

## **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ. ОХРАНА ТРУДА**

УДК 665.6:661.183:502:504

### **ПОЛУЧЕНИЕ СОРБЕНТА ДЛЯ СБОРА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ИХ РАЗЛИВАХ ПУТЕМ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

*канд. хим. наук, доц. С.Ф. ЯКУБОВСКИЙ;  
канд. техн. наук, доц. Ю.А. БУЛАВКА, Е.И. МАЙОРОВА  
(Полоцкий государственный университет)*

*Установлена возможность ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов с твердой поверхности с использованием сорбента на основе отходов агропромышленного комплекса (шелухи (лузги) ячменной, околоплодников редьки, околоплодников (скорлупы) арахиса). Изучена сорбционная способность отходов агропромышленного комплекса по отношению к нефти и нефтепродуктам с различной плотностью. Выполнен сравнительный анализ предлагаемых образцов с промышленными аналогами. Перспективно и экономически целесообразно направление утилизации отходов агропромышленного комплекса в качестве сорбента в технологических процессах удаления нефти и нефтепродуктов при их аварийных разливах благодаря низкой стоимости и широкой сырьевой базе, достаточной нефтеемкости, возможности использования насыщенных углеводородами сорбентов без повторного загрязнения окружающей среды.*

**Ключевые слова:** нефть, нефтепродукт, сорбент, отходы агропромышленного комплекса.

**Введение.** Изучение и разработка технологий локализации и ликвидации аварийных ситуаций, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов является важной задачей экологической безопасности, актуальной в современных условиях безопасности деятельности человека. При разливе и попадании на почву нефть и нефтепродукты вначале растекаются по поверхности, делая ее скользкой, затем мигрируют в нижележащие слои, создавая угрозу попадания в водоносные слои грунтовых вод. Высокомолекулярные нефтяные углеводороды при аварийных разливах заполняют все поры почвенного покрова, обволакивают корни растений, лишая почву и растения свободного влагообмена и дыхания, что приводит к полной деградации биоценоза, появляется радужная пленка, увеличивается гидрофобность почв, ухудшается ее аэрация, ароматические углеводороды значительно угнетают рост высших растений [1–3]. При этом ухудшается плодородие почв, возрастает отношение C:N, ухудшается азотный режим, уменьшается кислотность почвенного раствора, увеличивается содержание органического вещества, что ведет к нарушению естественного почвообразования. Аварийное загрязнение почвы вызывает изменение растительного покрова, уменьшает видовое разнообразие растений или вызывает их полное уничтожение. У растений замедляется рост, нарушаются функции фотосинтеза и дыхания, изменяется структура хлоропластов, в значительной мере страдают корневая система, листья, стебли, репродуктивные органы.

Нефтяные углеводороды вызывают массовую гибель почвенной мезофауны, более устойчивыми оказываются простейшие [1–3]. Попадая в воду, нефтяные углеводороды мигрирует в различных формах: в виде поверхностной пленки, в эмульгированной форме, растворенной и сорбированной взвешенными веществами, последние оседают на дно, накапливаясь в донных отложениях. Увеличивается риск накопления нефтепродуктов в пищевой цепи водного биоценоза с угрозой здоровью человека при употреблении некачественной рыбы [1–3]. Нефтяная пленка нарушает газообмена в водной среде, изолирует воду от поступления в нее атмосферного кислорода, замедляет фотосинтез и образование кислорода, нарушая биологические процессы самоочистки природной среды. Это приводит к затуханию развития планктонических форм, что сказывается на цепи питания гидробионтов, населяющих водоем, вызывая тем самым ее разрушение. Для водных организмов нефтяные углеводороды являются высокотоксичными веществами и относятся к группе нервнопаралитических ядов [1–12].

Нефть и нефтепродукты могут проявлять хроническую токсичность для водных организмов и привести к изменению численности и ограничению видового разнообразия педобионтов (почвенной мезо- и микрофауны и микрофлоры) [1–13].

Таким образом, попадание нефти и ее компонентов в окружающую среду (воздух, воду или почву) вызывает изменение их физических, химических и биологических характеристик, нарушая протекание естественных биохимических процессов. Ликвидация нефтяных загрязнений не обходится без применения различного рода сорбционных материалов. Нефтяные сорбенты – материалы, способные впитывать в больших количествах нефтепродукты, препятствуя тем самым их миграции в окружающей среде [14].

