

**О. Г. Горовых<sup>1</sup>, А. А. Боровик<sup>2</sup>, Б. А. Альжанов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Филиал ИППК Университета гражданской защиты МЧС Беларуси*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный экономический университет*

<sup>3</sup>*ТОО «SEMSER Ort - Sondirushi» РК*

## **ПОЛУЧЕНИЕ НЕФТЕСОРБЕНТА НА ОСНОВЕ ВОЛОСКОВ ГИНОФОРА ЛЕТУЧЕК РОГОЗА**

*Аннотация.* Приведены данные по основным показателям, предъявляемым к нефтесорбентам, применительно к сорбенту на основе волосков гинофора летучек рогоза: сорбционная емкость, которая составляет для нефти и нефтепродуктам от 17 до 45 г сорбата/г сорбента; плавучесть, составляющая в нативном виде более 100 дней, а в насыщенном нефтью состоянии более 120 дней; возможность регенерации, с количество циклов отжима более 50 раз. Представлена технологическая цепочка получения нефтесорбента на основе волосков гинофора летучек рогоза, которая включает: посев рогоза, рекомендации по сбору початков и отделению волосков гинофора летучек рогоза от стебля, для чего предлагается применять дозревание початков на открытом воздухе. Приведена схема экспериментальной установки конвективной сушилки. Сущность используемого метода заключалась в фиксировании температуры и относительной влажности сушильного агента на входе и на выходе из слоя материала, подвергающегося сушке, через определенные интервалы времени. С помощью этих параметров проводился расчет влагосодержание материала и скорости сушки в различные периоды процесса сушки. Сушка волосков гинофора летучек рогоза проводилась при постоянной скорости потока воздуха ( $v_{\text{воз}}=0,42$  м/с), со начальными параметрами сушильного агента – воздуха: температура  $t_{\text{в}} = 50$  °С, относительная влажность  $\phi_{\text{в}} = 12$  %. Волоски гинофора летучек рогоза помещали в сушилку в специально изготовленном сетчатом приспособлении. Установлено, что при температуре сушильного агента 50 °С, высушивание пуха до равновесной влажности может быть достигнуто при соответствующей загрузке влажного сорбента в сушильную камеру и обеспечении массообмена не менее чем за 30 минут. Такая технология сушки позволяет обеспечить возможность длительного хранения нефтесорбента на основе волосков гинофора летучек рогоза без его разложения под воздействием микроорганизмов и упакованного под вакуумом.

*Ключевые слова:* разливы нефти, нефтесорбент, волоски гинофора летучек рогоза, сушка волокнистых сорбентов, технология получения природных нефтесорбентов.

*Введение.* Разливы нефти и нефтепродуктов (далее НП), возникающие при транспортировке, переработке и использовании нефти (НП) имеют место во всех странах мира. Эти аварии (разливы) могут носить как мировой (разливы нефти в Мексиканском заливе), так региональный и локальный характер. В 2019 году только в России произошло 17 171 авария с разливами нефти на предприятиях топливно-энергетического комплекса. 2020 год также отмечен серьезными разливами нефти (НП). Масштабная авария с разливом 60 тонн дизельного топлива произошла 20 мая 2020 года на одном из дочерних предприятий Норникеля. Общая площадь загрязнения от этого разлива составила 180 тыс. м<sup>2</sup>, при этом в грунт попало около 6 тыс. тонн топлива, а в воду - 15 тыс. тонн. Ущерб природе оценен в 150 миллиардов рублей [1]. Анализ последствий аварийных разливов нефти (АРН) показал, что экологическое состояние окружающей среды в области разливов нефти значительно ухудшается [2–4]. Например, предельно допустимая концентрация вредных веществ в водных объектах в районе разлива дизельного топлива в Норильске превышена в десятки тыс. раз. Экологи считают, что в

результате этого разлива пострадают почти 40 видов рыб, среди которых лососевые, сиговые, сибирский осетр и хариус. По разным оценкам, из разлитого в Норильске топлива собрано лишь несколько сотен тонн (тысячные доли от общего объема утечки) [5].

