

**ТЕХНОЛОГИЯ УДАЛЕНИЯ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ С ПОМОЩЬЮ  
СОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И ПЕНОПОЛИУРЕТАНА**

© 2023 Куен Тхи Куинь Ань, Л.А. Зенитова, А.Н. Даутова

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

Статья поступила в редакцию 26.09.2023

Самое большое распространение хитинсодержащие материалы получили при очистке сточных вод. В производственных процессах, сопровождающихся выделением белков, хитозан используется в качестве флокулянта при очистке загрязненных сточных вод. С помощью хитозана производится извлечение металлов из отходов горнообогатительных производств. Внесение хитозана в почву приводит к выведению из природного кругооборота рассеянных тяжелых металлов и радионуклидов. Имеется ряд патентов в области очистки вод с применением хитозана. Однако намного меньше работ по использованию хитина и хитозана в качестве сорбента нефти и нефтепродуктов. Алаа Эльдин Мухаммед Юнес с соавторами использовал хитин и хитозан для удаления разливов нефти Тенгизского месторождения с поверхности воды. При этом нефть с хитином образовывала сгустки, которые со временем (~ 2 часа) выпадали в осадок. Наоборот, хитозан образует плавающие сгустки, что способствует их извлечению. Авторы на модельных системах определили нормы расхода для сбора и удаления нефтяной пленки с поверхности 1 м<sup>2</sup>. Это 0,16 кг хитина или хитозана при количестве 10 % сорбента от массы нефтяной пленки. Было высказано предположение, что извлекаемые продукты можно использовать в составе асфальтобетонных покрытий. Высокая степень очистки вод (до 99,8 %), и практически полная очистка вод, содержащих эмульсии нефти позволяет рекомендовать его в качестве высокоэффективного флокулянта при его содержании 0,0028. Характерно, что хитозан лучше работает при высоком содержании нефти в воде. Однако эффективное извлечение хитозана с поглощенной нефтью остается не решенным вопросом. При этом происходит стекание нефти с сорбента, приводящее к вторичному загрязнению. В работе предложен способ ликвидации и очистки разливов нефти и нефтепродуктов на водных объектах, а также уменьшения загрязнений окружающей среды сточными водами промышленных предприятий с помощью высокоэффективного, экономически обоснованного сорбционного материала на основе хитозана и полужесткого пенополиуретана и технологический процесс его производства. Оптимальной поглощающей способностью ~ 14,0 г/г обладает сорбционный материал с использованием измельченного хитозана растворимого в кислоте в количестве 30 % общей массы и эластичного пенополиуретана ППУ<sub>эл</sub>-30-ХК при массовом соотношении компонентов сорбционного материала А : Б : хитозан = 1 : 0,6 : 0,48. Экологичность разработанного сорбционного материала подтверждается возможностью его многократного до 19 раз применения после отжима поглощенного продукта без существенного изменения нефтеемкости. Предложена технологическая схема производства разработанного сорбента, названного Гринсорб Х и способа ликвидации нефтеразливов с его помощью.

*Ключевые слова:* сорбционный материал, хитозан, пенополиуретан, нефть.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-6-165-173

EDN: AWFDKR

**ВВЕДЕНИЕ**

Открытие хитина в 1811 году Анри Браконно Хитином дало толчок в исследованиях его применения в различных отраслях. Интерес к хитину и его производному хитозану обусловлен возможностью использования в коммерческих целях, так как он содержится в живых организ-

*Куен Тхи Куинь Ань, аспирант.*

*E-mail: quynhanhmoitruong@gmail.com*

*Зенитова Любовь Андреевна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой технологии синтетических каучуков. E-mail: liubov\_zenitova@mail.ru*

*Даутова Алсу Нуретдиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов химических производств Нижнекамского химико-технологического института. E-mail: alsu\_5572@mail.ru*

мах, которые перерабатывают миллиардами тонн. Поставщиком хитина являются крабы, креветки, омары, пчелы, жуки, бабочки, божьих коровки и другие насекомые [1].

Наиболее значимое свойство хитина и хитозана было открыто в 1940-50-х годах – хитозан оказался поглотителем радиоактивных изотопов и тяжелых металлов [2].

Кроме того, хитозаном связываются гидрофильные и гидрофобные соединения. Также он обладает хелатообразующими, обменными и комплексообразующими свойствами. Антивирусная, иммуностимулирующая и антибактериальная активность хитозана, а также способность проявлять высокие антиоксидантные свойства, обусловила его использование в лечении механической

и ожоговой травмы и заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Производство хитина в мире определяется в количестве ~ 3000 тонн в год. В тоже время запасы хитинсодержащего сырья обеспечивает потенциал роста его объемов производства и применения [3].