В качестве сорбентов для утилизации нефтепродуктов используют синтетические, неорганические, органоминеральные и биологические сорбенты [14]. Особый интерес представляет поиск и исследование материалов, обладающих высокими сорбционными характеристиками и имеющих органическую основу. Этот факт особенно важен, так как при решении вопросов утилизации и (или) регенерации сорбентов органического происхождения возможно их рациональное использование, в частности для получения тепловой энергии без вторичного загрязнения окружающей среды. В последние годы активно выполняется поиск в области получения недорогих нефтяных сорбентов для сбора проливов углеводородов.

1. *Применение необработанных растительных отходов.* Например, способ получения нефтяного сорбента на основе необработанной лузги (шелухи) зерен гречихи путем неоднократного ее нанесения на нефтяное пятно на поверхности воды с последующим сбором, в частности с помощью сетки [15]. Однако полученный сорбент характеризуется низкой сорбционной способностью.

2. *Термические способы получения нефтяных сорбентов из растительных ресурсов агропромышленного комплекса,* таких как: карбонизированная лузга зерен гречихи [16]; карбонизированные отходы получения ячменя [17]; карбонизированная рисовая шелуха [18]; карбонизированная лузга зерен риса [19]; продукт пиролиза рисовой шелухи [20]; карбонизированная шелуха подсолнечника [21]; модифицированная и карбонизированная шелуха подсолнечника [22]. Общий недостаток термических способов получения нефтяных сорбентов – необходимость высокотемпературной обработки растительных ресурсов агропромышленного комплекса с целью их перевода в золу либо активированный уголь. Применение данных способов снижает выход сорбента из-за пиролиза и обугливания вторичных растительных ресурсов агропромышленного комплекса и приводит к потере значительной части органической составляющей отходов, которые могут быть источником для получения ряда ценных органических веществ (полисахаридов, пигментов и др.) [23; 24]; кроме того, указанные способы требуют больших энергозатрат и применения энергоемкого дорогостоящего оборудования, зачастую сложного в эксплуатации.

3. *Способы получения нефтяных сорбентов из растительных ресурсов агропромышленного комплекса, основанные на химическом модифицировании сырья,* например, получение сорбентов из скорлупы грецких орехов, обработанных концентрированной соляной кислотой, а затем 33%-ным раствором гидроксида натрия для удаления балластных веществ [25]; из отходов переработки зернового и масличного сырья путем их обработки двуокисью углерода в сверхкритических условиях при температуре 40...60 °С и давлении 10...25 МПа [26]; на основе гречневой шелухи, обработанной в экстрагирующем растворе оксалата аммония либо минеральной кислоты (соляной, серной или азотной кислот) с концентрацией 0,1...0,5 Н при 60...90 °С [27]; из рапса или рапсового жмыха, который подвергают гидролизу 30...50% раствором кислоты, сорбция изучена по ионам металлов [28]. Общими недостатками данных способов является необходимость применения концентрированных кислот и щелочей, химически стойкой аппаратуры, сверхкритических условий, многостадийность процессов, образованием токсичных сточных вод.

Несмотря на имеющиеся в этом направлении разработки, вопросам исследования сбора нефти и нефтепродуктов с различных поверхностей и оценки эффективности применения сорбентов на основе отходов агропромышленного комплекса не уделяется достаточного внимания, что и определило цель настоящего исследования – *получение сорбента для сбора нефти и нефтепродуктов при их разливах путем утилизации отходов агропромышленного комплекса.* При этом снижается стоимость получаемого сорбента за счет использования дешевого сырья (отхода производства), обеспечивается высокая сорбционная способность по нефти и нефтепродуктам, высокий процент выхода готового продукта из исходного сырья.

**Методы исследований.** Для исследования использовались следующие образцы отходов агропромышленного комплекса: шелуха (лузга) ячменная *Hordeum vulgare*, околоплодники редьки масличной *Raphanus* и околоплодники арахиса *Arachis hypogaea*. Исходные образцы подвергались высушиванию до содержания влаги не более 10% масс. и нескольким ступеням дробления: первичное измельчение на дисковой рубительной машине, на втором этапе производилось доизмельчение частиц коры с получением частиц заданного гранулометрического состава до 1,0 мм путем сухого механического размола на мельнице. После измельчения образцы подвергали сухому фракционированию на лабораторных ситах, для исследования выделена фракция 0,25...1 мм. Далее обработка образцов осуществлялась тремя способами:

1) в экстрактор с мешалкой загружали 1 кг сырья, подавали дистиллированную воду, массовое соотношение сырье:вода составило (1:50)...(1:100). Условия процесса: температура (23±2) °С; давление – атмосферное. Время экстракции – 48 ч; перемешивание постоянное. Твердый остаток отфильтровывали на пористом фильтре и высушивали при температуре (103±2) °С до постоянной массы. Выход сорбента составил (% масс.): 82,5 – из шелухи ячменной; 92,3 – из околоплодников редьки; 95,0 – из околоплодников арахиса;

2) в экстрактор с мешалкой, рубашкой (электроподогрев) и холодильником-конденсатором загружали 1 кг сырья, подавали дистиллированную воду, массовое соотношение сырье:вода – (1:50)...(1:100). Условия процесса: температура (100±5) °С; давление атмосферное; время экстракции – 3 часа; перемешивание постоянное. Твердый остаток отфильтровывали на пористом фильтре и высушивали при темпе-

ратуре ( $103 \pm 2$ ) °С до постоянной массы. Выход сорбента составил: 81,1% масс. – из шелухи (лузги) ячменной; 91,2 – из околоплодников редьки и 85,5 – из околоплодников арахиса;

3) в экстрактор с мешалкой, рубашкой (электроподогрев) и холодильником-конденсатором загружали 1 кг сырья, подавали 1...1,5%-ный водный раствор гидроксида натрия, массовое соотношение сырье:раствор гидроксида натрия (1:50)...(1:100). Условия процесса: температура ( $101 \pm 2$ ) °С, давление – атмосферное. Время экстракции – 1 ч, перемешивание – постоянное. Твердый остаток отфильтровывали на пористом фильтре, промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции и высушивали при температуре ( $103 \pm 2$ ) °С до постоянной массы. Выход сорбента составил: 39,5% масс. – из шелухи (лузги) ячменной; 45 – из околоплодников редьки; 56,6 – околоплодников арахиса.

Для полученных продуктов определена адсорбционная емкость по йоду (по ГОСТ 6217) и метиленовому синему (по ГОСТ 4453). Сорбционная способность (нефтеемкость) по отношению к нефти и нефтепродуктам (керосину, дизельному топливу и вакуумному (масляному) дистилляту первого погона) определена по известной методике [29].

**Результаты и их обсуждение.** Наибольший потенциальный выход сорбента из трех предлагаемых способов получен по первому способу – холодной водой экстрагируются в основном такие балластные экстрактивные вещества, как моносахариды, красители, гликозиды. Меньший выход нефтяного сорбента наблюдается при горячей экстракции водой по второму способу, поскольку удаляются кроме моносахаридов, гликозидов также белки, аминокислоты, пектиновые вещества и моноолиго- и полисахариды. Выход нефтяного сорбента на уровне 40...57% масс. из рассматриваемых отходов агропромышленного комплекса отмечен при применении третьего способа, при этом экстрагируемыми веществами разбавленным водным раствором гидроксида натрия будут: смолы, жиры, полифенольные кислоты, лигноминовые вещества, низкомолекулярный лигнин, полисахариды. В таблице 1 представлены обобщенные данные по адсорбционной емкости по йоду и метиленовому синему.

Таблица 1. – Адсорбционная емкость по йоду и метиленовому синему

Наименование сорбента	Адсорбционная емкость			
	в нативном (природном) виде	по способу 1) после холодной экстракции	по способу 2) после горячей экстракции	по способу 3) после щелочной обработки
<i>Адсорбционная емкость по йоду, %</i>				
Околоплодник редьки	24,36	24,78	26,88	28,98
Шелуха ячменная	22,37	22,47	23,52	28,56
Околоплодник арахиса	17,15	19,47	21,00	24,56
<i>Адсорбционная емкость по метиленовому синему, мг/г</i>				
Околоплодник редьки	146,23	195,23	195,61	225,10
Шелуха ячменная	95,11	143,33	180,00	210,00
Околоплодник арахиса	62,50	71,25	159,17	174,17

Адсорбционная активность по йоду характеризует объем микропор (около 1 нм) и, соответственно, способность к сорбции относительно низкомолекулярных органических веществ [30].

