

*Л. В. КРИЧКОВСЬКА, Є. А. ЄЛНАГГАР, В. Л. ДУБОНОСОВ*

### ПОШУКИ СОРБЕНТІВ ДЛЯ ЕЛЮАЦІЇ НАФТОПРОДУКТІВ З ВОДИ

Не існує єдиного способу повного усунення нафти з водної поверхні. Вирішення цього завдання здійснюється на основі комплексної технології поетапної локалізації, збору і ліквідації нафти на всіх стадіях її розливу по поверхні. Сорбційні способи на основі хімічно нейтральних матеріалів дозволяють вирішувати задачу усунення нафти екологічно чистим методом. Нафтопоглинаючі сорбенти можуть бути використані практично на всіх етапах боротьби з нафтовими розливами. З нафтопоглинаючих сорбентів найбільш перспективні сорбенти з рослинних відходів, так як, з одного боку, при попаданні їх в навколишнє середовище, вони не можуть завдати їй екологічної шкоди з огляду на їх природне походження, а з іншого боку, їх виробництво дозволяє вирішувати проблему утилізації відходів сільськогосподарської продукції. До високопористих сорбентів відносяться: активне вугілля, низькоплотні вуглецеві і графітові матеріали, матеріали на основі вуглецевих похідних.

**Ключові слова:** сорбенти відходи агропромислового комплексу, високопористі речовини, піроліз.

*Л. В. КРИЧКОВСКАЯ, Е. А. ЭЛНАГГАР, В. Л. ДУБОНОСОВ*

### ПОИСКИ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ЭЛЮАЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ВОДЫ

Не существует единого способа полного устранения нефти с водной поверхности. Решение этой задачи осуществляется на основе комплексной технологии поэтапной локализации, сбора и ликвидации нефти на всех стадиях ее разлива по поверхности. Сорбционные способы на основе химически нейтральных материалов позволяют решать задачу устранения нефти экологически чистым методом. Нефтепоглощающие сорбенты могут быть использованы практически на всех этапах борьбы с нефтяными разливами. Из нефтепоглощающих сорбентов наиболее перспективны сорбенты из растительных отходов, так как, с одной стороны, при попадании их в окружающую среду, они не могут нанести ей экологического вреда ввиду их естественного происхождения, а с другой стороны, их производство позволяет решать проблему утилизации отходов сельскохозяйственной продукции. К высокопористым сорбентам относятся: активные угли, низкоплотные углеродные и графитированные материалы, материалы на основе углеродных производных.

**Ключевые слова:** сорбенты отходы агропромышленного комплекса, высокопористые вещества, пролиз.

*L. KRICHKOVSKAYA, E. A. ESSAM, V. L. DUBONOSOV*

### SEARCH FOR SORBENTS FOR THE ELUTION OF PETROLEUM PRODUCTS FROM WATER

There is no single way to completely eliminate oil from the water surface. The solution to this problem is based on the integrated technology of phased localization, collection and liquidation of oil at all stages of its spill over the surface. Sorption methods based on chemically neutral materials make it possible to solve the problem of eliminating oil using an environmentally friendly method. Oil absorbing sorbents can be used at almost all stages of the fight against oil spills. Of the oil-absorbing sorbents, the most promising sorbents are from plant waste, since, on the one hand, if they enter the environment, they cannot cause environmental harm due to their natural origin, and on the other hand, their production allows solving the problem of agricultural waste disposal.

Highly porous sorbents include: active carbons, low-density carbon and graphitic materials, materials based on carbon derivatives

**Keywords:** sorbent waste of the agro-industrial complex, highly porous substances, pyrolysis.

**Введение.** Методы и средства борьбы с нефтяными загрязнениями определяются сложным составом нефти и нефтепродуктов и процессами физико-химических преобразований при попадании их в окружающую среду.