Пищевые плёнки из хитозана используют для изготовления консерванта, сохраняющего и интенсифицирующего запах и вкус продуктов. Также хитин замедляет рост бактерий и грибов, сопровождающихся запахом и вызывающих сыпь. Введение хитозана в состав хлопчатобумажных волокон из древесной массы обеспечивает изготовление более комфортного белья. Медицина, косметика и диетология используют хитозан. При этом, будучи добавленным в пищу, снижается содержание холестерина в крови, кровяное давление, аллергию и артрит [4]. Существуют сведения об улучшении состояния кожи, волос и ногтей [5].

Однако, самое большое распространение хитинсодержащие материалы получили при очистке сточных вод. В производственных процессах, сопровождающихся выделением белков, хитозан используется в качестве флокулянта при очистке загрязненных сточных вод. С помощью хитозана производится извлечение металлов из отходов горнообогатительных производств [6]. Внесение хитозана в почву приводит к выведению из природного кругооборота рассеянных тяжелых металлов и радионуклидов [6,7].

Такие свойства хитина, хитозана и его производных обусловлены образованием прочных хелатных связей с металлами, селективно извлекая ионы ртути, кобальта, золота и других металлов из сточных вод и из морской воды. При этом сорбция ионов тяжелых металлов хитозаном происходит эффективнее с уменьшением его размеров. [8, 9]. Предполагается, что высокая сорбционная способность хитозана связана с наличием в его структуре гидроксид- и аминогрупп [10]. Разработана технология получения блок – сополимеров на основе хитозана и акриламида [11]. Равновесные характеристики сорбции рения из водного раствора хитозан-углеродных материалов (ХУМ) на основе бусофита и актилена, полученных в анодной области (+ 600 мВ) исследовались Земсковой Л.А. [12, 13].

В тоже время хитин и хитозан, а также хитинсодержащие материалы, полученные от переработки криля и крабов, сорбируют из водных растворов уран и трансураниевые элементы, стронций и цезий [14].

Имеется ряд патентов в области очистки вод с применением хитозана [15, 16].

Однако намного меньше работ по использованию хитина и хитозана в качестве сорбента нефти и нефтепродуктов [17, 18]. Алаа Эльдин Мухаммед Юнес с соавторами использовал хитин и хитозан для удаления разливов нефти Тенгизского месторождения с поверхности воды. При этом нефть с хитином образовывала сгустки, которые со временем (~ 2 часа) выпадали в осадок. Наоборот, хитозан образует плавающие сгустки, что способствует их извлечению. Авторы на модельных системах определили нормы расхода для сбора и удаления нефтяной пленки с поверхности 1 м<sup>2</sup>. Это 0,16 кг хитина или хитозана при количестве 10 % сорбента от массы нефтяной пленки. Было высказано предположение, что извлекаемые продукты можно использовать в составе асфальтобетонных покрытий. Высокая степень очистки вод (до 99,8 %), и практически полная очистка вод, содержащих эмульсии нефти позволяет рекомендовать его в качестве высокоэффективного флокулянта при его содержании 0,0028. Характерно, что хитозан лучше работает при высоком содержании нефти в воде. Однако эффективное извлечение хитозана с поглощенной нефтью остается не решенным вопросом. При этом происходит стекание нефти с сорбента, приводящее к вторичному загрязнению.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования служил сорбционный материал, полученный на основе пенополиуретана (ППУ) и хитозана.

Для получения сорбционного материала были использованы компоненты полиуретановой системы: компонент А для эластичного ППУ (А<sub>эл</sub>) ТУ 2226–235–97445105–10, а также: компонент Б<sub>ж</sub> для жесткого ППУ ТУ 2254–448–10480596–06, «ИЗОЛАН» г. Владимир, Россия.

В качестве наполнителя использовался хитозан–ХТЗ, ГОСТ 928945 (табл.1).

Таблица 1 – Характеристика хитозана

Показатели	Хитозан растворимый в кислоте (ХК)	Водорастворимый хитозан (ХВ)
Физическое состояние	Порошок	Порошок
Цвет	бело–золотой	коричневый желтый
Насыпная плотность	0,335 г/см <sup>3</sup>	0,218 г/см <sup>3</sup>
Влажность	3,32 %	5 %
Степень деацетилирования	85 %	83 %
Зольность	≤ 1,0 %	≤ 1,0 %

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью снижения техногенного воздействия разливов нефти и нефтепродуктов на водные ресурсы, а также для уменьшения загрязнения окружающей среды сточными водами промышленных предприятий предложен способ их ликвидации и очистки с помощью высокоэффективного, экономически обоснованного сорбционного материала на основе хитозана и пенополиуретана. Оптимальной поглощающей способностью ~ 14,0 г/г обладает сорбционный материал с использованием измельченного хитозана растворимого в кислоте в количестве 30 % общей массы и эластичного пенополиуретана ППУ<sub>эл</sub>-30-ХК при массовом соотношении компонентов сорбционного материала А : Б : хитозан = 1 : 0,6 : 0,48.

