбционных материалов рассчитывается прямо пропорционально нефтеемкости и обратно пропорционально стоимости сорбента. В связи с этим потребитель будет ориентироваться на цену закупки, а показатели нефтеемкости будут определяться при выборе сорбента. Стоимость мероприятий по устранению аварийных разливов рассчитывается из стоимости сорбента, так как главным составляющим параметром при чрезвычайных ситуациях является объем вылившейся нефти [2; 3].

Исходя из этого, оценка величины нефтеемкости приобретает определяющее значение, не просто масса нефти, которая способна сорбировать единицу массы сорбента по сравнению с другими сорбентами, но и основания для расчета материальных ресурсов для ликвидации аварийных ситуаций и расчета затрат ущерба.

Имеющиеся методики определения нефте-

емкости или адсорбционной активности сорбентов не всегда актуальны. На наш взгляд это обусловлено различными механизмами сорбции нефти и нефтепродуктов с водной поверхности, структурой сорбента и свойствами воды. Решить эту задачу то есть привести сорбент в контакт с нефтепродуктами и определить количество сорбента достаточно сложно. Большинство исследователей не представляют результаты статической обработки итогов измерений количество опытов и условий их проведения. В лабораторных условиях создаются практически идеальные условия, а в реальных условиях все меняется и результаты значительно отличаются.

Для сбора разлившихся нефти и нефтепродуктов исследовали тканые и нетканые сорбционные углеродные материалы марок Бусофит-Т, Т-055, Т-040, Вискум. Спецификация углеродного материала представлены в таблице 2.

ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА БУСОФИТ-Т

Наименование показателей и их величины	Бусофит-Т	
	040	055
Поверхностная плотность, г/м ²	240 ± 25	200±25
Содержание золы, %, не более	0,5	0,5
Разрывная нагрузка по основе, Н, не менее	350	200
Ширина, см	49 ±3	48 ±3
Адсорбционная активность по метиленовому голубому, мг/г, min	250	400
Адсорбционная активность по йоду, %, min	110	130
Предельный объем сорбционного пространства по парам бензола, см ³ /г, min	0,35	0,55

Переплетение: Бусофит-Т – саржа 2x2.

Эти ткани изготовлены из вязкозных нитей с содержанием углерода до 99,95 в зависимости от ассортимента материала. Термостойкость данных тканей в инертной среде оставляет до 3000°C, а в окислительной среде 450°C, поверхностная плотность 100-900 г/м², с объемом пор 0,3-0,8 см³.

На сегодняшний день большой интерес привлекают волокнистые полимерные сорбенты. Они обладают высокими техническими и эксплуатационными свойствами. Главным различием между полимерными нефтесорбентами и природными сорбентами это их технологичность, которая позволяет изготавливать их в форме полотен как нетканых (войлочных), так и тканых. Эти материалы обладают множеством свойств, которые обеспечивают высокую сорбционную способность. Углеродные волокнистые материалы являются хорошими сорбентами по отношению к ионам тяжелых металлов и нефтепродуктов, что позволяет очищать сточные воды предприятий.

Основным свойством сорбентов для утилизации нефти и продуктов ее переработки выступает сорбционная емкость, которая яв-

ляется определяющим фактором эффективности сорбента. Тем не менее на практике следует учитывать условия работы, так как они могут повлиять на сорбционные свойства сорбентов. Это происходит из-за того, что большинство сорбентов являются гидрофильными. Одним из таких условий при разливах является водная среда. При сорбции разлившихся нефтепродуктов следует учитывать свойства, температуру воды окружающей среды и др.

По литературным данным в существующих методиках [4] по определению характеристик волокнистых полимерных нефтесорбентов не всегда учитывают влияние водопоглощение на нефтеемкость сорбента.

Исходя из этого, были проведены исследования по изучению характеристик волокнистых углеродных материалов Бусофит Т и Карбопона – Актив по определению нефтеемкости от степени их водонасыщения. Нефтеемкость определяли двумя способами весовым и объемным.