На сегодняшний день предложено много способов очистки воды от попавшей в нее нефти (НП). Большинство из них являются дорогостоящими, сложными в исполнении, требуют дефицитных реагентов (сорбентов, биодеструкторов, диспергантов) и обученных операторов, кроме того, часть этих реагентов является эконесовместимыми и трудно поддающимися утилизации. Поэтому интерес к использованию недорогих, эффективных сорбентов, обеспечивающих необходимую скорость и качество очистки водной среды от нефти (НП), не ослабевает.

Авторами был разработан новый сорбента на основе волосков гинофора летучек рогоза (далее пух рогоза) – природного олеофильного гидрофобного материала [6], позволяющий решать такие задачи как: ликвидация загрязнений без экологического ущерба, блокировка нефтяных загрязнений в минимальные сроки, предупреждение дальнейшего распространения нефти (НП), механизация процесса сбора отработавшего нефтесорбента ВОПР с поверхности водных объектов.

По этим показателям пух рогоза превосходит другие природные сорбенты на основе целлюлозосодержащих материалов, таких как торф, мох, солома, шелуха риса, гречихи, древесные опилки и т.д.

Сорбционная емкость пуха рогоза составляет от 17 до 45 г сорбата/г сорбента при проведении испытаний по п. 9.3.2. ГОСТ 33627–2015 (статические условия), у других природных сорбентов на основе целлюлозы данный показатель в основном находится в интервале 4,5 – 7 г сорбата/г сорбента. Плавуемость пуха рогоза в нативном виде превышает 100 дней, в насыщенном нефтью состоянии более 120 дней [7]. Сорбент на основе пуха рогоза можно регенерировать отжимом, причем количество циклов отжима составляет более 50 раз [8]. Отжатый после проведения ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов пух рогоза можно утилизировать биологическим методом.

*Цель данной работы* – представить технологическую цепочку получения нефтесорбента из природного материала пуха початков рогоза.

#### *Основная часть*

1. Подготовка площадки, посев рогоза или использование дикорастущего рогоза.

Рогозы узколиственный и широколистный (*Typha latifolia* и *Typha angustifolia*) (рис.1) относятся к хозяйственно ценным ресурсообразующим высшим водным видам растений озерной растительности. Так как этот многолетник размножается преимущественно вегетативно и только в небольшой степени семенами, то для его посадок можно использовать обводненные земельные участки с предварительно вырытыми канавами глубиной 30–50 см. Рогоз легко культивируется в мелководных водоемах.



Рисунок 1 – Заросли рогоза в Борисовском районе Минской области

В связи с отсутствием на сегодняшний день специализированных сельскохозяйственных машин и механизмов пригодных для выращивания рогоза, первые посадки можно осуществлять вручную, заглубляя корневища в землю на 15 см. В последующие годы он будет интенсивно разрастаться вегетативно и дополнительных посадок не потребуется. Учитывая высокую морозостойкость рогоза, отпадает необходимость в проведении дополнительных операций по утеплению и предохранению его корневищ. При планируемом ежегодном разливе пяти тонн нефти (НП) для ЛАРН будет достаточно при однократном применении 500 кг пуха рогоза (для механизированных работ приняли уменьшенную сорбционную емкость в пределах 10 кг/кг), тогда как при 5-ти кратной регенерации необходимо только 100 кг сорбента на основе пуха рогоза. При посеве рогоза широколистного, урожайность сырой надземной фитомассы которого достигает – 115 т/га [8], собрать початки рогоза можно в количестве 10 т/га, тогда 100 кг пуха рогоза можно собрать с площади 10000 м<sup>2</sup> (1 га).

### 2. Сбор початков рогоза (ручной или механизированный способ).

Средняя масса початка рогоза узколистного составляет примерно 70 г. Поэтому для сбора 100 кг пуха рогоза необходимо собрать около 1500 штук початков, что вполне возможно сделать в течение одной рабочей смены пятью работниками. Поэтому при наличии богатых природных зарослей или искусственных посадок можно обойтись без механизированных сборщиков. При необходимости сборку початков рогоза возможно проводить, используя жатками типа жаток для сбора початков кукурузы, проведя их небольшую необходимую модернизацию. Жатка позволяет скосить всю биомассу на расстоянии минимально 40 см от водной поверхности с необходимостью последующего отбора (рассортировки) початков рогоза от всей скошенной биомассы.