Экологичность разработанного сорбционного материала подтверждается возможностью его многократного до 19 раз применения после отжима поглощенного продукта без существенного изменения нефтеемкости, что позволяет снизить затраты на его использование, уменьшить количество отходов при ликвидации разливов, регенерировать большую часть сорбированного продукта. В случае необходимости возможна утилизация отработанного сорбционного материала путем его добавки в компонент А в количестве до 5 % масс. без существенного снижения его нефтеемкости. В этом случае массовое соотношение компонентов сорбционного материала составит: компонент А<sub>эл</sub> : компонент Б<sub>эл</sub> : хитозан ХК : отработанный СМ = 1 : 0,6 : 0,48 : 0,1. Принципиальная технология получения сорбционного материала, названного Гринсорб Х, приведена на рис.1.

Сорбционный материал может производиться в стационарных условиях и в условиях чрезвычайных ситуаций.

Технологический процесс производства сорбционного материала на основе хитозана и пенополиуретана в стационарных условиях включает следующие стадии:

1. Развес ингредиентов сорбционного материала;
2. Введение хитозана и отработанного сорбционного материала в компонент А;
3. Загрузка компонентов в агрегат вспенивания;
4. Изготовление сорбционного материала;
5. Выходной контроль;
6. Измельчение или нарезка на маты;
7. Взвешивание, затаривание, упаковка и маркировка сорбционного материала.

1. Развес ингредиентов сорбционного материала  
Компонент А из тары (бочки) дозировочным насосом перекачивается в емкость для компонента А агрегата вспенивания.

Компонент Б перед употреблением термостатируется в течении 2 суток при 60–80°C для полной гомогенизации продукта. Затем производится транспортирование компонента Б с помощью дозировочного насоса в емкость для компонента Б агрегата вспенивания.

Расчетное количество хитозана и отработанного сорбционного материала отвешивается на стационарных весах в заранее заготовленную тару (мешок, короб и т.п.)

Массовое соотношение компонентов сорбционного материала А:Б : хитозан : отработанный сорбционный материал = 1 : 0,6 : 0,48 : 0,1.

2. Введение хитозана и отработанного сорбционного материала в компонент А

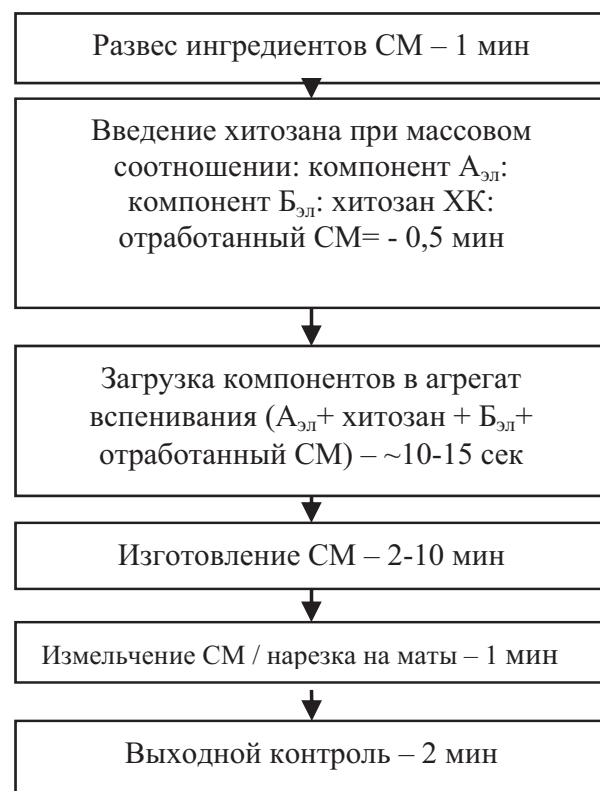
Хитозан и отработанный сорбционный материал вводятся через люк аппарата для компонента А, снабженного воронкой-бункером. Для лучшей гомогенизации загрузка хитозана может осуществляться порционно.

3. Загрузка компонентов в агрегат вспенивания

Смесь компонента А с хитозаном и отработанным сорбционным материалом по массе загружается в емкость А агрегата вспенивания. Происходит перемешивание наполнителя с компонентом А до получения однородной массы в течение ~ 15–30 с. Компонент Б по массе загружается в емкость компонента Б агрегата вспенивания.

4. Изготовление сорбционного материала

Изготовление сорбционного материала про-



**Рисунок 1** – Схема процесса изготовления сорбционного материала Гринсорб Х

изводится в агрегате вспенивания. Для работы агрегата включаются дозировочные насосы, которые подают наполненный компонент А и компонент Б в рассчитанных количествах в высокоинтенсивное перемешивающее устройство, где при скорости ~ 3000 оборотов в минуту происходит интенсивное смешение компонентов. Полученная смесь выливается в форму, предварительно выложенную полиэтиленовой пленкой. Для облегчения извлечения сорбционного материала из формы пленку с внутренней стороны смазывают антиадгезионной смазкой. Вспенивание композиции происходит в течение 1–2 минут. При этом фиксируется время старта и время подъема пены. Полное отверждение сорбционного материала происходит за 30–60 минут.