Из таблицы 1 видно, что по данному показателю полученные образцы приближаются к энтеросорбентам промышленного производства, например белорусскому энтеросорбенту «Полифам» (адсорбционная активность по йоду составляет 24,16%) и к российскому марки «Полифепан» (29,63%), что свидетельствует о развитии пористой структуры остатков при применении трех предлагаемых способов.

Адсорбционная емкость по метиленовому синему позволяет судить о содержании в сорбенте микропор с размерами эффективных диаметров 1,5...1,7 нм и косвенно характеризует сорбционную способность по отношению к нефтепродуктам [30]. Из таблицы 1 видно, что обработка образцов дистиллированной водой и разбавленной щелочью приводит к формированию дополнительных пор до 1,7 нм. Следует отметить, что по данному показателю сорбенты, полученные по третьему способу из околоплодников редьки и шелухи ячменной более эффективны, чем производимые промышленным способом энтеросорбенты, такие как активированный уголь (210 мг/г) и «Полифепана» (125,8 мг/г).

Сорбционная способность (нефтеемкость) по отношению к нефти и нефтепродуктам (керосину, дизельному топливу и вакуумному (масляному) дистилляту первого погона производства ОАО «Нафтан») представлена в таблице 2.

Анализ сорбционной способности отходов агропромышленного комплекса по отношению к нефти и нефтепродуктам показал:

- при обработке холодной водой по первому способу за счет увеличения объема пор в твердых остатках сорбционная способность увеличивается по нефти в 1,9 раза для околоплодников арахиса, в 3,0 раза – для шелухи ячменной, в 3,7 раза – для околоплодников редьки;

- при обработке горячей водой в результате увеличения объема пор в твердых остатках сорбционная способность повышается по нефти в 2,3 раза для околоплодников арахиса, в 3,2 раза – для шелухи ячменной и в 4,0 раза – для околоплодников редьки;

- в результате щелочной обработки слабым раствором гидроксида натрия увеличение объема пор в твердых остатках приводит к повышению сорбционной способности по нефти в 2,5 раза для околоплодников арахиса, в 4,2 раза – для шелухи ячменной, в 5,5 раза – для околоплодников редьки.

При этом экономически эффективная сорбционная способность сорбентов свыше 3,0 г/г установлена при обработке всеми тремя предлагаемыми способами.

Таблица 2. – Сорбционная способность по отношению к нефти и нефтепродуктам

Наименование сорбента	Нефтеемкость (сорбционная способность), г/г			
	в нативном (природном) виде	по примеру 1) после холодной экстракции	по примеру 2) после горячей экстракции	по примеру 3) после щелочной обработки
<i>Сорбционная способность по отношению к нефти (плотностью 861 г/см<sup>3</sup>)</i>				
Околоплодник редьки	2,42	9,00	9,76	13,25
Шелуха ячменная	3,07	9,26	9,96	12,80
Околоплодник арахиса	2,29	4,55	5,32	5,74
<i>Сорбционная способность по отношению к вакуумному (масляному) дистилляту первого погона (плотностью 886 г/см<sup>3</sup>)</i>				
Околоплодник редьки	2,71	7,89	7,93	15,45
Шелуха ячменная	3,16	7,42	7,68	15,25
Околоплодник арахиса	2,80	3,53	3,86	4,72
<i>Сорбционная способность по отношению к дизельному топливу (плотностью 825 г/см<sup>3</sup>)</i>				
Околоплодник редьки	2,43	7,11	7,65	13,18
Шелуха ячменная	3,00	8,64	7,88	9,68
Шелуха арахиса	2,32	4,75	4,99	4,97
<i>Сорбционная способность по отношению к керосину (плотностью 787 г/см<sup>3</sup>)</i>				
Околоплодник редьки	2,35	7,01	7,53	11,93
Шелуха ячменная	3,06	7,09	7,55	10,43
Околоплодник арахиса	2,34	3,06	3,74	3,86

Благодаря экологической чистоте, широкой сырьевой базе, достаточно высокой нефтеемкости при низкой стоимости (например, цена сорбентов на основе шелухи ячменной может быть от 8 до 338 у.е./т) сорбенты на основе отходов агропромышленного комплекса могут успешно конкурировать с промышленно производимыми аналогами (например, широко применяемого в Беларуси для сбора проливов нефти и нефтепродуктов в нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей промышленности (в частности на ОАО «Нафтан»), в транспортных, железнодорожных и авиакомпаниях, на бензозаправочных станциях сорбента из фрезерного торфа «Белнефлесорб-экстра» (ценой около 400 у.е./т), емкость сорбции по сырой нефти которого, как указывает производитель, до 3 кг загрязнителя на 1 кг сорбента).

