

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА СОСТОЯНИЕ КАПЕЛЬ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПРИСУТСТВИИ МИКРООРГАНИЗМОВ-НЕФТЕДЕСТРУКТОРОВ РОДА *RHODOCOCCUS*

Е.Д. Дмитриева, М.М. Герцен

Тульский государственный университет, г. Тула

Максимальное диспергирование капель модельных нефтепродуктов в присутствии микроорганизмов *Rhodococcus erythropolis* X5 и гуминовых кислот сфагнового верхового торфа, а также микроорганизмов *Rhodococcus erythropolis* S67 и гуминовых кислот тростникового низинного торфа. Проведенный экспресс-тест доказал, что уменьшение пленки нефтепродуктов может быть использовано для проверки диспергирующей способности микроорганизмов *Rhodococcus* X5 или S67 и молекул гуминовых кислот. Установлено, что биокомпозиция на основе гуминовых кислот и микроорганизмов-нефтедеструкторов рода *Rhodococcus* способна адсорбироваться на границе раздела нефть-вода, переводя нефть в водную толщу, где она разлагается микроорганизмами-нефтедеструкторами.

Ключевые слова: гуминовые кислоты; микроорганизмы-нефтедеструкторы; *Rhodococcus*; биодegradация; биокомпозиция.

Нефть и нефтепродукты являются одними из опасных загрязнителей окружающей среды, в частности, гидросферы. Растворимость нефти в воде незначительна, ее плотность меньше, чем плотность воды, поэтому накопление происходит в большей степени на поверхности водоема. Нефтяная пленка препятствует процессу фотосинтеза, при этом изменяются цепи питания и жизнь всех организмов.

Современные способы очистки воды от углеводородов нефти подразделяются на механические, химические, физико-химические и биологические [1]. Применение каждого способа определяется количеством и площадью нефтяного загрязнения. Механический способ позволяет удалить нефть с поверхности водоема путем отстаивания, фильтрации, сбора в специальные контейнеры с последующим сжиганием. Химический способ – это очистка с помощью реагентов, осаждающих нефть в виде нерастворимых осадков. Физико-химический способ позволяет удалить из воды нефтепродукты на основе использования угольных фильтров и волокнистых материалов. В практике широко применяются искусственные сорбенты на основе природных минералов (вулканические шлаки, цеолиты и другие) [2].

Высокую эффективность показали сорбенты, полученные на основе фенолформальдегидных смол [3]. Однако именно биологический способ очистки водных сред от нефтепродуктов наиболее оптимален для всех обитателей биоценоза. На сегодняшний день открыто более 1000 видов микроорганизмов, разлагающих углеводороды нефти [4].

Так как пленка нефти – гидрофильная эмульсия нефти в воде (дисперсная среда – вода, дисперсная фаза – нефть), то образование нефтяных эмульсий связано с поверхностными явлениями. Поверхностный слой жидкости на границе с воздухом или другой жидкостью, характеризуется определенным поверхностным натяжением (для нефтепродуктов 20-50 дн/см), понижение которого возможно с помощью поверхностно-активных веществ (ПАВ) [2, 3].

Понижение поверхностного натяжения двухфазной жидкой системы на границе раздела фаз в результате воздействия полярных веществ объясняется тем, что добавленное вещество распределяется неравномерно в том компоненте системы, который является по отношению к нему растворителем. Концентрация его у поверхности раздела фаз будет больше, чем во всем объеме растворителя, т.е. добавленное полярное вещество адсорбируется поверхностным слоем растворителя и, тем самым, понижает его поверхностную энергию. В результате образуется адсорбированный слой на границе раздела фаз, данный слой – это пленка молекул ПАВ на поверхности растворителя [2, 5].

Однако недостатком применения ПАВ является их высокая токсичность, решением данной проблемы представляется использование высокодисперсных твердых частиц в качестве альтернативы молекулярным ПАВ, которыми являются гуминовые кислоты (ГК) [6-8], представляющие собой полукolloидно-высокомолекулярные системы типа полиэлектролитов с признаками микромозаичной гетерогенности [9].