5. Выходной контроль

Анализ полученного сорбционного материала осуществляется по показателям ТУ, представленным в таблице 2, которым должен отвечать сорбционный материал.

6. Измельчение или нарезка на маты

После окончательного отверждения сорбционного материала его подвергают измельчению на дробилке, обеспечивающей получение материала заданных размеров в виде крошки.

Сорбционный материал можно получать в виде пластин, матов, салфеток, бонов, гранул с помощью его дробления или распила.

7. Взвешивание, затаривание, упаковка и маркировка сорбционного материала

Далее сорбционный материал взвешивают, затаривают в полиэтиленовые мешки и маркируют.

Измельченный сорбционный материал может использоваться для заполнения боновых заграждений (рис. 2) или выполняться путем формирования в виде бона.

На рисунке 3 показано оборудование для получения сорбционного материала.

Так как производство сорбционного материала занимает рекордно короткое время от 12 до 20 минут, то возможно его изготовление в режиме быстрого реагирования путем использования переносной установки (рис.4) или мобильного комплекса быстрого реагирования, монтируемого на грузовом автомобиле (рис.5).

Для труднодоступных районов возможен монтаж установки на шасси, загружаемого в вертолет.

На рисунке 6 представлена схема ликвидации аварийных разливов нефти с поверхности воды разработанным сорбционным материалом.

Таблица 2 – Технические требования на сорбционный материал на основе хитозана и пенополиуретана

Показатель	Норма
Форма сорбционный материал – крошка с условным диаметром зерна, см <sup>3</sup> , в пределах	0,125–0,135
Плотность, г/см <sup>3</sup> , в пределах	0,071–0,080
Нефтеемкость, г/г, до	13
«Плавучесть», %, в пределах	95–100
Степень очистки первого цикла, %, в пределах	75–77



Рисунок 2 – Боны, наполненные сорбционным материалом из хитозана и пенополиуретана



Рисунок 3 – Оборудование для получения сорбционного материала



Рисунок 4 – Переносная установка производства сорбционного материала



Рисунок 5 – Мобильный комплекс быстрого реагирования для изготовления сорбционного материала

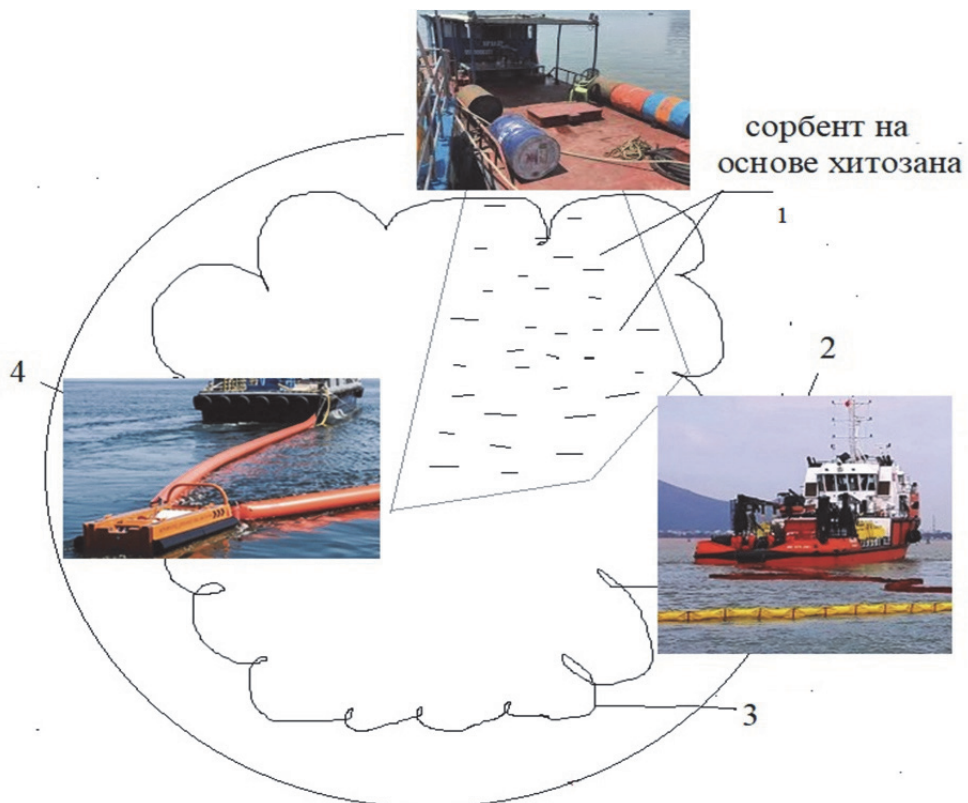


Рисунок 6 – Схема ликвидации разлива с помощью сорбционного материала Гринсорб Х  
1 – судно, распределяющее сорбционный материал по поверхности загрязнения;  
2 – судно-бонопоставщик; 3 – боновое ограждение; 4 – судно-нефтесборщик