### 3. Отделение пуха рогоза от стебля.

Проведенные исследования показали, что при конвективной сушке пуха рогоза в початках в течение 164 минут влагосодержание пуха снижается от 1,48 до 1,0 кг<sub>воды</sub>/кг<sub>сух.м</sub>. Ориентировочные расчеты говорят о том, что приблизиться к состоянию равновесия ( $W_{рав} = 0,11$  кг<sub>воды</sub>/кг<sub>сух.м</sub>) между пухом в початках и окружающим воздухом возможно в том случае, если проводить сушку в течение 7,68 часов, что практически и экономически нецелесообразно.

Поэтому перед проведением сушки необходимо отделить пух рогоза от стебля. Трудоемкость отделения пуха от стебля зависит от степени созревания семян. При полном созревании семян пух самопроизвольно отделяется от початка. При сборе еще не созревших початков, необходимо использовать специальный отделитель или обеспечить дозревание початков (рис. 2).



Рисунок 2 – Созревание початков рогоза на открытом воздухе

#### 4. Сушка волосков околоцветника початков рогоза.

Выпускаемые промышленностью природные нефтяные сорбенты обычно могут храниться в течение длительного периода. Например, производители сорбент «Ньюсорб» (основа – сфагновый торф) и производители сорбента «Сорбойл» (торфяная основа) заявляют о возможности их хранения неограниченное время [9].

Для обеспечения длительного хранения нефтесорбента на основе пуха рогоза необходимо снизить его влажность до величины, при которой развитие на нем микроорганизмов, плесени, грибов и других нежелательных живых объектов становится невозможным или крайне медленным. При сборе початков рогоза его пух имеет высокую влажность. Хранение невысушенного пуха рогоза приводит к появлению моли и черной плесени. Для возможности длительного хранения сорбента на основе пуха рогоза необходимо удалить излишки влаги сушкой. Удаление влаги всего до 20 % уже снижает скорость биохимических реакций и активность ферментов, а при влагосодержании 10–14 % деятельность ферментов полностью прекращается, то есть останавливаются внутриклеточные процессы, ведущие к разложению действующих веществ. Кроме того, уменьшение в растительной массе влаги приводит к задержке и прекращению развития в ней различных плесневых грибов и микроорганизмов, которые также снижают качество сырья. Для большинства видов растительного сырья допустимый предел влажности обычно составляет 12–15 %. Минимум влажности, при котором возможно развитие бактерий, 25–30%. Менее требовательны к влаге плесневые грибы. Они развиваются на субстратах и при 10–15% влажности (особенно пеницилловые и аспергилловые плесени).

Так как пух рогоза ранее в качестве нефтесорбента не применялся, технологии его сушки в литературе отсутствуют. Причем известно, что с увеличением температуры сушки снижается плавучесть сорбента, хотя и несколько увеличивается его сорбционная емкость. Снижение плавучести при температурном воздействии связано с частичным разрушением защитного воскового гидрофобного слоя, находящегося на поверхности отдельных волосков гинофора.

Кроме того, сушку необходимо провести до состояния, когда отдельные волоски гинофора не ломаются и не перетираются в порошок, так как это приводит к снижению сорбционной емкости, т.е. волоски должны оставаться достаточно упругими.

Механизм перемещения влаги внутри материала очень сложный, поэтому чаще всего для решения технических проблем необходимо использовать внешние параметры процесса сушки, которые легко можно контролировать. В этом случае полученные результаты имеют более высокую надежность при расчете процессов сушки и сушильных аппаратов. К внешним параметрам сушки относятся температура, скорость движения и влагосодержание сушильного агента. Кинетику конвективной сушки початков рогоза определяли по методу, описанному в [10]. Сущность используемого метода заключается в фиксировании температуры и относительной влажности сушильного агента на входе и на выходе из слоя материала, подвергающегося сушке, через определенные интервалы времени. С помощью этих параметров проводится расчет влагосодержание материала и скорости сушки в различные периоды процесса сушки. Исследования проводились в конвективной сушилке, схема которой представлена на рис. 3. Конвективная сушилка работает следующим образом. Атмосферный воздух подается воздуходувкой 4 через ротаметр 5 в калорифер 6, а затем через трёхходовой кран 8 в корпус сушилки 1. Температура воздуха на входе в сушилку контролируется термометром 7. После прогрева установки до заданной температуры воздух с помощью трёхходового крана 8 направляется в атмосферу, в корпус сушилки на опорную решетку 2 размещаются початки рогоза. Затем с помощью крана 8 нагретый воздух подается в сушилку, и начинается сушка. В процессе сушки через определенные промежутки времени фиксировалась температура и относительная влажность воздуха на входе и выходе из слоя початков с помощью и термогигрометров 9 – 10, подключенных к датчикам 11 – 12. Температура початков контролировалась с помощью термометра 13.