**Заключение.** На основе проведенного исследования малозатратным способом получены сорбенты с высокой сорбционной способностью для сбора нефти и нефтепродуктов при их разливах путем утилизации отходов агропромышленного комплекса: шелухи ячменной, околоплодников редьки и арахиса. Предлагаемые сорбенты могут рассеиваться при очистке различных загрязненных поверхностей бетона, асфальта, металлов, грунта (глина, песок) от поллютанта вручную, механическими или пневматическими устройствами, далее собранный конгломерат из пропитанного углеводородами сорбента может подвергаться извлечению нефти (нефтепродукта) компрессионными методами. Остаток может использоваться в качестве топливных брикетов с повышенной теплотворной способностью. Нефлесорбенты из отходов агропромышленного комплекса обладают способностью к биоразложению под действием аборигенных почвенных или искусственно внесенных микроорганизмов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Bulauka, Yu. Oil-sorbents on the basis of vegetable raw materials for collecting oil spill and petroleum products / Yu. Bulauka, E.I. Mayorava, S.F. Yakubouski // Эколого-енергетичні проблеми сучасності : зб. наук. праць всеукраїнської наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, Одеса, 14 квітня 2017 р. – Одеса : Вид-во ОНАХТ, 2017. – С. 9–11.

2. Майорова, Е.И. Нефтяные сорбенты на основе отходов агропромышленного комплекса / Е.И. Майорова, С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка // Системы обеспечения техносферной безопасности : материалы IV Всерос. конф. и школы для молодых ученых (с международным участием). – Таганрог : ЮФУ, 2017. – С. 82–84.
3. Майорова, Е.И. Анализ пористости и сорбционных свойств отходов растениеводства, получение на их основе нефтяных сорбентов / Е.И. Майорова, С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка // Дальневосточная весна – 2017 : материалы 15-й междунар. науч.-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности, Комсомольск-на-Амуре, 5 июня 2017 г. ; редкол.: И.П. Степанова (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2017. – С. 92–95.
4. Булавка, Ю.А. Нефтяные сорбенты на основе местного сырья / Ю.А. Булавка, С.Ф. Якубовский, Е.И. Майорова // Фундаментальные и прикладные исследования в технических науках в условиях перехода предприятий на импортзамещение: проблемы и пути решения : сб. материалов Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием : в 2 т. – Т. 1. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 2015. – С. 309–311.
5. Якубовский, С.Ф. Ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов с использованием сорбента на основе целлюлозосодержащего растительного сырья / С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка, Е.И. Майорова // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций : сб. ст. по материалам IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч., Воронеж, 15–16 дек. 2015 г. : в 2-х ч. Ч. 1 ; Воронеж. ин-т ГПС МЧС России. – Воронеж, 2015. – С. 467.
6. Якубовский, С.Ф. Сорбенты для аварийного разлива нефтепродуктов на основе местного целлюлозосодержащего растительного сырья / С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка, Е.И. Майорова // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации : материалы междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 19–20 мая 2016 г. / М-во по чрезвычай. ситуациям Респ. Беларусь, Гомел. инженер. ин-т ; редкол.: А.Э. Набатова (науч. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2016. – 520 с.
7. Майорова, Е.И. Сорбенты для аварийного разлива нефтепродуктов на основе целлюлозосодержащего растительного сырья / Е.И. Майорова, С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы : сб. материалов X междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых: курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов) : в 2-х ч. Ч. 2. – Минск : КИИ МЧС РБ, 2016. – С. 16–17.
8. Нефлесорбенты на основе растительного сырья для сбора пролива нефти и нефтепродуктов / Е.И. Майорова, С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка // Ғылым және білім – 2017 : студенттер мен жас ғалымдардың XII Халықаралық ғылыми конференциясы = // Science and education – 2017 : The XII International Scientific Conference for students and young scholars = Наука и образование – 2017 : XII Международная научная конференция студентов и молодых ученых. – Астана, 2017. – С. 1119–1123.
9. Майорова, Е.И. Нефлесорбционная способность отходов растениеводства / Е.И. Майорова, С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы : сб. материалов XI междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых: курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов). – Минск : УГЗ, 2017. – С. 161–162.
10. Майорова, Е.И. Нефлесорбенты на основе целлюлозосодержащих отходов / Е.И. Майорова, С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка // Безопасность – 2017 : материалы докл. XXII Всерос. студенческой науч.-практ. конф. с междунар. участием «Проблемы экологической и промышленной безопасности современного мира», Иркутск, 24–27 апр. 2017 г. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2017. – С. 187–189.
11. Майорова, Е.И. Сорбенты для аварийного разлива нефтепродуктов на основе растительного сырья / Е.И. Майорова, С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка // Нефть и газ – 2017 : сб. тез. 71-й междунар. молодеж. науч. конф., Москва, 18–20 апр. 2017 г.). Т. 2. – М. : РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2017. – С. 385.
12. Майорова, Е.И. Нефлесорбционная способность отходов растениеводства / Е.И. Майорова, С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы : сб. материалов XI междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых: курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов). – Минск : УГЗ, 2017. – С. 161–162.
13. Якубовский, С.Ф. Сорбенты для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на основе отходов лесной и сельскохозяйственной промышленности / С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка, Е. И. Майорова // Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций : противодействие современным вызовам и угрозам : сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Минск : УГЗ, 2017. – С. 206–208.
14. Каменщиков, Ф.А. Нефтяные сорбенты / Ф.А. Каменщиков, Е.И. Богомольный. – М. ; Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005. – 268 с.
15. Патент RU 2114064. – Оpubл. 1998.
16. Патент RU 2031849. – Оpubл. 1995.
17. Патент RU 2315712. – Оpubл. 2005.
18. Патент RU 2036843. – Оpubл. 2005.