Вначале с помощью бонов 4 разлитую нефть стягивают с помощью судна-бонопоставщика 2 для образования нефтяного пятна малой площади. При этом слой нефти над водой увеличивается. Далее под нефтяное пятно с судна 4 подводится гибкий трубопровод и с помощью насоса нефть откачивается. Далее на оставшуюся не собранную нефть с судна 1 наносят сорбционный материал. Когда сорбционный материал поглотил нефть (~ 30 минут) судно 1 собирает его подобно – нефтесборщику 4. На судне 1 расположены отжимающие устройства. Отжатая нефть сливается в емкости, а сорбционный материал используется повторно (рис.7).

В таблице 3 приведены сравнительные данные широко используемых сорбционных материалов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Видно, что несмотря на то, что цена сорбционного материала достаточно высокая, необходимо учитывать, что фактическое ее значение существенно ниже, так как сорбционный материал может использоваться многократно.

В тоже время разработанный сорбционный материалы на основе полужестких пенополиуретанов, наполненный хитозаном, способен эффективно удалять как нефтяные загрязнения, так и ионы металлов  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  и  $Cr^{6+}$  из загрязненных вод [19].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кильдеева, Н.Р. Получение материалов медицинского назначения из растворов биосовместимых полимеров / Н. Р. Кильдеева, Л. С. Гальбрайт, Г. А. Вихорева // Химические волокна. – 2005. – № 6. – С. 21-24.
2. Горовой, Л.Ф. Сорбционные свойства хитина и его производных: хитин, его строение и свойства / Л.Ф. Горовой, В.Н. Косяков. – М.: Наука, 2002. – С. 217-246.
3. Немцев, С.В. Комплексная технология хитина и хитозана из панциря ракообразных / С.В. Немцев. М.: ВНИРО, 2006. – 134 с.
4. Gil, G. Selective antimicrobial activity of chitosan on beer spoilage bacteria and brewing yeasts / G. Gil, S. Del Monaco, M. Galvagno // Biotechnology letters. 2004. Vol. 26. P. 571–574.
5. Быкова, В.М. Применение хитозана в лечебной косметике / В.М. Быкова, Л.И. Кривошеина, О.И. Глазунов, Е.А. Ежова // Материалы Седьмой Международной конф. «Новые достижения, в исследовании хитина и хитозана». – М.: ВНИРО, 2003. – С. 231-233.
6. Информация о хитине и хитозане, его использовании. – URL: <http://vostokbor.com/product/23820> (дата обращения 28.01.23 г.).
7. Отчет Межведомственного научного совета по радиохимии. Российская академия наук, Феде-

