

Научно-технический журнал

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

Февраль 2015 г.

№ 2

Издается с 1993 г.
Выходит 12 раз в год

СОДЕРЖАНИЕ

СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА СРЕД ОТ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ

[Заусалина А.В., Валь А.В., Боярко Г.Ю. Сравнительная эффективность сорбентов нефти и нефтепродуктов, используемых в условиях Томской области](#) (стр. 51-55)

УДК 330.55:339.98(47:57)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОРБЕНТОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ (с. 51)

Анна Васильевна Заусалина, аспирант,
Григорий Юрьевич Боярко, д-р экон. наук, канд. геол.-минер. наук

ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
634034, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30,
тел.: 8 (3822) 60-62-95,
e-mail: gub@tpu.ru

Алексей Владимирович Валь

Управление по эксплуатации трубопроводов ОАО «Томскнефть» ВНК»
636785, Россия, г. Стрежевой Томской области, ул. Буровиков, 23,
тел.: 8(913)859-12-56,
e-mail: ValAV@tomskneft.ru

Проведены испытания эффективности действия сорбентов нефти и нефтепродуктов, используемых в нефтегазодобывающих предприятиях Томской области («Спиллсорб», «Ньюсорб» и «Лессорб-Экстра»), по их сорбционной емкости и скорости впитывания. Испытания показали недостижение некоторых эксплуатационных свойств, заявленных производителями сорбентов. Обнаружен негативный эффект парусности легких сорбентов, что при наличии ветра может привести к их выносу с площадей загрязнения. При ликвидации аварийных разливов нефти основной задачей являются блокада разливов и быстрый сбор загрязняющих веществ. Поэтому главным критерием при выборе сорбента нефти следует считать показатели высокой скорости и полноты сорбции нефти и нефтепродуктов. Уровни сорбционной емкости и себестоимости сбора нефти следует рассматривать лишь при сравнении использования уже выбранных эффективных сорбентов. Лучшие результаты испытаний достигнуты у сорбента «Спиллсорб», для которого нефтеемкость составила 7,8 г/г, а скорость сорбции – 2,4 %/мин.

Ключевые слова: сорбенты нефти и нефтепродуктов; емкость сорбентов; скорость сорбции; полнота сорбции.

СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА СРЕД ОТ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ

УДК 330.55:339.98(47:57)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОРБЕНТОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Заусалина, А.В. Валь, Г.Ю. Боярко

Разливы нефти и нефтепродуктов имеют место в процессах добычи и производства, транспортировки, переработки, хранения, приема, отпуска, а также при использовании товарных нефтепродуктов. Эта проблема чрезвычайно актуальна в России, где в связи с изношенностью старого оборудования, а также несоблюдением элементарной технологической дисциплины, на территориях предприятий добычи и транспортировки нефти имеют место инциденты разливов нефти и нефтепродуктов.

Томская область является одним из крупнейших нефтедобывающих центров Западной Сибири. Добывающая отрасль области представлена ОАО «Томск-

нефть» ВНК», осуществляющим до 90 % добычи нефти в субъекте РФ, а также более чем 20 средними и малыми нефтедобывающими предприятиями. Действующий фонд нефтяных скважин в Томской области приблизительно 1250 шт.

Нефтегазосборные сети на территории области общей протяженностью свыше 2500 км являются наиболее потенциально опасными объектами по разливам нефти. Наибольшую опасность представляют собой трубопроводы, срок эксплуатации которых продлен по результатам диагностики, за этими участками трубопроводов ведется наблюдение обходчиками цеха технического обслуживания и ремонта тру-

бопроводов. В общем числе порывов около 28 % – порывы нефтепроводов и около 72 % – небольшие порывы выкидных, нагнетательных линий и т. п.

В ОАО «Томскнефть» ВНК разработаны и приняты к действию «Планы по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов», выполняемые специализированным подразделением компании – сектором ликвидации аварий и порывов (ЛАП). В мероприятия по ликвидации аварийных разливов нефти входит обработка сорбентами загрязненных объектов: оборудования, материалов, грунтов, водоемов и территорий.