На сегодняшний день, одним из наиболее эффективных и экологичных способов биоремедиации нефтезагрязненных территорий является использование углеводородокисляющих микробиологических препаратов [10, 11]. Одна из проблем получения таких препаратов – поиск штаммов микроорганизмов, отличающихся повышенной углеводородокисляющей активностью, способных элиминировать нефтезагрязнения при определенных условиях окружающей среды. Кроме того, актуальным является поиск биологических объектов, способствующих взаимодействию микроорганизмов-нефтедеструкторов с нефтепродуктами [7, 10, 12]. К таким объектам можно отнести гуминовые вещества [13, 14]. Скрининг углеводородокисляющих микроорганизмов и веществ, стимулирующих элиминирование нефтепродуктов, осложняется длительностью, высокой трудоемкостью анализа, необходимостью наличия специальной дорогостоящей приборной и реактивной базы и высококвалифицированных специалистов [15]. Поэтому цель работы – проведение качественного эксперимента, направленного на изучение влияния гуминовых кислот и

микроорганизмов рода *Rhodococcus* на состояние капель модельных нефтепродуктов индивидуально и в совместном присутствии.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектами исследования являлись гуминовые кислоты торфов Тульской области: тростникового низинного торфа (ТНТ), черноольхового низинного торфа (ЧНТ), сфагнового верхового торфа (СВТ) и сфагнового переходного торфа (СПТ) [16], выделенные по методикам, описанным в ранее опубликованных работах [17], [18].

Штаммы бактерий *Rhodococcus erythropolis* S67, *Rhodococcus erythropolis* X5 получены из лаборатории плазмид Института биохимии и физиологии микроорганизмов имени Г.К. Скрыбина РАН (г. Пушкино). Бактерии входят в состав биопрепарата «МикроБак», который используют для биоремедиации нефтезагрязненных территорий [19].

В качестве модельных загрязнителей выбраны следующие объекты: гексадекан – представитель легкой фракции нефти, дизельное топливо с заправки Роснефть и нефть с нефтеперерабатывающего завода АО «ГАЗПРОМНЕФТЬ-МНПЗ». Эксперимент проводили в пресной воде при комнатной температуре.

Растворы гуминовых кислот готовили растворением точных навесок препаратов в 0.1 М NaOH в течение суток. Затем доводили до нейтрального значения pH с помощью pH-метра Анион 4154 добавлением 0.05 М HNO₃ или 0.05 М NaOH и до метки – 0.1 М NaNO₃.

Микроорганизмы культивировали в полноценной среде Лурия-Бертани (ЛБ) [11]. Готовые среды стерилизовали автоклавированием в течение 30 мин при 120⁰С. Бактерии выращивали в жидкой питательной среде ЛБ в течение 24 ч для получения инокулята[20].

В различных вариантах опытов брали следующие модельные загрязнители: гексадекан, дизельное топливо (ДТ) и нефть. При проведении экспериментов в контрольные чашки Петри (d= 15 см) наливали 30 мл стерильной воды и с помощью пипетки осторожно наносили 2% об. нефтепродукта на поверхность. В опытные пробы к 30 мл стерильной воды добавляли раствор гуминовых кислот (исходная концентрация 50 мг/л) и помещали на поверхность гидрофобное вещество. В следующем варианте опыта к 30 мл стерильной дистиллированной воды добавляли суспензию микроорганизмов-нефтедеструкторов *Rhodococcus erythropolis* S67 и *Rhodococcus erythropolis* X5, количество посевной дозы 10⁵-10⁶ КОЕ/мл, и затем туда же вносили модельный загрязнитель. В следующем варианте опыта в чашки Петри вносили и гуминовые кислоты, и микроорганизмы рода *Rhodococcus*. Чашки закрывали и оставляли на ровной горизонтальной поверхности на рассеянном свете при комнатной температуре. Оценку состояния капель гидрофобных соединений проводили спустя 2, 24, 48, 72, 168 часов[15].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Поверхностное натяжение гидрофильной эмульсии нефти в воде способно сокращаться за счет внесения веществ, которые обладают как гидрофобной (углеводородный радикал), так и гидрофильной частью (полярная группа)– в данном случае, ими являются молекулы гуминовых кислот.