Нефть – сложное природное образование, состоящее из углеводородов (метановых, нафтеновых и ароматических) и неуглеводородных компонентов (в основном кислородных, сернистых и азотистых соединений). Элементарный состав нефти: 82,5–87 % C; 11,5–14,5 % H; 0,05–0,35, редко свыше 8 % S; 0,02–1,8 % N и др. Химический состав нефти различных месторождений колеблется в очень широких пределах, и говорить о ее среднем составе можно только условно.

Кислородные, сернистые, азотистые и другие производные углеводородов являются основной составной частью асфальто-смолистых веществ нефти.

Они характеризуются высокими плотностями (часто более единицы), темной окраской, относительной химической нестабильностью при воздействии повышенной температуры, кислорода, адсорбентов и т.д. В состав асфальто-смолистых веществ входит весьма широкая гамма веществ, химическая природа которых в настоящее время еще не ясна. Молекулярные веса наиболее тяжелых соединений достигают нескольких тысяч. Отношение числа атомов водорода к числу атомов углерода у асфальто-смолистых веществ часто бывает меньше единицы.

Процесс испарения (переход в атмосферу компонентов нефти с низкими температурами кипения) наиболее интенсивно происходит в течение нескольких первых часов после разлива. При этом нефть теряет в первую очередь компоненты с меньшим количеством атомов углерода. После разлива в течение нескольких дней испаряется около 25 %, а в

© Л. В. Кричковская, Е. А. Элнаггар, В. Л. Дубонос, 2019

течение нескольких недель до 40–50 % нефти. В результате испарения плотность оставшейся нефти увеличивается и может превысить плотность воды, а, следовательно, она начнет тонуть. Испарению подвергаются алифатические углеводороды, в то время как наиболее токсичные ароматические соединения не испаряются.

Процесс растворения, при котором компоненты нефти с низким молекулярным весом переходят в объем воды значительно более длителен. При этом процессу растворения подвергаются не только сами компоненты нефти, но и продукты их окисления. Наряду с испарением, растворением и эмульгированием нефти под действием кислорода, солнечного света и микроорганизмов происходит процесс ее окисления.

Сущность физико-химических способов заключается в применении различных агентов для: сдерживания растекания нефтяной пленки по водной поверхности, гелеобразования, отверждения, сорбирования или диспергирования углеводородов.

Удаление нефти с помощью химических соединений – диспергентов нашло применение при разливах нефти на море. К диспергентам относятся различные растворители и вещества, образующие эмульсию, которые химически воздействуют на молекулы углеводородных соединений и изменяют их поверхностное натяжение. Наибольшее число этих соединений относится к алкилбензолсульфонатам натрия, которые отличаются по длине углеродной цепи, связанной с бензольным кольцом. К настоящему времени разработаны и испытаны десятки диспергирующих средств, но практическое использование их наталкивается на определенные трудности, в том числе и возможные негативные экологические последствия, так как токсичность диспергентов для морских организмов часто выше, чем у самой нефти, и широкое применение диспергентов только усугубляет поражающее действие нефтяного загрязнения на гидробионты.

Чисто физическим является способ ликвидации нефтяного загрязнения на основе физической сорбции нефти на поверхности сорбента или в его поровом пространстве. Сорбенты существуют в виде порошков, гранул, лоскутов или устройств, собранных из сорбционных материалов [1].

Самыми доступными неорганическими сорбентами являются глина и кизельгур (диатомит). Ограниченное применение имеет также песок.

Существенным недостатком этих сорбентов является то, что они после использования выпускают нефть, загрязняя окружающую среду. Являясь недорогими материалами и будучи в наличии в достаточных количествах, эти сорбенты имеют большой удельный вес и малую сорбционную емкость [1].

Эти вещества или композиции на их основе распыляются на поверхность разлитой нефти. Образовавшиеся при этом тяжелые хлопья смеси порошка с нефтью оседают на дно водоема, где медленно разлагаются нефтеокисляющими микроорганизмами. Недостатком способа следует считать тот

факт, что нефтепродукты не удаляются из водоема, а всего лишь осаждаются на его дно, поражая при этом донные отложения. Кроме того, существует постоянная опасность всплытия осажденной нефти.