Исследования кинетики сушки проводили при постоянной скорости потока воздуха ( $v_{\text{воз}}=0,42$  м/с), рассчитанной на полное сечение сушилки диаметром 0,072 м. Начальные параметры сушильного агента – воздуха: температура  $t_{\text{в}} = 50$  °С, относительная влажность  $\phi_{\text{в}} = 12$  %. Пух рогоза помещался в сушилку в специально изготовленном сетчатом приспособлении. Незначительным изменением сопротивления движению воздуха в сушилке при использовании приспособления можно пренебречь. Проведенные исследования показали, что при температуре сушильного агента 50 °С, высушивание пуха до равновесной влажности может быть достигнуто, при соответствующем загрузке влажного сорбента в сушильную камеру и обеспечении массообмена, не менее чем за 30 минут.

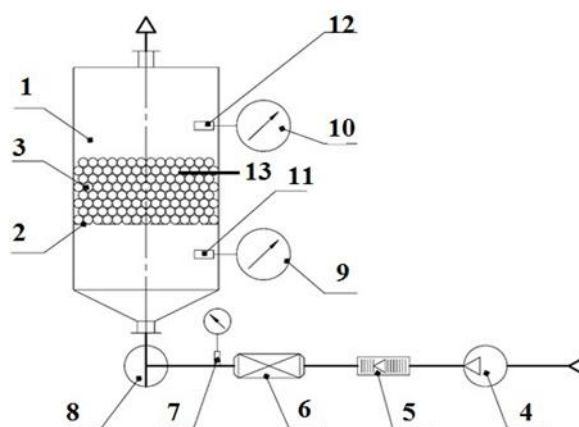


Рисунок 3 – Схема экспериментальной установки конвективной сушки  
 1 – корпус сушки, 2 – опорная решетка, 3 – початки рогоза, 4 – воздуходувка, 5 – ротаметр, 6 – калорифер, 7 – термометр, 8 – кран шаровой, 9, 10 – термогигрометры, 11, 12 – датчики термогигрометров, 13 – термометр.

#### 5. Упаковка под вакуумом.

Несмотря на то, что высушенный до равновесной влажности пух рогоза может длительное время храниться, упаковка под вакуумом не только предохранит сорбент от нежелательных изменений, но значительно снизит габаритные размеры транспортируемого сорбента не менее чем в 15 раз.

6. Хранение в упакованном виде под навесом или в ангаре не менее 7 лет.

#### *Выводы*

Получение сорбента на основе пуха рогоза включает в себя следующие операции:

1. Подготовка площадки и посев рогоза или сбор дикорастущего рогоза.
2. Сбор початков рогоза: ручной или механизированный способ.
3. Отделение пуха рогоза от стебля.
4. Сушка пуха рогоза.
5. Упаковка под вакуумом.
6. Хранение в упакованном виде под навесом или в ангаре.

#### Список литературы

1. Нефтяные аварии случаются каждые полчаса: исследование реальных масштабов загрязнений природы Компромат групп. // [Электронный ресурс]. URL: <https://compromat.group/main/investigations/35283.htm> (дата обращения: 01.10.2020).
2. Бессонов, В. Ю. Оценка загрязнения судоходных рек при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов из танкеров: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.17 / В. Ю. Бессонов. – Новосибирск, 2012. – 124 с.
3. Clark, R. B. Marine pollution / R. B. Clark. – 3rd ed. – Oxford: Clarendon Press, 1996. – XII, 172 p.
4. Delvigne, G. A. L. Natural dispersion of oil / G. A. L. Delvigne, C. E. Sweeney // Oil a. Chem. Pollution. – 1988. – Vol. 4, № 4. – P. 281–310.
5. Крупнейшая катастрофа в Арктике: что случилось в Норильске, где объявили ЧС из-за разлива нефтепродуктов. // Новости TUT.BY, 4 июня 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.by/turbo/s/news.tut.by/world/687438.html> (дата обращения: 2.08.2020).