К критериям эффективности сорбентов относятся:

- максимизация величины удельной сорбции нефти относительно массы сорбента;
- минимизация стоимости сорбента, а также расходов на утилизацию использованных (насыщенных нефтью) сорбентов;
- простота технологических операций при работе по сбору нефти и нефтепродуктов;
- производственная и экологическая безопасность работы с сорбентами.

Сорбенты классифицируются по следующим признакам [1]:

- принципу действия: адсорбенты (связывание нефти путем поверхностной адсорбции) и абсорбенты (поглощение нефти всем объемом сорбента путем диффузии);
- исходному сырью приготовления сорбентов: неорганические (природные – цеолиты, слоистые силикаты, дисперсные кремнеземы; искусственные – перлит, керамзит, силикагель) и органические (каустобиолиты – уголь, торф, графит; биологические материалы и отходы – опилки, кора, мох, шелуха зерновых; синтетические – полиуретан, полипропилен и др.);
- пористой структуре сорбентов: крупнопористые (свыше 200 нм), мезопористые (1,5...200,0 нм), мелкопористые (менее 1,5 нм), гетеропористые, с изотропной или анизотропной пористостью;
- характеру смачивания водой: гидрофильные, безразличного смачивания и гидрофобные;
- технологии работы сорбентов: наносимые на поверхность воды для удаления поверхностных загрязнений и загружаемые в фильтры для удаления объемного загрязнения вод;
- специальными свойствам: набухающие в нефтепродуктах, содержащие поверхностно-активные вещества и диспергаторы нефти, содержащие реагенты-сгустители нефти, содержащие микробиологические культуры для биоразложения нефти, магнитные;
- плавучести: высокой плавучести (более 72 ч), средней плавучести (3...72 ч) и неплавучие (до 3 ч);
- кратности использования сорбентов: многократные (с отжимом или отмывкой) и одноразовые;
- способу регенерации и утилизации: отжим-сжигание, отжим-захоронение, обжиг-захоронение, сжигание, биоразложение;

• структуре сорбентов: закрытая (полистирольный пенопласт, карбамид-формальдегидная смола), открытая – глобулярная (поролон, резиновая крошка), волокнистая (синтепон, нетканый материал).

На российском рынке представлен широкий выбор сорбентов (более 65 разновидностей) таких компаний, как ООО «ЭкоТехОйл», ООО «ЛАРН-32», Группа «Сибирская Органика», ООО «Композит», ООО «Лессорб-экстра», ООО «Экосервис-Нефтегаз», ОАО «Сорбент», НПП «Полихим», ООО «Терра-Экология» и др. Выбор наиболее эффективных сорбентов весьма затруднен ввиду представления производителями только положительных эксплуатационных свойств своих товарных продуктов, иногда не соответствующих истине.

В литературе представлены некоторые обзоры эффективности сорбентов [2–7], но они основаны на трансляции данных показателей производителей и не могут быть достаточно объективными. Имеются также многочисленные публикации по испытаниям индивидуальных сорбентов, но в подавляющем большинстве это лабораторные эксперименты новых видов сорбентов, еще не нашедших широкого практического применения.

Следует отметить публикации сравнительных испытаний коммерческих сорбентов Б.А. Темирхановым (сорбенты «Лессорб», «Новосорб», «НЕС», «Униполимер») [8] и Ю.В. Зеленко (сорбенты украинского производства) [9], но они приводятся только для нефтепродуктов. В диссертации Б.А. Темирханова [10] осуществлены также испытания свойств сорбентов по отношению к различным видам нефти, но только для новых сорбентов на базе терморасширенного графита.

Целью работы является сравнительное испытание применяемых в Томской области крупнотоннажных по потреблению сорбентов – «Спиллсорб», поставляемого компанией ООО «Терра-Экология», «Ньюсорб» компании ООО «ЛАРН-32» и «Лессорб-Экстра» компании ООО «ЛЕССОРБ».