После нанесения гидрофобных соединений (гексадекан (рис. 1а), дизельное топливо (рис. 2а), нефть (рис. 3а)) в контрольном образце наблюдали их медленное и равномерное растекание почти по всей площади поверхности воды. Через 2 часа растекание практически прекращалось и отмечалось образование равномерной пленки с ровными краями по всей окружности. При этом даже через 7 суток экспозиции не отмечали существенных различий в картине распределения всех трех испытываемых веществ.

Гексадекан, нанесенный на поверхность раствора гуминовых кислот, в течение 2 часов расплывался по поверхности чаши значительно быстрее, чем в воде. В опытах с раствором ГК по прошествии 2-3 суток дальнейших изменений не выявили. Однако через 7 суток были видны существенные отличия от контроля: наличие неоднородной, более тонкой, чем в контроле, с разрывами и изорванными краями пленки. Лучшего всего это наблюдалось в присутствии ГК (ТНТ) (рис. 1б) и ГК (СВТ).

В опыте с добавлением к воде или раствору гуминовых кислот микроорганизмов рода *Rhodococcus* на поверхности гексадекана, являющегося для данных микроорганизмов субстратом [21], через 48 часов наблюдалось появление мути, вызванное ростом микроорганизмов. Спустя 7 дней проведения эксперимента площадь поверхности, занимаемая гидрофобным субстратом, уменьшалась. Аналогичный процесс уменьшения и деления капель гексадекана, истончения пленки, появления длинных языков с рваными краями наблюдался для 2 микроорганизмов *Rhodococcus erythropolis* S67 и *Rhodococcus erythropolis* X5. Наибольшая степень биodeградации гексадекана наблюдалась при совместном присутствии микроорганизмов *Rh. erythropolis* X5 и ГК (СВТ) (рис. 1в), а также микроорганизмов *Rh. erythropolis* S67 и ГК (ТНТ) (рис. 1г).

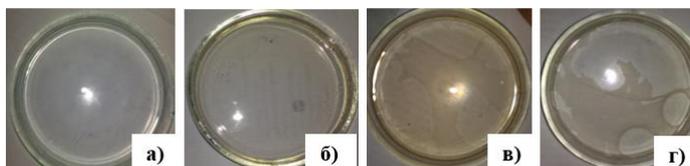


Рис. 1. Распределение гексадекана через 7 суток по поверхности а) контроль б) ГК (ТНТ) в) *Rh. erythropolis* X5 и ГК (СВТ) г) *Rh. erythropolis* S67 и ГК (ТНТ)

Гуминовые кислоты способны вступать в гидрофобные взаимодействия с гексадеканом, а микроорганизмы используют алкан (гексадекан) в качестве субстрата [20,21].

В варианте с дизельным топливом в присутствии анализируемых гуминовых кислот отмечали схожее с контролем (рис. 2а) растекание пленки через 1–3 часа. Далее картина распределения данного гидрофобного продукта по поверхности раствора гуминовых кислот практически не отличалась от контроля (рис. 2б). На поверхности дизельного топлива наблюдалось появление суспензии микроорганизмов *Rh. erythropolis* X5 только в присутствии ГК (СВТ) (рис. 2в) и для *Rh. erythropolis* S67 только в ГК (ТНТ) (рис. 2г). Все остальные варианты опыта сходны с контролем.

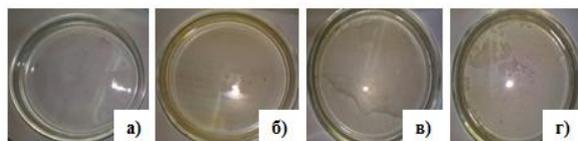


Рис. 2. Распределение ДТ через 7 суток по поверхности а) контроль б) ГК (СВТ) в) *Rh. erythropolis* X5 и ГК (СВТ) г) *Rh. erythropolis* S67 и ГК (ТНТ)

Нефть, в противоположность дизельному топливу, расплывалась по поверхности раствора гуминовых кислот значительно быстрее, чем в контроле (рис. 3а). Отмечено незначительное растекание по периферии и концентрирование в центре чашки капли гидрофобного вещества нефти в присутствии гуминовых кислот тростникового низинного торфа (рис. 3г). Состояние пленки, образованной нефтью на поверхности ГК, было сопоставимо с контролем:

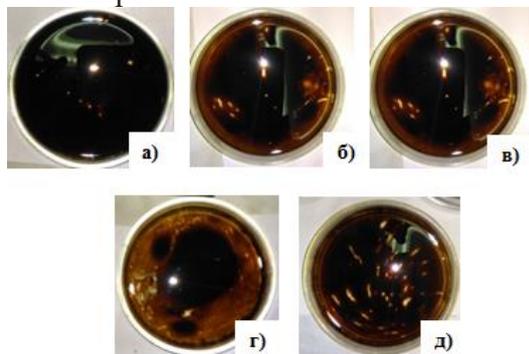


Рис. 3. Распределение нефти через 7 суток по поверхности а) контроль б) ГК (ТНТ) в) ГК (СВТ) г) ГК (ТНТ) д) ГК (СВТ)

При совместном присутствии в растворе гуминовых кислот и микроорганизмов *Rh. erythropolis* X5 или *Rh. erythropolis* S67 наблюдалось неоднородное растекание нефти по всей площади поверхности чашки только на 3 суток (рис. 4). Через 5 дней экспозиции капли нефти в вариантах, содержащих микроорганизмы рода

Rhodococcus, представляли собой более тонкую, особенно в периферической части, неоднородную пленку с длинными рваными краями. После 5 суток в присутствии микроорганизмов-нефтедеструкторов и гуминовых кислот происходило осветление пленки нефти, которое не наблюдалось как в контрольных пробах, так и в пробах, содержащих только гуминовые кислоты, или только микроорганизмы-нефтедеструкторы рода *Rhodococcus*.

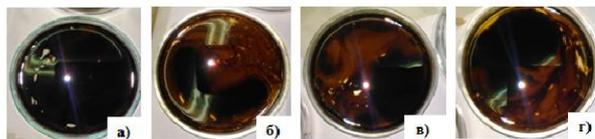


Рис. 4. Распределение нефти в присутствии а) микроорганизмов *Rh. erythropolis X5* и ГК (СПТ) б) микроорганизмов *Rh. erythropolis X5* и ГК (СВТ) в) микроорганизмов *Rh. erythropolis S67* и ГК (ТНТ) г) микроорганизмов *Rh. erythropolis S67* и ГК (СВТ) через 3 суток по поверхности

Через 7 суток происходило истощение поверхности пленки, деление, дробление и разрыв краев капель, а также образование мелких капель (рис. 5). Подобная картина является подтверждением эмульгирующей и нефтеразрушающей способности гуминовых кислот и микроорганизмов *Rh. erythropolis X5* и *Rh. erythropolis S67*, а также стимулирующим действием гуминовых кислот по отношению к данным микроорганизмам [22].

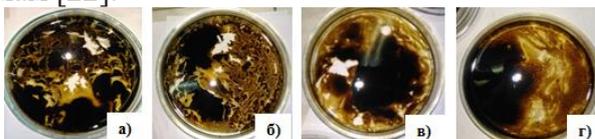


Рис. 5. Распределение нефти в присутствии а) микроорганизмов *Rh. erythropolis X5* и ГК (СПТ) б) микроорганизмов *Rh. erythropolis X5* и ГК (СВТ) в) микроорганизмов *Rh. erythropolis S67* и ГК (ТНТ) г) микроорганизмов *Rh. erythropolis S67* и ГК (СВТ) через 7 суток по поверхности

Максимальная степень биodeградации нефти наблюдалась в системах на основе гуминовых кислот сфагнового переходного (рис. 5а) и верхового (рис. 5б) торфов в присутствии микроорганизмов *Rh. erythropolis X5*, а также гуминовых кислот тростникового низинного (рис. 5в) и сфагнового переходного торфов в присутствии микроорганизмов *Rh. erythropolis S67* (рис. 5г).

Утилизация нефтяных загрязнений биокomпозицией на основе гуминовых кислот и микроорганизмов может протекать следующим образом: молекулы ГК захватывают своими гидрофобными участками тяжелые и легкие фракции нефти и связывают их в нетоксичные комплексы, причем тяжелые фракции нефти связывается с

ароматическими фрагментами ГК, а легкие - с периферической частью гидрофобных фрагментов-остатков углеводородных радикалов, добавление микроорганизмов нефтедеструкторов способно утилизировать не вступившие в реакцию с ГК нефтепродукты, а также окислять доступные органические загрязнители на поверхности ГК.