6. Горовых, О. Г., Альжанов Б. А. Волоски околотцветника початков рогоза как природный сорбент нефти и нефтепродуктов. / О. Г. Горовых, Б. А. Альжанов // «Наука и Мир». - 2019. - № 4 (68), апрель. – С. 51–57.
7. Горовых, О. Г. Природный нефтесорбент для ликвидации аварийных разливов нефти и механизм его сорбции / О. Г. Горовых, Р. М. Джумагалиев, Б. А. Альжанов // Вестник Кокшетауского технического института. – 2020. – № 3. – С. 4-12.
8. Гигевич, Г.С. Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана / Г. С. Гигевич, Б. П. Власов, Г. В. Вынаев. – Минск: Белорус. гос. ун-т, 2001. – 230 с.
9. Сорбент торфяной для удаления нефтепродуктов «Сорбойл» ТУ 0392-021-00-493929-2005.
10. Протасов, С. К., Матвейко, Н. П., Боровик, А. А. Исследование кинетики сушки слоя капиллярно – пористого дисперсного материала. / С. К. Протасов, Н. П. Матвейко, А. А. Боровик // Химическая промышленность. - 2019. - № 2. – С.87–94.

#### References

1. Neftyanye avarii sluchayutsya kazhdye polchasa: issledovanie real'nyh masshtabov zagryaznenij prirody Kompromat grupp. // [Elektronnyj resurs]. URL: <https://compromat.group/main/investigations/35283.htm> (data obrashcheniya: 01.10.2020.).
2. Bessonov, V. Yu. Otsenka zagryazneniya sudohodnykh rek pri avariynnykh razlivakh nefi i nefteproduktov iz tankerov: dis. ... kand. tehn. nauk : 05.22.17 / V. Yu. Bessonov. – Novosibirsk, 2012. – 124 s.
3. Clark, R.B. Marine pollution / R.B. Clark. – 3rd ed. – Oxford : Clarendon Press, 1996. – XII, 172 p.
4. Delvigne, G.A.L. Natural dispersion of oil / G. A. L. Delvigne, C. E. Sweeney // Oil a. Chem. Pollution. – 1988. – Vol. 4, No. 4. – Pp. 281–310.
5. Krupneyshaya katastrofa v Arktike: chto sluchilos v Noril'ske, gde ob'yavili ChS iz-za razliva nefteproduktov. Novosti TUT.BY, 4 iyunya 2020. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://yandex.by/turbo/s/news.tut.by/world/687438.html> (data obrashcheniya: 2.08.2020).
6. Gorovyih, O. G., Alzhanov B. A. Voloski okolotsvetnika pochatkov rogoza kak prirodnyiy sorbent nefi i nefteproduktov. / O. G. Gorovyih, B. A. Alzhanov // «Наука и Мир». - 2019. - № 4 (68), апрель. – С. 51–57.
7. Gorovyih, O. G. Prirodnyiy neftesorbent dlya likvidatsii avariynnykh razlivov nefi i mehanizm ego sorbtsii / O. G. Gorovyih, R. M. Dzhumagaliev, B. A. Alzhanov // Vestnik Kokshetauskogo tehnikeskogo instituta. – 2020. – № 3. – С. 4-12.
8. Gigevich, G. S. Vysshie vodnyie rasteniya Belarusi: ekologo-biologicheskaya harakteristika, ispolzovanie i ohrana / G. S. Gigevich, B. P. Vlasov, G. V. Vyinaev. – Minsk: Belarus. gos. un-t, 2001. – 230 s.
9. Sorbent torfyanoy dlya udaleniya nefteproduktov «Sorboyl» ТУ 0392-021-00-493929-2005.
10. Protasov, S. K., Matveyko, N. P., Borovik, A. A. Issledovanie kinetiki sushki sloya kapillyarno – poristogo dispersnogo materiala. / S. K. Protasov, N. P. Matveyko, A. A. Borovik // Himicheskaya promyshlennost. - 2019. – № 2. – С.87–94.