Методика испытаний

Испытания проводились на базе сектора ликвидации аварий и порывов (ЛАП) ОАО «Томскнефть» в г. Стрежевой Томской области. Для испытаний использовались пластиковые бочки, наполненные водой (температура воды приблизительно 10...12 °С, температура воздуха приблизительно 21 °С). После каждого испытания бочки промывались, очищались от остатков нефти/нефтепродукта. Количество сорбента и нефтепродуктов вносилось в соответствии с техническими характеристиками по нефтеемкости, заявленными производителями. Результаты испытаний фиксировались измерительными приборами и визуальным наблюдением. Для испытаний были выбраны 4 вида наиболее распространенных нефтепродуктов, применительно для характера работы нефтяных компаний Томской области – бензин, отработанное мо-

торное масло, дизельное топливо, нефть. Заявленные характеристики нефтеемкости испытуемых образцов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Заявленные характеристики нефтеемкости испытуемых сорбентов

Сорбенты	Заявленная нефтеемкость (г/г)			
	Бензин	Отработанное моторное масло	Дизельное топливо	Нефть
«Спиллсорб»	Нет данных	Нет данных	3,12	3,96...8,0
«Ньюсорб»	Нет данных	«	Нет данных	4,6...9,0
«Лессорб-Экстра»	7,5	«	9,5	10,0

При испытании сорбентов Спиллсорб, «Ньюсорб», «Лессорб-Экстра» для каждого вида нефтепродуктов и нефти были взяты 3 чистые ёмкости объёмом 5 л каждая. В равных количествах (по 2,5 л) в них была налита вода (температура приблизительно 20 °С). После этого в 3 ёмкости в равных количествах налита нефть или нефтепродукты (по 1 л), толщина нефтяного слоя составила визуально приблизительно 5 см. В каждую ёмкость насыпан сорбент в количестве, необходимом для впитывания данного объема нефти, согласно нефтеемкости заявленной производителем. По истечении оцениваемого периода после внесения сорбента визуально определялся объем остатка нефти или нефтепродуктов.

Результаты испытаний (табл. 2)

Бензин (АИ-92). Пропитанные бензином сорбенты остаются в плавучем состоянии. На стенках ёмкостей нефтяной плёнки не обнаружено. Скорость впитывания сорбентов высокая, лишь для «Лессорб-Экстра» наблюдается отставание начала впитывания.

Дизельное топливо (Л-0,2-40). Пропитанные сорбенты остаются на плаву. На стенках ёмкостей остаются незначительные следы дизельного топлива. Скорость впитывания сорбентов ниже, чем для бен-

Таблица 2

Достигнутые показатели испытуемых сорбентов по скорости впитывания нефтепродуктов и нефти, % от объема

Время впитывания, мин	«Спиллсорб»	«Ньюсорб»	«Лессорб-Экстра»
Бензин (АИ-92)			
3	95	65...70	20...25
10	98	85...90	85...90
Дизельное топливо (Л-0,2-40)			
5	65	50	50
30	90	80	80
Моторное масло отработанное (ММО)			
5	50	25	10
20	75	40	15
30	90...95 %	55...60	25
Нефть Советского месторождения (1.2.2.2 ГОСТ 31378-2009)			
5	50	25	10
20	75	35	15
40	90...95	55...60	40...45

зина, и наметилось отчетливое отставание впитывания для сорбентов «Ньюсорб» и «Лессорб-Экстра».

Моторное масло отработанное (ММО). Пропитанные сорбенты остаются на плаву. На стенках ёмкостей с сорбентами «Ньюсорб» и «Лессорб-Экстра» остаются следы масляной плёнки, на стенках ёмкости с сорбентом «Спиллсорб» следов масляной пленки не обнаружено. Сорбция отработанного моторного масла сорбентом «Спиллсорб» хорошая, «Ньюсорб» – значительно ниже, а для «Лессорб-Экстра» показатели сорбции даже хуже, чем при сорбции нефти.

Нефть Советского месторождения (1.2.2.2 ГОСТ 31378-2009). Пропитанные нефтью в результате испытаний сорбенты остаются на плаву. На стенках ёмкостей с сорбентами «Ньюсорб» и «Лессорб-Экстра» остались следы нефтяной плёнки, а в ёмкости с сорбентом «Спиллсорб» они отсутствуют. На рис. 1 показаны графики динамики сорбции нефти испытуемыми сорбентами.