Многие авторы [7, 10, 23-25] утверждают о важности последовательности внесения ГК в систему, состоящую из токсиканта и микроорганизмов нефтедеструкторов. При добавлении ГК в систему до внесения токсиканта положительный эффект выше, т.к. успевает сформироваться слой из молекул ГК, образующий на поверхности клеток активный сетчатый фильтр, способный связывать токсиканты [26].

Характерная картина дробления капель гидрофобных веществ нефтепродуктов, уменьшение пленки нефтепродуктов, деление и дробление капель может быть использовано в качестве экспрессного теста на наличие активности нефтеокисляющих микроорганизмов *Rhodococcus erythropolis* X5 или S67 и гуминовых кислот на способность диспергировать и разлагать пленки нефтепродуктов в гидросфере. Результаты эксперимента свидетельствует о возможности гуминовых кислот выступать в качестве аналогов ПАВ и биосурфактантов (рис. 6).

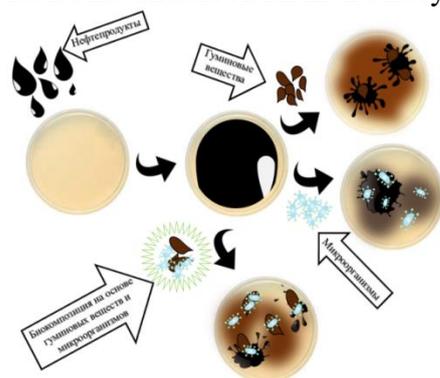


Рис. 6. Схема действия биокomпозиции на основе гуминовых кислот и микроорганизмов-нефтедеструкторов рода *Rhodococcus* на состояние капель нефтепродуктов

Результатом эксперимента служила разработка биокomпозиции на основе ГК торфов и микроорганизмов рода *Rhodococcus* (рис.6), способная самопроизвольно адсорбироваться на границе раздела нефть-вода за счет молекул гуминовых кислот, создавая структурно-механический барьер вокруг капель нефтепродуктов, которые начинают тонуть, переводя нефть в водную толщу. Применение биокomпозиции способствует дроблению капель нефтепродуктов, которые окружены не молекулами дисперсной среды, а прочной пленкой адсорбционного слоя. В данном случае образуются стойкие, трудно расслаивающиеся эмульсии, так как капли дисперсной фазы, защищенные своеобразным

панцирем – адсорбционной пленкой, не могут сливаться друг с другом. За счет сцепления молекул ГК вокруг капель нефтепродуктов образуется высокопрочный структурно-механический барьер, который предотвращает высвобождение нефтепродуктов из состава образовавшихся ассоциатов. Капли нефтепродуктов, окруженные частицами гуминовых кислот, приобретают отрицательную плавучесть и переходят с поверхности в толщу воды, где они интенсивно разлагаются микроорганизмами-нефтедеструкторами из-за большой поверхности контакта [13, 15].

ВЫВОДЫ

Максимальное эмульгирование модельных загрязнителей – нефти, гексадекана и дизельного топлива, наблюдалось в присутствии микроорганизмов *Rhodococcus erythropolis X5* и гуминовых кислот сфагнового верхового торфа, а также микроорганизмов *Rhodococcus erythropolis S67* и гуминовых кислот тростникового низинного торфа. Данное обстоятельство объясняется величиной степени разложения и структурными характеристиками исходного биоматериала, из которого выделялись данные гуминовые кислоты [21]: чем больше степень разложения торфов, тем более развита периферическая гидрофобная часть молекул гуминовых кислот, выступающих в качестве диспергирующих агентов, с которыми осуществляется взаимодействие молекул углеводородов нефти, при этом, происходит образование агломератов их с капельками нефти и нефтепродуктов. Добавление микроорганизмов-нефтедеструкторов способно утилизировать не вступившие в реакцию с гуминовыми кислотами нефтепродукты, а также окислять доступные органические загрязнители на поверхности ГК.