О. Г. Горовых<sup>1</sup>, А. А. Боровик<sup>2</sup>, Б. А. Эльжанов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Белоруссия ТЖМ АҚУ ҚДЖБАИ Бөлімшесі

<sup>2</sup>Беларуссия мемлекеттік экономикалық университет

<sup>3</sup>ЖШС «SEMSER Ort - Sondirushi» ҚР

## РОГОЗ ҰШТАРЫНЫҢ ГИНОФОРЫНЫҢ ТҮКТЕРІ НЕГІЗІНДЕ МҰНАЙ СОРБЕНТІН АЛУ

*Аңдатпа.* Қоға ұшпаларының гинофор түктері негізіндегі сорбентке қатысты мұнай сорбенттеріне қойылатын негізгі көрсеткіштер бойынша деректер келтірілген: мұнай мен мұнай өнімдері үшін сорбенттің 17-ден 45 г дейінгі сорбат/г болатын сорбциялық сыйымдылық; қалқымалық қабілеті табиғи түрде 100 күннен астам болса, ал мұнаймен қаныққан күйде 120 күннен асады; регенерация мүмкіндігі: айналдыру циклдерінің саны 50 реттен асады. Қоға ұшпаларының гинофор түктері негізінде мұнай сорбентін алудың технологиялық тізбегі ұсынылған, олар келесілерді қамтиды: қоғаны егу, собықтарды жинау және қоға ұшпаларының гинофор түктерін сабақтардан бөлу бойынша ұсыныстар, ол үшін собықтарды ашық ауада пісіп жетілдіруді қолдану ұсынылады. Конвективті кептіргіштің тәжірибелік қондырғысының сызбасы келтірілген. Қолданылған әдістің мәні кептіру агентінің температурасы мен салыстырмалы ылғалдылығын белгілі бір уақыт аралығында кептіруге жататын материал қабатына кіру және шығу кезінде бекіту болған еді. Бұл параметрлер материалдың ылғалдылығын және кептіру процесінің әр түрлі кезеңдеріндегі кептіру жылдамдығын есептеу үшін пайдаланылды. Қоға ұшпаларының гинофор түктерін кептіру ауа ағынының тұрақты жылдамдығында ( $v_{\text{воз}}=0,42$  м/с), кептіру агенті – ауаның бастапқы параметрлерімен жүзеге асырылды: температура  $t_v = 50^\circ\text{C}$ , салыстырмалы ылғалдылық  $\varphi_v = 12\%$ . Қоға ұшпаларының гинофор түктері кептіргішке арнайы жасалған торлы құрылғыға орналастырылды. Кептіру агентінің температурасы  $50^\circ\text{C}$  болған кезде ылғалдылықты тепе-теңдікке дейін құрғатуға кептіру камерасына дымқыл сорбентті тиеу және кем дегенде 30 минут ішінде массаның берілуін қамтамасыз ету арқылы қол жеткізуге болатындығы анықталды. Мұндай кептіру технологиясы микроағзалардың әсерінен ыдырамай және вакуум астында оралған қоға ұшпаларының гинофор түктерінің негізінде мұнай сорбентін ұзақ уақыт сақтау мүмкіндігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

*Түйінді сөздер:* мұнайдың төгілуі, мұнай сорбенті, қоға ұшпаларының гинофор түктері, талшықты сорбенттерді кептіру, табиғи мұнай сорбенттерін алу технологиясы.