Сорбент «Спиллсорб» впитал нефть приблизительно 98...99 % от объема, что позволяет более оперативно провести блокаду движения нефтяного пятна и локализацию распространения радужной плёнки, определить контур нефтяного пятна на водной поверхности при установке боновых заграждений. Нефть на стенках ёмкости отсутствует – это говорит о способности сорбента удерживать нефть и нефтепродукты внутри себя и не отдавать нефть в окружающую среду (береговую линию, растительность, находящуюся в водоёмах и т. д.), т. е. десорбция отсутствует. Достигнутая нефтеемкость сорбента «Спиллсорб» составила 7,8 г/г (практически максимум от заявленной), скорость сорбции – 2,4 %/мин.

Обнаружился и ранее не отмечаемый негативный эффект – сорбент «Лессорб-Экстра» обладает высокой плавучестью и парусностью надводной части – при наличии бокового ветра зачастую происходит значительный унос сорбента за пределы зоны очистки.

Сорбент «Ньюсорб» впитал нефть приблизительно 55...60 %, а «Лессорб-Экстра» приблизительно 40...45 % от объема нефти, что не создает условий для оперативного проведения блокады движения нефтяного пятна. Нефть на стенках ёмкостей с сорбентами «Ньюсорб» и «Лессорб-Экстра» присутствует –

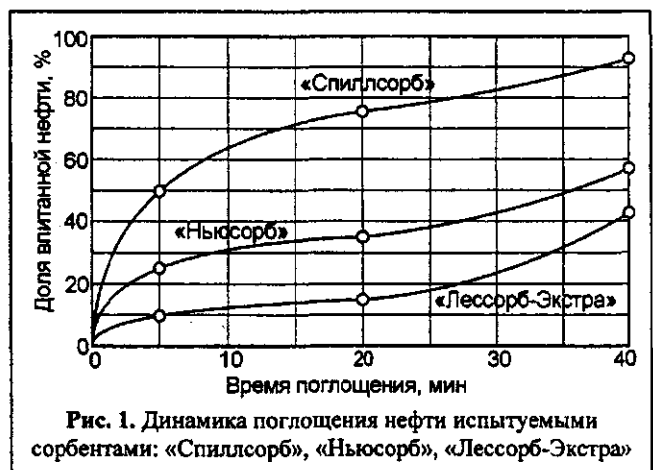


Рис. 1. Динамика поглощения нефти испытуемыми сорбентами: «Спиллсорб», «Ньюсорб», «Лессорб-Экстра»

это говорит о низкой способности сорбента удерживать нефть и нефтепродукты внутри себя, т. е. существует риск десорбции нефти – отдача нефти в окружающую среду. Достигнутая нефтеемкость сорбента «Ньюсорб» составила 5,3 г/г (по нижнему пределу от заявленной), скорость сорбции – 1,4 %/мин. По сорбенту «Лессорб-Экстра» нефтеемкость составила 3,9 г/г (в 2,5 раза ниже заявленной), скорость сорбции – 1,05 %/мин.

Сравнительная эффективность применения сорбентов

На рис. 2 показана точечная диаграмма нефтеемкости–стоимости 45 сорбентов, используемых при сборе нефти и нефтепродуктов на основе литературных данных [7]. Как видно, четкой зависимости стоимости сорбентов от их заявленной нефтеемкости не наблюдается. Но при этом остается открытым вопрос, а соответствуют ли истине заявленные показатели нефтеемкости? Возможно, при истинных (достигнутых) показателях нефтеемкости тренд зависимости стоимости от емкости сорбентов может появиться.