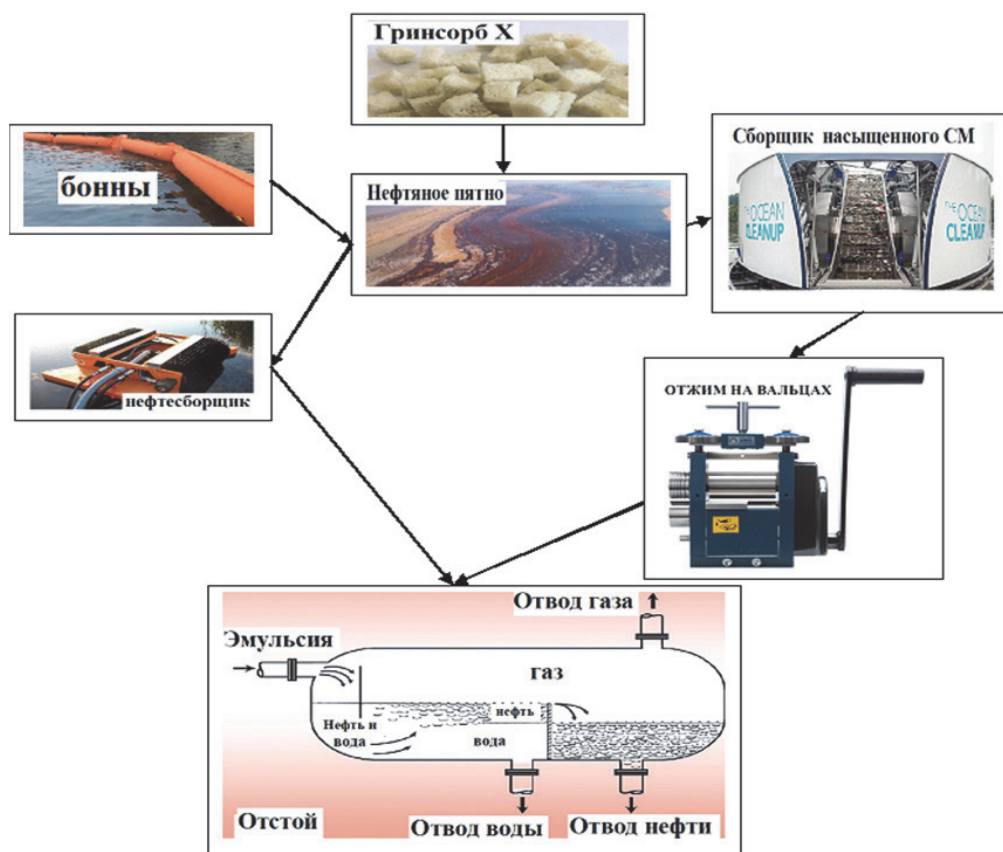


Рисунок 7 – Оборудование, используемое для ликвидации нефтеразливов

Таблица 3 – Сравнительные данные различных сорбционных материалов

Сорбционный материал/Страна производитель	Основа сорбционного материала	Нефтеемкость, г/г	Способ утилизации	Цена, \$/кг
Peat-sorb/ Канада	Торф	4,0	Сжигание, захоронение	8,4
Nurbo-GET/ Франция	Торф	3,6	Сжигание	7,0
ТОП/ Россия	Дисперсный углерод	2,2	Сжигание	0,4
ЗМ/США	ППУ, по технологии «Ломарн»	10,0 – 15,0	Сжигание	13,5
Пауэрсорб/ Франция	Нетканое полотно	12,0	Отжатие	6,0
Гринсорб Х, Россия	ППУ, наполненный хитозаном	13,61	Отжим, повторное использование до 19 раз, утилизация в виде добавки в основной продукт, возврат разлитой нефти	2,47

- ральное агентство по атомной энергии. М., 2006. URL: [http://radiochem.ru/ai/282/file/otchet\\_2005.pdf](http://radiochem.ru/ai/282/file/otchet_2005.pdf) (дата обращения 14.01.23г.).
8. *Younis Alaa Eldin Mohamed*. Application of chitosan as a sorbent of heavy metal ions in the water processing // *Естественные науки – АГУ*. 2009. № 2 (27). P. 156–162.
  9. Production of chitosan and its used as sopbent/ *Alaa Eldin M. Younis, M. D. Mukatova* // POS 1-30 - EUCHIS 2009 – 9th International Conference of the European Chitin Society, Venice, Italy, 23–26 May 2009. P. 8 – 9.
  10. Biologically active substances of fresh-water crustacean, methods of extraction and prospects of use / *M. D. Mukatova, A. M. Younis, A. V. Privezentzev* // 14th European congress on biotechnology. Barcelona, Spain 13-16 September, 2009. P. 12–13.
  11. *Татаринов, П.В.* Целевая функциональная модификация хитозана / *П.В. Татаринов, А.Е. Мочалова, Л.И. Бажан, Л. А. Смирнова, И.В. Бодриков* // Тез. докладов 11-ой научно-технической конф. «Перспективы развития химии и практического применения алициклических соединений». – Волгоград, 2008. – С. 78.
  12. *Червонецкий Д.В., Братская С.Ю., Авраменко В.А., Сергиенко В.И.* Способ очистки воды и комплексный флокулянт для осуществления способа: Пат. № 2253625 (РФ). 2005.
  13. *Авраменко В.А., Братская С.Ю., Железнов В.В., Сергиенко В.И., Филиппова И.А., Юдаков А.А., Юхкам А.А.* Способ очистки вод от нефтепродуктов: Пат. № 2279405 (РФ). 2006.
  14. *Селиверстов, А.Ф.* Сорбционное выделение актинидов из нейтральных и щелочных растворов хитинсодержащими материалами / *А.Ф. Селиверстов, И.Г. Тананаев, Б.Г. Ершов* // Тез. докл. 4-ой Российской конф. Радиохимия 2003. – Озерск, 2003. – С. 18–22.
  15. *Макаревич Н.А., Паламарчук И. А., Бойцова Т.А.* Способ очистки лигнинсодержащих сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности растворами хитозана: Пат. № 2355646 (РФ). 2009.
  16. *Авраменко В.А., Братская С.Ю., Железнов В.В., Сергиенко В.И., Филиппова И.А., Юдаков А.А., Юхкам А.А.* Способ очистки вод от нефтепродуктов: Пат. № 2279405 (РФ). 2006.
  17. *Мухаммед, А.Э.* Хитин из панциря речных раков в качестве сорбента для очистки водоемов от нефтяных загрязнений / *А.Э. Мухаммед, М.Д. Мукатова* // *Материалы 54-й конф. ППС, посвящ. 80-летию основания АГУ, Астрахань*. 2010. – С. 122.
  18. *Тарановская Е.А., Собгайда Н.А.* Очистка сточных вод от нефтепродуктов с применением хитозана // *Материалы X Междунар. науч-практ. конф. «Эколого-правовые и экономические аспекты экологической безопасности регионов»*. – Харьков, 2015. – С. 53–54.
  19. *Куен Тхи Куинь Ань.* Сорбент на основе хитозана и пенополиуретана для очистки водных сред от ионов металлов и красителей / *Куен Тхи Куинь Ань, Л.А. Зенитова, Нго Хонг Нгия* // *Бутлеровские сообщения*. – 2020. – Т 63. – № 8. – С. 11–17.