O. G. Gorovykh<sup>1</sup>, A. A. Borovik, B. A. Alzhanov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Branch of the IRAT CPU of the Ministry of Emergencies of Belarus

<sup>2</sup>Belarusian State Economic University; <sup>3</sup>«SEMSER Ort – Sondirushi» LLP, RK

### PREPARATION OF AN OIL SORBENT BASED ON THE HAIRS OF THE FLY CATTAIL GYNOPHORE

*Abstract:* The data on the main indicators for oil sorbents in relation to the sorbent based on gynophore hairs of cattail fly are presented: sorption capacity, which for oil and oil products is from 17 to 45 g of sorbate / g of sorbent; buoyancy, which in its native form is more than 100 days, and in an oil-saturated state for more than 120 days; the possibility of regeneration, with the number of spin cycles more than 50 times. A technological chain for obtaining an oil sorbent based on hairs of gynophore of cattail fly is presented, which includes: sowing of cattail, recommendations for collecting ears and separating the hairs of gynophore of cattail fly from the stem, for which it is proposed to use the ripening of ears in the open air. A diagram of the experimental installation of a convective dryer is presented. The essence of the method used was to record the temperature and relative humidity of the drying agent at the inlet and outlet of the material layer being dried at certain time intervals. These parameters were used to calculate the moisture content of the material and the drying rate at different periods of the drying process. Drying of gynophore hairs of cattail fly was carried out at a constant air flow velocity ( $v_{\text{air}} = 0.42$  m/s), with the initial parameters of the drying agent - air: temperature  $t_v = 50^\circ\text{C}$ , relative humidity  $\varphi_v = 12\%$ . The hairs of the gynophore of cattail fly were placed in a dryer in a specially made mesh device. It has been established that at a drying agent temperature of  $50^\circ\text{C}$ , drying of the down to equilibrium moisture content can be achieved



with an appropriate loading of a wet sorbent into the drying chamber and ensuring mass transfer in at least 30 minutes. This drying technology makes it possible to provide the possibility of long-term storage of an oil sorbent based on gynophore hairs of cattail fly without its decomposition under the influence of microorganisms and packed under vacuum.

*Keywords:* oil spills, oil sorbent, gynophore hairs of cattail fly, drying of fibrous sorbents, technology for obtaining natural oil sorbents.

#### **Авторлар туралы мәлімет/ Сведения об авторах/ Information about the authors**

*Ольга Геннадьевна Горовых* - техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Беларусь Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігі Азаматтық қорғау университетінің кадрларды қайта даярлау және біліктілігін арттыру институтының арнайы дайындық бөлімі кафедрасының профессоры. Минск облысы, Борисов қ., Революция даңғылы 6, 2-пәтер. E-mail: olgreda@tut.by

*Андрей Александрович Боровик* - техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Беларусь мемлекеттік экономикалық университетінің материалдар және өндірістік технологиялар физикохимиясы кафедрасының доценті. Беларусь, Минск, Великоморская көшесі, 10-үй, 6-пәтер. E-mail: borovickandrey@yandex.by

*Бауржан Алтысұлы Алжанов* - «SEMSER Ort-Sondirushi» ЖШС бас директорының орынбасары. Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ. Алматы ауданы VIP қалашығы, 7. E-mail: Alzhanov73@mail.ru

*Горовых Ольга Геннадьевна* - кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры специальной подготовки. Филиал Институт переподготовки и повышения квалификации Университета гражданской защиты МЧС Республики Беларусь. Беларусь, Минская область, Борисов, проспект Революции 6, кв 2. E-mail: olgreda@tut.by

*Боровик Андрей Александрович* - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физикохимии материалов и производственных технологий Белорусского государственного экономического университета. Беларусь, Минск, ул. Великоморская, д.10, кв. 6. E-mail: borovickandrey@yandex.by

*Алжанов Бауржан Алтысович* - заместитель генерального директора ТОО «SEMSER Ort - Sondirushi». Казахстан, Нур-Султан, район Алматы, ул. VIP-городок, 7. E-mail: Alzhanov73@mail.ru

*Gorovykh Olga Gennadiyevna* - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Special Training Branch Institute of Retraining and Advanced Training of the University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus. Minsk region, Borisov city, Revolution Avenue 6, apartment 2. E-mail: olgreda@tut.by

*Borovik Andrey Aleksandrovich* - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Chemistry of Materials and Production Technologies of the Belarusian State Economic University. Minsk city, Velikomorskaya Street, 10, apartment 6. E-mail: borovickandrey@yandex.by

*Alzhanov Baurzhan Alpysovich* - deputy General Director of SEMSER Ort - Sondirushi LLP. Kazakhstan, Nur-Suitan, Home 7 district Almaty, VIP township St. E-mail: Alzhanov73@mail.ru