Чаще используются нефтепоглощающие сорбенты, способные плавать на поверхности воды как в свободном, так и в насыщенном нефтью состоянии. Использование такого вида адсорбентов в сочетании с механическим удалением его из зоны очистки представляется наиболее рациональным.

В настоящее время в качестве плавающих поглотителей нефти используется довольно много различных веществ природного происхождения, например, древесная щепа, древесные опилки, пробка, сено, солома, модифицированный или переработанный торф, бумага, шерсть, размолотая кукурузная лужга, рисовая и гречневая шелуха, вспученный вермикулит, вспученный перлит и пемза, смеси мordenита и перлита.

Природные материалы во многих случаях не могут удовлетворять постоянно возрастающим требованиям к качеству очистки. Поэтому в последнее десятилетие получили развитие методы удаления нефти с использованием специально синтезированных пористых полимерных материалов, например, пенополиуретанов и пенополистиролов, которые иногда активируют путем обработки кислотами или модификаторами, повышая при этом их сорбционную емкость.

Широкому применению полимерных пористых нефтепоглощающих материалов препятствует их высокая стоимость и острая дефицитность. Поэтому в последние годы начало развиваться модифицирование неорганических материалов органическими веществами с целью повышения нефтепоглощающей емкости получаемых продуктов. Стоимость таких адсорбентов относительно невелика, технология довольно проста и может быть реализована в различных районах страны.

Широко распространенные реагентные методы в очистке нефтесодержащих сточных вод наряду с коагуляцией и флокуляцией включают адсорбцию. Адсорбция – это практически единственный метод, позволяющий очищать загрязненные воды от нефтепродуктов до любого требуемого уровня без внесения в воду каких-либо вторичных загрязнений.

Чаще других сорбентов используется гранулированный активированный уголь, имеющий частицы размером 0,10 мм, на 85–90 % состоящий из углеводов и способный самопроизвольно отделяться от воды. Исходным сырьем для получения активированного угля служат практически любые углеродосодержащие материалы: уголь, торф, древесина и др.

**Методы анализа.** Измерения проводили с использованием стандартных гостированных методик, которые позволили с высокой степенью точности и достоверности провести необходимые измерения и получить воспроизводимые результаты.

Определение концентрации вещества в анализируемой пробе фотометрическим методом, включает в себя несколько стадий:

1. Растворение пробы и перевод определяемого компонента в окрашенное (светопоглощающее) соединение.

2. Разложение монохроматором света от источника освещения на отдельные спектральные компоненты, направляемые на кювету с определяемым веществом или раствором сравнения. Выбор оптимальных условий фотометрирования (длина волны, толщина кюветы, оптическая плотность).

3. Определение оптической плотности определяемого вещества  $n$ , стандартных растворов, а затем построение градуировочного графика;

Методы абсорбционной спектроскопии отличаются высокой чувствительностью, избирательностью, а также позволяют проводить измерения в сложных пробах без предварительного разделения сложных смесей. Данный метод находит широкое применение в экологических исследованиях при анализе проб воздуха, воды, отходов [3].

Массовую концентрацию нефтепродуктов в пробе воды,  $C$ , мг/дм<sup>3</sup>, рассчитывали по формуле:

$$C = \frac{C_m \cdot V_s}{V_b},$$

где  $C_m$  – массовая концентрация нефтепродуктов в элюате (показание концентратометра), мг/дм<sup>3</sup>;

$V_b$  – объем четыреххлористого углерода, использованного для проведения экстракции, см<sup>3</sup>,  $V_b = 30$  см<sup>3</sup>;

$V_s$  – объем пробы воды, взятой для анализа см<sup>3</sup>.