Эксперименты проводились на нефти с нефтепровода Сургут-Горький – Полоцк, характеристики представлены в таблице 3.

Таблица 3

ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕФТИ

Плотность кг/м ³ , температура °С	Плотность при		Вода %	Хлористые соли		Механические примеси, %	Вязкость нефти составляет, сСт	Итого балласт %
	15°С	20°С		%	мг/л			
863,4 16,7	864,6	861,1	0,13	0,0017	14,4	0,0051	16,41	0,1368

Вязкость нефти составляет 16,41 сСт. Плотность испытуемой нефти равняется 0,861 г/см³. Она должна быть меньше, чем плотность воды.

Слой нефти в эксперименте был такой же как объем воды т. е. 60 мл. Сорбционный материал должен быть полностью погружен в слой нефти. Через 5 минут после полного нахождения в слое нефти сорбент удаляли из мерного цилиндра. После удаления из нефти углеродный материал держали над мерным цилиндром для стечения излишней нефти с поверхности сорбента.

Расчет сорбционной емкости нефти (НЕ) рассчитывали по формуле:

$$НЕ = \frac{\rho(V_1 - V_2)}{m},$$

где ρ – плотность нефти, г/см³;

V_1 – объем нефти до введения сорбционного материала, мл;

V_2 – объем нефти после удаления сорбционного материала, мл;

m – масса исходного сухого сорбента, г.

Нефтеемкость углеродных материалов также определена по весовой методике.

Углеродные материалы взвешивали на электронных весах массой 1 г. затем погружали в нефть на 10 минут, при этом сорбент механически не перемешивали, он был полностью покрыт нефтью. По истечению заданного времени 10 минут сорбент с поглощенным нефтепродуктом подвешивали над емкостью для стекания нефти с поверхности материала. Эксперимент проводился троекратно, для определения отклонений. Стандартное отклонение при этом не превышало 5%. Расчет нефтеемкости (НЕ) сорбента выполнили по формуле:

$$НЕ = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1}, \text{ г/г} \quad (1)$$

где m_1 – масса сорбента с нефтью, г;

m_2 – масса сорбционного материала, г.

Для сорбента в виде волокнистого углеродного материала нефтеемкость определяли путем закрепления на тонкой тарированной проволоке. Сорбционный материал проволокой взвешивали, а затем опускали в нефть. После выдержки в течение 10 минут материал с проволокой вынимали и держали над емкостью для стекания нефти с поверхности сорбционного материала, а затем взвешивали. Нефтеемкость определяли по формуле (1).

Из выше представленных методов массу углеродных волокнистых материалов с сорбированной нефтью измеряли до установления постоянной массы, что позволило нам сравнить полученные данные, в том случае если строго указан интервал времени истечения излишков нефти.

Проанализировав данные эксперимента для всех сорбентов можно увидеть, что показатель нефтеемкости зависит от выбранной методики исследования и от вида структуры углеродной ткани.

На наш взгляд при определении лучше определять весовым методом он точнее и легче в приборном определении, чем объемный. По нашему мнению, при небольших величинах нефтеемкости определение нефтеемкости углеродных тканей по объемному способу очень затруднительно и неточно [4].

Во всех опытах массу сорбента с сорбированными нефтепродуктами фиксировали до установления постоянной массы сведя к минимизации влияния на результат и сорбент. Это позволяет с определенной точностью сравнивать показания измерения. Для исключения воздействия внешних факторов, мы строго определенное время выдерживали сорбенты в нефтепродуктах, а затем выдерживали над емкостью сорбенты для стекания излишков нефтепродуктов перед взвешиванием.

Основная проблема в определении нефтеемкости зависит не в том, чтобы определить какое количество нефтепродуктов способен сорбировать 1 грамм сорбента, а в том, чтобы определить влияние времени в выдерживание сорбента в нефтепродуктах, времени свободного истечения излишков нефтепродуктов, а также ее состава, свойств и природы нефти. По нашему мнению, данный вопрос остается без решения из-за большого количества факторов влияющих на показание нефтеемкости сорбционных материалов.