В принципе расчет экономических затрат по использованию испытуемых сорбентов в пересчете на 1 т утилизированной нефти несложен (табл. 3). Но правильно ли делать вывод, что наиболее эффективен сорбент «Ньюсорб», показавший минимальные затраты на сорбцию 1 т нефти? Ведь при самой низкой себестоимости сорбции нефти сор-

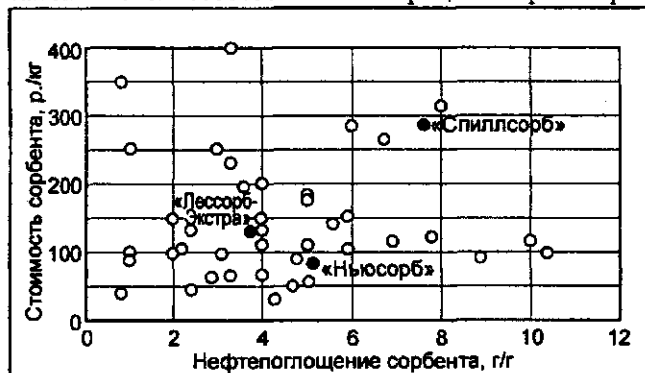


Рис. 2. Заявленные нефтеемкость и стоимость сорбентов (для сорбентов «Спиллсорб», «Ньюсорб», «Лессорб-Экстра» нефтеемкость достигнутая), используемых в России для сбора нефти

бентом «Ньюсорб» полноты сбора разлитой нефти не достигается, а относительно невысокая скорость сорбции не обеспечивает оперативности блокады разлива. В то же время сорбент «Спиллсорб» показывает самый высокий уровень затрат для сорбции 1 т нефти (в 2,5 раза выше, чем для сорбента «Ньюсорб»), но полнота сорбции и ее высокая скорость удовлетворяют условиям оперативной блокады и ликвидации разливов нефти.

В обзоре свойств сорбентов [7] для большинства из них заявлена высокая скорость погашения нефти – 99 % за 30 мин. Исходя из проведенных исследований, показавших недостижение заявленных показателей некоторых испытуемых сорбентов, следует весьма критично относиться к рекламным данным многих товарных сорбентов нефти. Все же главным критерием при выборе сорбента являются высокая скорость и полнота сорбции нефти, а показатели нефтеемкости и себестоимости сбора нефти следует рассматривать лишь при сравнении использования эффективных сорбентов.

Выводы

Проведенные исследования показали, что некоторые испытуемые сорбенты не обеспечивают заявленных показателей емкости, скорости и полноты поглощения нефти. Исключение составляет сорбент «Спиллсорб» с подтвержденной высокой скоростью впитывания всех типов нефтепродуктов, нефтеемкостью на верхнем уровне от заявленного производителем и низким удельным расходом. Сорбент «Спиллсорб» выбран ОАО «Томскнефть» ВНК для применения при ликвидации разливов нефти. Обнаружен негативный эффект парусности легких сорбентов, что при наличии ветра может привести к их выносу с площадей загрязнения.

Главным критерием при выборе сорбента нефти следует считать показатели высокой скорости и полноты сорбции нефти. Уровни нефтеемкости и себестоимости сбора нефти следует рассматривать лишь при сравнении использования уже выбранных эффективных сорбентов. Следует критично относиться к заявленным производителями свойствам сорбентов нефти, опираясь на собственные опытные пробы или данные испытаний независимых экспертов.

Таблица 3

Показатели эффективности испытуемых сорбентов

Сорбент	Нефтеемкость, г/г		Стоимость сорбента, р./кг	Достигнутый расход сорбента из расчета на 1 т нефти, кг	Достигнутые затраты из расчета на 1 т нефти, р.	Скорость впитывания, %/мин
	заявленная	достигнутая				
«Спиллсорб»	3,96...8,0	7,8	284	128	36400	2,4
«Ньюсорб»	4,6...9,0	5,3	80	189	15100	1,4
«Лессорб-Экстра»	10,0	3,9	130	256	33300	1,05