## OIL SPILL REMOVAL TECHNOLOGY WITH CHITOSAN AND POLYURETHANE FOAM SORPTION MATERIAL

© 2023 Kuen Thi Kuin Any, L.A. Zenitova, A.N. Dautova

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Chitin-containing materials were most widely used in wastewater treatment. In production processes accompanied by the release of proteins, chitosan is used as a flocculant in the treatment of contaminated wastewater. Using chitosan, metals are extracted from mining waste. The introduction of chitosan into the soil leads to the removal of scattered heavy metals and radionuclides from the natural cycle. There are a number of patents in the field of water treatment using chitosan. However, there is much less work on the use of chitin and chitosan as a sorbent for oil and oil products. Alaa Eldin Muhammad Younes et al used chitin and chitosan to remove Tengiz oil spills from the water surface. At the same time, oil with chitin formed clots, which eventually (~ 2 hours) precipitated. On the contrary, chitosan forms floating clots, which contributes to their extraction. The authors on the model systems determined the flow rates for the collection and removal of oil film from the surface of 1 m<sup>2</sup>. This is 0.16 kg of chitin or chitosan with an amount of 10% of the sorbent based on the weight of the oil film. It has been suggested that extractable products can be used in asphalt concrete pavements. A high degree of water purification (up to 99.8%), and almost complete purification of waters containing oil emulsions makes it possible to recommend it as a highly effective flocculant with its content of 0.0028. It is characteristic that chitosan works better with a high oil content in water. However, efficient recovery of chitosan with absorbed oil remains an unresolved issue. In this case, oil flows from the sorbent, leading to secondary pollution. The invention proposes a method of oil and petroleum product spill response and purification at water bodies, as well as reduction of environmental pollution by waste water of industrial enterprises with the help of highly efficient, economically justified sorption material based on chitosan and semi-rigid polyurethane foam and a technological process of its production. Sorption material using crushed chitosan soluble in acid in amount of 30% of total weight and elastic polyurethane foam PPUel-30-HC has optimal absorption capacity of ~ 14.0 g/g at weight ratio of sorption material components A: B: chitosan = 1: 0.6: 0.48. The environmental friendliness of the developed sorption material is confirmed by the possibility of its repeated use up to 19 times after squeezing the absorbed product without significant changes in oil capacity. Disclosed is a technological scheme for producing a developed sorbent named Grinsorb X and a method for eliminating oil spills using it.

*Keywords:* sorption material, chitosan, polyurethane foam, oil.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-6-165-173