Поэтому перед каждым исследователем стоит задача, для утилизации разливов нефтепродуктов сначала определить нефтеемкость сорбента к данному нефтепродукту, а затем исследовать его свойства. Полученные результаты по нефтеемкости исследованных углеродных материалов представлены в таблице 4.

НЕФТЕЕМКОСТЬ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

№ п/п	Наименование углеродных материалов	Объемный метод	Весовой метод		
			нефть	керосин	бензин
1	Нетканый материал	8,79	9,25	6,82	6,84
2	Бусофит Т-040	-	3,75	4,21	-
3	Бусофит Т-055	5,68	6,30	-	-
4	УВИС-АК-В	16,45	17,52	13,53	13,23

Анализируя полученные данные для испытанных волокнистых углеродных сорбентов установлено, что показание нефтеемкости зависит от выбранной методики и условий проведения эксперимента. Отклонение показаний у одного и того же образца составляет 5-10% по нефти [3].

Проведенные эксперименты показали, что исследованные углеродные материалы как нетканые (войлочные) и тканые обладают высокой нефтеемкостью по отношению к нефти и нефтепродуктам. Определение нефтеемкости весовым методом точнее и экономичнее, и производительнее чем объемный метод. Опре-

делить изменение объема при небольших значениях нефтеемкости очень затруднительно (субъективный фактор).

Весовой метод, на наш взгляд, более перспективный для исследования, он точный и производительный.

Таким образом, проведенные исследования показали, что углеродные материалы как нетканые (войлочные), так и тканые по своим физико-механическим свойствам, так и по нефтеемкости можно использовать, как высокоэффективные сорбенты при ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 26976-86.
2. ГОСТ 54872-2011.
3. Каменщиков Ф.А., Богомольный Е.И. Удаление нефтепродуктов с водной поверхности и грунта. Институт компьютерных исследований; Регулярная и хаотическая динамика – Москва, 2006. – 525 с.
4. Кутонова Е.В., Алибеков С.Я., Сютова А.И., Сальманов Р.С., Кузина Н.А. Исследование нефтеемкости углеродных волокнистых материалов // Вестник технол. ун-та, Казань – 2021. – № 11(24). – С. 80-85.

DETERMINATION OF OIL CAPACITY BY SORPTION METHOD ON THE EXAMPLE OF CARBON FIBER MATERIALS

KUZINA Natalya Alexandrovna

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Kazan National Research Technological University
Kazan, Russia

The work is devoted to the determination of oil capacity by the sorption method on the example of carbon fiber materials of different grades and structures. As you know, oil and products of its processing are widely used in the world and bring great benefits, but, however, it cannot do without accidents and environmental disasters that cause irreparable harm to the environment. The main task is the timely liquidation and disposal of oil and oil products in case of their spill. Oil pollution is formed during the extraction, transportation, processing and storage of oil. To date, various methods of water purification from oil pollution are used, such as mechanical, biological, electrochemical and physico-chemical. The article describes the sorption method - one of the most effective, inexpensive and efficient technologies for water purification. Sorption has a number of advantages over other methods. There are many different sorbents available such as natural, artificial and synthetic materials. To purify water, sorbents must have high oil capacity, hydrophobicity, and also have high buoyancy. In the experiment, carbon fiber materials were used, the main advantages of which, in the collection and disposal of oil and oil products, were high heat resistance and the ability not to lose their mechanical, sorption and physical properties.

Key words: oil capacity, carbon fiber materials, sorption purification method, oil and oil products.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 681.52:656.62.052:627.726

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДОВ

БАРЩЕВСКИЙ Евгений Георгиевич

кандидат технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота
им. адмирала С.О. Макарова»
г. Санкт-Петербург, Россия

Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения безопасности и эффективности транспортного процесса как на морских, так и на внутренних водных путях России. Рассмотрены факторы, влияющие на эффективность автоматизированных систем управления движением судов, а также пути развития автоматизированных систем управления движением судов.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, движение судов, эффективность автоматизированной системы управления движением судов.