В случае разбавления элюата или экстракта показание прибора ( $C_m$ ) нужно умножать на кратность их разбавления.

Результаты измерений массовой концентрации нефтепродуктов в анализируемых пробах сточных вод в документах, предусматривающих их использование, представляются в виде:

$$C \pm A,$$

где  $C$  – массовая концентрация нефтепродуктов в воде, мг/дм<sup>3</sup>;

$A$  – абсолютная погрешность измерения массовой концентрации нефтепродуктов, мг/дм<sup>3</sup>, при доверительной вероятности  $P = 0,95$ .

Значение  $\Delta$  рассчитывается по формуле:

$$\Delta = 0,01 \cdot \delta \cdot C,$$

где  $\delta$  – доверительные границы относительной погрешности измерения массовой концентрации нефтепродуктов.

Одной из важных характеристик капиллярного впитывания является ее скорость  $V$ , которая определяется соотношением между величиной капиллярного давления и вязким сопротивлением течению жидкости в капилляре. Скорость изменяется со временем впитывания, и для вертикально расположенного капилляра [4]:

$$v(t) = \frac{r^2}{8\eta h(t)} \left[ \frac{2\sigma_{23} \cos \theta}{r} - \rho_2 g h(t) \right],$$

где  $\eta$  – коэффициент вязкости жидкости;  $h(t)$  – положение мениска в момент времени  $t$

При впитывании в горизонтальный капилляр

эффективность действия сорбента определяется характеристиками сорбента (свойства поверхности сорбента, объем порового пространства, радиус пор), свойствами жидкости (поверхностное натяжение, ее вязкость, плотность) и свойствами, характеризующими взаимодействие между жидкостью и поверхностью сорбента – смачиваемость поверхности сорбента впитываемой жидкостью (угол смачивания). От этих величин зависит скорость впитывания и сорбционная емкость сорбента (максимально возможное количество жидкости, поглощенной единицей массы сорбента).

Так как удельные поверхностные энергии (коэффициенты поверхностного натяжения) определяются соотношениями сил, действующих на молекулы, находящимися в объеме и на поверхности каждой из фаз, то задача управления смачиванием состоит в изменении баланса между этими силами [4,5]. Для очистки водных растворов характерны конкуренция двух видов межмолекулярных взаимодействий: гидратация молекул адсорбтива, то есть взаимодействия их с молекулами воды в растворе, и взаимодействие молекул адсорбтива с адсорбентом. Разность этих двух процессов представляет собой энергию, с которой извлеченное из раствора вещество удерживается частицами погруженного в раствор адсорбента [3].

#### Изложение экспериментального материала.

Получение пористой структуры сорбентов осуществляется: либо формированием материала из порошков с помощью различных связующими; либо созданием открытых каналов в исходном сырье путем удаления из его порового объема влаги и летучих и частично аморфных включений, либо (при создании вспененных полимеров из синтетических смол) использованием порообразователей (газообразователей).

Пористость сорбционная и закрытая являются техническими параметрами, определяющими технологию сорбционной ликвидации нефтяного разлива. Третьим техническим условием применения сорбента является условие его плавления по поверхности воды.

Так как способность сорбентов поглощать обусловлена наличием развитой поверхности с большим числом активных центров и значительным поровым объемом, то в основе технологии их получения лежат принципы формирования пористой структуры и поверхности, обеспечивающей получение продуктов с указанными свойствами.

При производстве активированного угля вначале исходный материал подвергают термической обработке без доступа воздуха (пиролизу), в результате чего из него удаляются летучие (влага и частично смола) и образуется продукт с высокой пористостью (до 85%), но с малой удельной поверхностью (порядка нескольких м<sup>2</sup>/г).

Физико-химические характеристики углеродных сорбентов и активных углей существенно зависят не только от вида исходного сырья, но и от режимов карбонизации и активации. В качестве исходного сырья была выбрана лузга подсолнечника и риса. Для оптимизации режимов обработки и разработки промыш-

ленных установок по производству сорбентов были проведены исследования физико-химические свойства исходного сырья и производимого продукта [5–7].