EDN: AWFDKR

### REFERENCES

1. *Kil'deeva, N. R.* Poluchenie materialov medicinskogo naznacheniya iz rastvorov biosovmestimyh polimerov / N. R. Kil'deeva, L. S. Gal'brajkh, G. A. Vihoreva // Himicheskie volokna. – 2005. – № 6. – S. 21–24.
2. *Gorovoj, L.F., Kosyakov V.N.* Sorbcionnye svojstva hitina i ego proizvodnyh: hitin, ego stroenie i svojstva. – M.: Nauka, 2002. – C. 217–246.
3. *Nemcev, S.V.* Kompleksnaya tekhnologiya hitina i hitozana iz panciry rakoobraznyh / S.V. Nemcev. M.: VNIRO, 2006. – 134 s.
4. *Gil, G.* Selective antimicrobial activity of chitosan on beer spoilage bacteria and brewing yeasts / G. Gil, S. Del Monaco, M. Galvagno // Biotechnology letters. 2004. Vol. 26. P. 571–574.
5. *Bykova, V.M.* Primenenie hitozana v lechebnoj kosmetike / V.M. Bykova, L.I. Krivosheina, O.I. Glazunov, E.A. Ezhova // Materialy Sed'moj Mezhdunarodnoj konf. «Novye dostizheniya, v issledovanii hitina i hitozana». – M.: VNIRO, 2003. – S. 231–233.
6. Informaciya o hitine i hitozane, ego ispol'zovanii. – URL: <http://vostokbor.com/product/23820> (data obrashcheniya 28.01.23 g.).
7. Otchet Mezhdedomstvennogo nauchnogo soveta po radiohimii. Rossijskaya akademiya nauk, Federal'noe agentstvo po atomnoj energii. – M., 2006. – URL: [http://radiochem.ru/ai/282/file/otchet\\_2005.pdf](http://radiochem.ru/ai/282/file/otchet_2005.pdf) (data obrashcheniya 14.01.23g.).
8. *Younis Alaa Eldin Mohamed.* Application of chitosan as a sorbent of heavy metal ions in the water processing // Estestvennye nauki – AGU.2009. № 2 (27). P. 156–162.
9. Production of chitosan and its used as sobpent/ Alaa Eldin M. Younis, M.D. Mukatova // POS 1-30 - EUCHIS 2009 – 9th International Conference of the European Chitin Society, Venice, Italy, 23–26 May 2009. R. 8 – 9.
10. *Mukatova, M.D.* Biologically active substances of freshwater crustacean, methods of extraction and prospects of use / M.D. Mukatova, A.M. Younis, A.V. Privezentzev // 14th European congress on biotechnology. Barcelona, Spain 13-16 September, 2009. P. 12–13.
11. *Tatarinov, P.V.* Celevaya funkcional'naya modifikaciya hitozana / P.V. Tatarinov, A.E. Mochalova, L.I. Bazhan, L. A. Smirnova, I.V. Bodrikov // Tez. dokladov 11-oj nauchno-tekhnicheskoj konf. «Perspektivy razvitiya himii i prakticheskogo primeneniya aliciklicheskih soedinenij». – Volgograd, 2008. – S. 78.
12. *Chervoneckij D.V., Bratskaya S.Yu., Avramenko V.A., Sergienko V.I.* Sposob ochistki vody i kompleksnyj



- flokulyant dlya osushchestvleniya sposoba: Pat. № 2253625 (RF). 2005.
13. Avramenko V.A., Bratskaya S.Yu., Zheleznov V.V., Sergienko V.I., Filippova I.A., Yudakov A.A., Yuhkam A.A. Sposob ochistki vod ot nefteproduktov: Pat. № 2279405 (RF). 2006.
  14. Seliverstov, A.F. Sorbcionnoe vydelenie aktinidov iz nejtral'nyh i shchelochnyh rastvorov hitinsoderzhashchimi materialami / A.F. Seliverstov, I.G. Tananaev, B.G. Ershov // Tez. dokl. 4–oj Rossijskoj konf. Radiohimiya 2003. – Ozersk, 2003. – S. 18–22.
  15. Makarevich N.A., Palamarchuk I. A., Bojcova T.A. Sposob ochistki ligninsoderzhashchih stochnyh vod cellyulozno-bumazhnoj promyshlennosti rastvorami hitozana: Pat. № 2355646 (RF). 2009.
  16. Avramenko V.A., Bratskaya S.Yu., Zheleznov V.V., Sergienko V.I., Filippova I.A., Yudakov A.A., Yuhkam A.A. Sposob ochistki vod ot nefteproduktov: Pat. № 2279405 (RF). 2006.
  17. Muhammed, A.E. Hitin iz panciryа rechnyh rakov v kachestve sorbenta dlya ochistki vodoemov ot neftyanyh zagryaznenij / A.E. Muhammed, M.D. Mukatova // Materialy 54-j konf. PPS, posvyashch. 80-letiyu osnovaniya AGU, Astrahan'. 2010. – S. 122.
  18. Taranovskaya E.A., Sobgajda N.A. Ochistka stochnyh vod ot nefteproduktov s primeneniem hitozana // Materialy X Mezhdunar. nauch-prakt. konf. «Ekologoppravovye i ekonomicheskie aspekty ekologicheskoy bezopasnosti regionov». – Har'kov, 2015. – S. 53-54.
  19. Kuen Thi Kuin' An'. Sorbent na osnove hitozana i penopoliuretana dlya ochistki vodnyh sred ot ionov metallov i krasitelej / Kuen Thi Kuin' An', L.A. Zenitova, Ngo Hong Ngia // Butlerovskie soobshcheniya. – 2020. – T 63. – № 8. – S. 11-17.

---

*Kuen Thi Kuyin An, Postgraduate Student.*

*E-mail: quynhanhmoitruong@gmail.com*

*Lyubov Zenitova, Doctor of Technics, Professor, Head of the Department of Synthetic Rubber Technology.*

*E-mail: liubov\_zenitova@mail.ru*

*Alsu Dautova, Candidate of Technics, Associate Professor at the Machines and Apparatus for Chemical Production Department, Nizhnekamsk Institute of Chemical Technology.*

*E-mail: alsu\_5572@mail.ru*