19. Патент RU 2259875. – Оpubл. 2005.
20. Патент RU2304559. – Оpubл. 2005.
21. Патент RU 2527095. – Оpubл. 2012.
22. Патент RU 2395336. – Оpubл. 2010.
23. Якубовский, С.Ф. Выделение антоцианидиновых красителей из отходов обработки древесины / С.Ф. Якубовский, Ю.А. Булавка, Е.И. Майорова // Инновационные технологии в промышленности: образование, наука и производство : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Уфа : Изд-во «Нефтегазовое дело», Т. 1, 2016. – С. 200–202.
24. Mayorava, K. The allocation of anthocyanidin dyes from forest wastes / K. Mayorava, S. Yakubouski, Yu. Bulauka // European and national dimension in research. Technology (Европейский и национальный контексты в научных исследованиях) : Electronic collected materials of ix junior researchers' conference, Novopolotsk, april 26–27, 2017 / Polotsk state university ; Ed. D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk, 2017. – P. 200–201.
25. Патент RU 2172209. – Оpubл. 1999.
26. Патент RU 2486955. – Оpubл. 2012.
27. Патент RU 2316393. – Оpubл. 2008.
28. Патент BY 6026. – Оpubл. 2004.
29. Baltrenas, P. Oil product uptake by biosorbents / P. Baltrenas, V. Vaishis // Chemical and Petroleum Engineering. – 2004. – V. 40, № 1–2. – P. 54–58.
30. Особенности микроструктуры отходов сухой окорки сосны как сырья для получения нефтяных сорбентов / С.Ф. Якубовский [и др.] // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Прикладные науки. – 2011. – № 11. – С. 154–157.

Поступила 11.08.2017

#### **OBTAINING OF SORBENT FOR CRUDE OIL AND PETROLEUM PRODUCTS COLLECTION IN THEIR SPILLING BY WASTE DISPOSAL OF AGRICULTURAL COMPLEX**

**S. YAKUBOUSKI, YU. BULAUKA, K. MAYORAVA**

*The possibility of liquidation of crude oil and oil products spills from a solid surface has been established using the waste of the agricultural complex (husks of barley, pericarp radish, pericarp (shell) of peanuts). The sorption ability of agricultural complex waste in relation to crude oil and oil products with various density has been studied. A comparative analysis of the proposed samples with industrial analogues has been done. Prospectively and economically expedient is the direction of recycling of agricultural waste as a sorbent in the technological processes of crude oil and petroleum product removal during emergency spills due to low cost and wide resource base, sufficient petroconductivity, the possibility of using hydrocarbon saturated sorbents without re-contaminating the environment.*

**Keywords:** crude oil, oil product, sorbent, agricultural complex waste.