Спектрофотометрически определены компоненты минеральной составляющей сорбентов. Исследования показали, что получаемые сорбенты отличаются по своей природе: минеральной составляющей (соединения кремния и соединения кальция).

При температурах карбонизации, не превышающих 400 °С, получили мезопористые сорбенты, которые можно использовать для очистки гидросферы от нефти и нефтепродуктов. Сравнение проводили с лузгой риса.

Характеристики поверхности и пористой структуры представлены в табл. 1.

Оптимальными условиями карбонизации и активации первичных углей для производства активного угля, который можно использовать в качестве носителя солевых катализаторов, оказались следующие: температура активации 850 °С, скорость подачи азота 0,2 нл/мин на 500 г угля.

Исследование степени очистки воды от нефти с помощью сорбентов проводились в лаборатории.

Сорбенты засыпали в колонки на высоту столба 6 см. Через колонку пропускали по 1 литру воды с исходным содержанием нефти 36,0 мг/л.

Фиксировали время прохождения воды через колонку с сорбентом. Остаточное содержание нефти в воде после прохождения через колонку определяли гравиметрическим методом по весовому остатку нефтепродукта (табл. 2).

Наибольшую эффективность очистки воды от нефти при пропускании её через колонку с сорбентом показали активированный сорбент из шелухи подсолнечника с нанотрубками – степень очистки воды 91 и 92 %.

Водно-нефтяные смеси пропускались через установку, содержащую сорбент, и очищенные пробы воды подвергались анализу на остаточное содержание нефти. Количественные характеристики используемых водно-нефтяных смесей приведены в табл. 3. Условия проведения динамического эксперимента: скорость тока смеси вода-нефть через сорбент 150 мл/мин, температура воды – 12 °С. Отбор проб на определение остаточного содержания нефти осуществлялся из последних 100 мл смеси, прошедшей сорбент.

Результаты анализа проб воды, полученных после очистки водно-нефтяных смесей, показал, что суммарная концентрация нефтепродуктов даже в пробе с максимальной насыщенностью не превышает 0,03 мг/л.

Испытания показали, что разрабатываемый сорбент является эффективным средством очистки воды, загрязненной нефтепродуктами. Концентрация нефтепродуктов в пробах воды до фильтрации составляла 10, 25, 40 мг/л, а после фильтрации через сорбент не превышала 0.05 мг/л.

Результаты испытаний представлены табл. 4.

Таблица 1 – Характеристики структуры сорбентов

Образец	$W_{01}, \text{см}^3 \cdot \text{г}^{-1} \cdot 10^{-2}$	$W_{02}, \text{см}^3 \cdot \text{г}^{-1} \cdot 10^{-2}$	$V_1 \cdot 10^6$	$V_2 \cdot 10^6$	Суд. $\text{м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$
из лузги риса	2,56	0,67	1,67	1,03	99,4
из шелухи подсолнечника	3,22	0,36	0,90	2,20	101,60

Таблица 2 – Степень очистки воды от нефти с помощью разных сорбентов

Испытуемые сорбенты	Вес сорбента, г	Время прохождения через сорбент, мин	Содержание нефти в воде, мг/л		Степень очистки от нефти, %
			начальное	остаточное	
Сорбент из шелухи риса	12,4	25	35,6	15,5	56,5
Сорбент из шелухи подсолнечника	9,9	20	35,6	17,1	92,9

Таблица 3 – Содержание воды и нефти в смесях и количество используемого в установке для очистки воды сорбента

Проба	Содержание компонентов		Количество сорбента, г
	Вода	нефть	
1	1000	0,5	5
2	1000	5,0	5
3	600	14,0	5
4	1000	5,0	40
5	1000	15,0	40

Таблица 4 – Испытания сорбента для сбора нефтепродуктов в лабораторных условиях

	Испытанный продукт	Вес нефтепродукта, г	Вес сорбента, г	Отношение нефть-сорбент	Экспозиция (часы)
1	Нефть	3,525	1,125	1:0,3	3,0
2	Нефть	4,778	2,008	1:0,4	2,5

В табл. 5 приведены результаты испытания сорбентов из отходов сельскохозяйственного производства на степень извлечения нефтепродуктов из воды.