ЛИТЕРАТУРА

LITERATURA

1. Каменщиков Ф.А., Богомольный Е.И. Нефтяные сорбенты. – М.: Регулярная и хаотическая динамика, 2005. – 268 с.
2. Аренс В.Ж., Гридин О.М. Эффективные сорбенты для ликвидации нефтяных разливов // Экология и промышленность России. – 1997. – № 2. – С. 32–37.
3. Сироткина Е.Е., Новоселова Л.Ю. Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – Т. 13, № 3. – С. 359–377.
4. Завьялов В.С. Сорбционная емкость материалов по отношению к нефтепродуктам // Экология и промышленность России. – 2006. – № 8.
5. Артемов А.В., Пинкин А.В. Сорбционные технологии очистки воды от нефтяных загрязнений // Вода: химия и экология. – 2008. – № 1. – С. 19–25. – URL: <http://watchemec.ru/article/82/>
6. Бутовский М.Э. Современные сорбенты для сбора нефтепродуктов // Путь и путевое хозяйство. – 2010. – № 6. – С. 37–39.
7. Рынок сорбентов и фильтров в России. Анализ цен и характеристик по состоянию на 2010 г. / CEO Nalco Reich Marketing Research Agency: HCMG IEW & EPA INC USA, New York 2010. 20 p. [Электронный ресурс: URL: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2011/rynok-sorbentov-filtrov-v-rossii-analiz-tsen-kharakteristik-po-sostoyaniyu-na-2010-god/>].
8. Темирханов Б.А., Темердашев З.А., Штигун О.А. Оценка некоторых свойств сорбентов при ликвидации нефтяных загрязнений // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2005. – № 2. – С. 16–18.
9. Зеленко Ю.В., Плахотник В.Н. Выбор оптимальных сорбентов для поглощения разливов нефтепродуктов при авариях // Экотехнология и ресурсосбережение. – 2003. – № 6. – С. 67–69.
10. Темирханов Б.А. Исследование сорбционных свойств углеродсодержащих материалов при ликвидации нефтяных загрязнений: Автореф. дис. ...канд. хим. наук : 03.00.16 / Кубанский гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2005. – 22 с.
1. Kamenshchikov F.A., Bogomol'nyy E.I. Neftyanye sorbenty. – M.: Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika, 2005. – 268 s.
2. Arens V.Zh., Gridin O.M. Effektivnye sorbenty dlya likvidatsii neftyanykh razlivov // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – 1997. – № 2. – S. 32–37.
3. Sirotkina E.E., Novoselova L.Yu. Materialy dlya adsorbtsionnoy ochistki vody ot nefti i nefteproduktov // Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya. – 2005. – T. 13, № 3. – S. 359–377.
4. Zav'yalov V.S. Sorbtsionnaya emkost' materialov po otmosheniyu k nefteproduktam // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – 2006. – № 8.
5. Artemov A.V., Pinkin A.V. Sorbtsionnye tekhnologii ochistki vody ot neftyanykh zagryazneniy // Voda: khimiya i ekologiya. – 2008. – № 1. – С. 19–25. – URL: <http://watchemec.ru/article/82/>
6. Butovskiy M. E. Sovremennyye sorbenty dlya sbora nefteproduktov // Put' i putevoe khozyaystvo. – 2010. – № 6. – S. 37–39.
7. Rynok sorbentov i fil'trov v Rossii. Analiz tsen i kharakteristik po sostoyaniyu na 2010 g. / CEO Nalco Reich Marketing Research Agency: HCMG IEW & EPA INC USA, New York 2010. 20 p. [Elektronnyy resurs: URL: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2011/rynok-sorbentov-filtrov-v-rossii-analiz-tsen-kharakteristik-po-sostoyaniyu-na-2010-god/>].
8. Temirkhanov B.A., Temerdashev Z.A., Shpigun O.A. Otsenka nekotorykh svoystv sorbentov pri likvidatsii neftyanykh zagryazneniy // Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse. – M.: OAO «VNIIOENG»? 2005. – № 2. – S. 16–18.
9. Zelen'ko Yu.V., Plakhotnik V.N. Vybor optimal'nykh sorbentov dlya pogloshcheniya razlivov nefteproduktov pri avariyaх // Ekotekhnologiya i resursosberezhenie. – 2003. – № 6. – S. 67–69.
10. Temirkhanov B.A. Issledovanie sorbtsionnykh svoystv uglerodsoderzhashchikh materialov pri likvidatsii neftyanykh zagryazneniy: Avtoref. dis. ...kand. chim. nauk : 03.00.16 / Kubanskiy gos. agrar. un-t. – Krasnodar, 2005. – 22 s.