Таблица 5 – Сорбция нефтепродуктов различными сорбентами

№	Сорбент	Степень извлечения нефтепродукта, %
1	Отходы риса	41,3
2	Отходы подсолнечника	99,2

Исследования процесса сорбции нефтепродуктов различными сорбентами в лаборатории проводились в режиме флотации. Полученные данные дают основание делать выводы о перспективности использования отходов с/х производства при разработке сорбентов для очистки воды от нефтепродуктов.

**Выводы.** Эффективность нефтепоглощающих сорбентов определяется в основном их открытым поровым объемом, размером пор.

#### Список литературы

1. Артемов А.В., Пинкин А.В. Сорбционные технологии очистки воды от нефтяных загрязнений // Вода: химия и экология. – 2008, №1. – С.19-25.
2. Тарнопольская М.Г. Фильтрующие материалы для очистки воды от нефтепродуктов и критерии их выбора // Вода и экология: проблемы и решения. -2005. №3. – С.74-79.
3. Передерий М.А., Сиротин П.А., Казаков В.А. Хотуляева В.Н. Безотходная переработка бурых углей в пористые углеродные материалы различного назначения // Химия твердого топлива. 2002. №6. – С.19-27
4. Еремина А.О., Головина В.В., Угай М.Ю., Рудковский А.В. Углеродные адсорбенты из древесных отходов в процессе очистки фенолсодержащих вод // Химия растительного сырья. 2004. №2. – С. 67-71
5. Багровская Н.А., Никифорова Т.Е., Козлов В.А., Лилин С.А. Сорбционные свойства древесных опилок. // Химия в интересах устойчивого развития. 2006. Т.14., №1. – С.1-7
6. Валинурова Э.Р., Гимаева А.Р., Кудашева Ф.Х. Исследование процесса сорбции ионов хрома (III) и хрома (VI) из воды активированными углеродными адсорбентами // Вестник Башкирского университета. 2009. Т. 14. Вып. 12. С. 385-388.
7. Лапушова Л. А., Васильев С. И. Результаты исследования структуры полимерных сорбентов «Униполимер-М» для ликвидации техногенных разливов нефти и нефтепродуктов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 6. С. 17–21.
8. Васильев С. И., Лапушова Л. А., Мелкозеров В. М., Матвейкина Я. В., Горбунова Л. Н. Результаты исследования гидрофильности полимерных сорбентов серии «Униполимер» // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 1 (29). С. 135–139.
9. Маггеррамов А. М., Азизов А. А., Алошманов Р. М., Керимова Э. С., Буниятзаде И. А. Использование полимеров в качестве сорбентов // Молодой учёный. 2015. Т. 8 4, № 4. С. 38–41.
10. Бухарова Е. А., Татаринцева Е. А., Олышанская Л. Н. Исследование сорбционных свойств материала на основе полиэтилентерефталата для очистки сточных вод от нефтепродуктов и ионов тяжелых металлов // XXI век : итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза : Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2014. № 1 (17). С. 118–122.
11. Коган В. Е., Згонник П. В., Шахпаронова Т. С., Черняев В. А. Кинетика нефтепоглощения стеклообразными сорбентами органической природы // Междунар. науч.-исслед. журн. 2016. № 5 (47), ч. 5. С. 104–107.
12. Коган В. Е. Стеклообразные пеноматериалы неорганической и

органической природы и перспективы очистки окружающей среды от загрязнений нефтью и нефтепродуктами // Записки Горного института. 2016. Т. 218. С. 331–338.

13. Коган В. Е., Згонник П. В., Шахпаронова Т. С., Суворова З. В. Характер кинетических кривых нефтепоглощения стеклообразными сорбентами органической природы как функция структурных особенностей используемого полимера // Междунар. науч.-исслед. журн. 2017. № 6-2 (60). С. 88–93.
14. Маркин В. И., Курланова С. В., Ильичева Т. Н., Базарнова Н. Г., Колосов П. В. Биоразлагаемые сорбенты нефти // Биотехнология и общество в XXI веке : сб. ст. Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2015. С. 207–209.
15. Аккулова З. Г., Амирханова А. К., Жакина А. Х., Василец Е. П., Арнт О. В., Кудайберген Г. К. Физико-химические свойства гуминовых нефтесорбентов // Изв. науч.-техн. о-ва «КАХАХ». 2017. № 1 (56). С. 19–27.
16. Пат. 2528863 РФ. Биоразлагаемый композиционный сорбент нефти и нефтепродуктов / Дедов А. Г., Иванова Е. А., Белоусова Е. Е., Кашеева П. Б., Карпова Е. Ю., Идиатулов Р. К., Кирпичников М. П., Лобакова Е. С., Васильева С. Г., Соловченко А. Е. ; опубл. 2014. Бюл. № 26.

#### References (transliterated)

1. Artemov A.V., Pinkin A.V. Sorbczionny'e tekhnologii ochistki vody` ot neftyany`kh zagryaznenij //Voda: khimiya i e`kologiya. – 2008, #1.-S.19-25.
2. Tarnopol'skaya M.G. Fil'truyushhie materialy` dlya ochistki vody` ot nefteproduktov i kriterii ikh vy'bora //Voda i e`kologiya: problemy` i resheniya. -2005. #3. – S.74-79.
3. Perederij M.A., Sirotin P.A., Kazakov V.A. Khotulyaeva V.N. Bezotkhodnaya pererabotka bury`kh uglej v poristy`e uglerodny`e materialy` razlichnogo naznacheniya //Khimiya tverdogo topliva. 2002. #6. – S.19-27
4. Eremina A.O., Golovina V.V., Ugaj M.Yu., Rudkovskij A.V. Uglerodny`e adsorbenty` iz drevesny`kh otkhodov v processe ochistki fenolsoderzhashhikh vod //Khimiya rastitel'nogo sy`ra. 2004. #2. – S. 67-71
5. Bagrovskaya N.A., Nikiforova T.E., Kozlov V.A., Lilin S.A. Sorbczionny`e svojstva drevesny`kh opilok. //Khimiya v interesakh ustojchivogo razvitiya. 2006. T.14., #1. –S.1-7
6. Valinurova E`R., Gimaeva A.R., Kudasheva F.Kh. Issledovanie processa sorbczii ionov khroma (III) i khroma (VI) iz vody` aktivirovanny`mi uglerodny`mi adsorbentami// Vestnik Bashkirskego universiteta. 2009. T. 14. Vy`p. 12. S. 385-388.
7. Lapushova L. A., Vasil'ev S. I. Rezul'taty` issledovaniya struktury` polimerny`kh sorbentov «Unipolimer-M» dlya likvidacii tekhnogenny`kh razlivov nefi i nefteproduktov // Zashhita okruzhayushhej sredy` v neftegazovom komplekse. 2015. # 6. S. 17–21.
8. Vasil'ev S. I., Lapushova L. A., Melkozzerov V. M., Matvejkina Ya. V., Gorbunova L. N. Rezul'taty` issledovaniya gidrofil'nosti polimerny`kh sorbentov serii «Unipolimer» // Sistemy`. Metody`. Tekhnologii. 2016. # 1 (29). S. 135–139.
9. Magerramov A. M., Azizov A. A., Alosmanov R. M., Kerimova E`. S., Buniyatzade I. A. Ispol'zovanie polimerov v kachestve sorbentov // Molodoy uchyony`j. 2015. T. 8 4, # 4. S. 38–41.
10. Bukharova E. A., Tatarinczeva E. A., Ol'shanskaya L. N. Issledovanie sorbczionny`kh svojstv materiala na osnove polie`tilentereftalata dlya ochistki stochny`kh vod ot nefteproduktov i ionov tyazhely`kh metallov // XXI vek : itogi proshlogo i problemy` nastoyashhego plyus. Penza : Izd-vo Penz. gos. tekhnol. un-ta, 2014. # 1 (17). S. 118–122.
11. Kogan V. E., Zgonnik P. V., Shakhparonova T. S., Chernyaev V. A. Kinetika neftepgloshheniya stekloobrazny`mi sorbentami organicheskoy prirody` // Mezhdunar. nauch.-issled. zhurn. 2016. # 5 (47), ch. 5. S. 104–107.
12. Kogan V. E. Stekloobrazny`e penomaterialy` neorganicheskoy i organicheskoy prirody` i perspektivy` ochistki okruzhayushhej sredy` ot zagryaznenij nefi`yu i nefteproduktami // Zapiski Gornogo instituta. 2016. T. 218. S. 331–338.
13. Kogan V. E., Zgonnik P. V., Shakhparonova T. S., Suvorova Z. V. Kharakter kineticheskikh krivy`kh neftepgloshheniya stekloobrazny`mi sorbentami organicheskoy prirody` kak funkcziya struktury`kh osobennostej ispol' zuemogo polimera // Mezhdunar. nauch.-issled. zhurn. 2017. # 6-2 (60). S. 88–93.

14. Markin V. I., Kurlanova S. V., Il'icheva T. N., Bazarnova N. G., Kolosov P. V. Biorazlagaemy`e sorbenty` nefti // Biotekhnologiya i obshhestvo v XXI veke : sb. st. Barnaul : Izd-vo Alt. un-ta, 2015. S. 207–209.
15. Akkulova Z. G., Amirkhanova A. K., Zhakina A. Kh., Vasilecz E. P., Arnt O. V., Kudajbergen G. K. Fiziko-khimicheskie svojstva guminovy`kh neftesorbentov // Izv. nauch.-tekhn. o-va «KAKhAKh». 2017. # 1 (56). S. 19–27.
16. Pat. 2528863 RF. Biorazlagaemy`j kompozicionny`j sorbent nefti i nefteproduktov / Dedov A. G., Ivanova E. A., Belousova E. E., Kashheeva P. B., Karpova E. Yu., Idiatulov R. K., Kirpichnikov M. P., Lobakova E. S., Vasil`eva S. G., Solovchenko A. E. ; opubl. 2014. Byul. # 26.

Надійшла (received) 03.09.19.

#### *Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Кричківська Лідія Василівна (Кричковская Лидия Васильевна, Krichkovskaya Lidiya)** – доктор біологічних наук, професор кафедри органічного синтезу і нанотехнологій: <https://orcid.org/0000-0001-2345-6789>; e-mail: [krichkovska@kpi.kharkov.ua](mailto:krichkovska@kpi.kharkov.ua), м. Харків, Україна.

**Ессам Ахмед Елнаггар (Ессам Ахмед Элнаггар, ElnaggarAchmed Essam)** – аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедри органічного синтезу і нанотехнологій; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1825-0097>; e-mail: [krichkovska@kpi.kharkov.ua](mailto:krichkovska@kpi.kharkov.ua), м. Харків, Україна.

**Дубоносів Володимир Леонідович (Дубоносев Володимир Леонідович, Dubonosov Vladimir Leonidovich)** – кафедри органічного синтезу і нанотехнологій Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1825-0088>; e-mail: [krichkovska@kpi.kharkov.ua](mailto:krichkovska@kpi.kharkov.ua).