С помощью проведенного экспресс-теста доказано, что сокращение поверхности пленки углеводородов нефти может быть использовано для проверки диспергирующей способности микроорганизмов-нефтедеструкторов *Rhodococcus X5* или *S67* и гуминовых кислот торфов. Установлено, что биоконпозиция на основе гуминовых кислот и микроорганизмов-нефтедеструкторов рода *Rhodococcus* способна сорбироваться на границе раздела нефть-вода, переводя нефть в водную толщу, где она приобретает отрицательную плавучесть и разлагается микроорганизмами-нефтедеструкторами из-за большой поверхности контакта.

Работа выполнена в рамках Гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники «Проекты молодых ученых» № ДС/162 от 29.10.2020.

Список литературы

1. Максаковский В.П. Географическая картина мира. Пособие для вузов. Кн. I: Общая характеристика мира. Глобальные проблемы человечества. М.: Дрофа. 2008. 994 с.
2. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде. Учеб. пособие. М.: РУДН. 2004. 163 с.

3. Ващенко А.В., Мукминова И.Р., Акьюлова Г.И., Прочухан К.Ю., Прочухан Ю.А. Нефтеемкость и стабильность водонефтяной эмульсии анионного поверхностно активного вещества // Нефтегазовое дело. 2015. №. 3. С. 396-410.
4. 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.
5. Клындюк А.И. Поверхностные явления и дисперсные системы. Минск: БГТУ. 2011. 317 с.
6. Перминова И. В. Гуминовые вещества-вызов химикам XXI века. М.: Химия и жизнь. 2008. Т. 1. С. 50-55.
7. Гречищева Н.Ю. Разработка научных основ применения гуминовых веществ для ликвидации последствий нефтезагрязнения почвенных и водных сред. М.: МГУ. 2016. 326 с.
8. Изосимов А.А. Физико-химические свойства, биологическая активность и детоксирующая способность гуминовых препаратов, отличающихся генезисом органического сырья. М.: МГУ. 2016. 148 с.
9. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование. СПб.: Издательство Санкт–Петербургского ун-та. 2004. 248 с.
10. Салеев К.М. Использование гуминовых препаратов для детоксикации и биодegradации нефтяного загрязнения. М.: МГУ 2004. 30 с.
11. Нечаева И.А. Биодegradация углеводородов нефти психротрофными микроорганизмами-деструкторами. Пушкино: ПушГЕНИ. 2009. 175 с.
12. Демин В.В., Бирюков М.В., Семенов А.А., Завгородняя Ю.А. Природа биологического действия гуминовых веществ. Часть 1. Основные гипотезы // Доклады по экологическому почвоведению. 2006. Выпуск 1, № 1. С. 72–79.
13. Пат. РФ 2528651 (опубл. 2014). Гуминово-глинистый стабилизатор эмульсии нефти в воде.
14. Мадякин В.Ф., Мадякина М.В., Ганеев И.Г., Сухова, С.В. Технология детоксикации и рекультивации площадок нефтедобычи, выведенных из промышленного оборота // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. №. 24. С. 118–121.
15. Стом Д.И., Казаринов С.В., Балаян А.Э. Действие препаратов гуминовых веществ и нефтеокисляющих микроорганизмов на состояние капель углеводородов // Acta Biomedica Scientifica. 2005. №6. С.166-168
16. Бойкова О.И., Волкова Е.М. Химические и биологические свойства торфов Тульской области // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2013. Вып. 3. С. 253–264
17. Акатова, Е. В., Дмитриева, Е. Д., Сяндюкова, К. В., Леонтьева, М. М., Музафаров, Е. Н. Детоксицирующая способность гуминовых веществ торфов различного происхождения по отношению к ионам тяжелых металлов // Химия растительного сырья. 2016. №. 1. С. 119–127.
18. Дмитриева Е.Д., Сяндюкова К.В., Акатова Е.В., Леонтьева М.М., Волкова Е.М., Музафаров Е.Н. Биологическая активность гуминовых веществ сапропеля реки Упы Тульской области // Химия растительного сырья. 2016. №. 1. С. 137-144.

19. Патент РФ 2378060 (опубл. 2010). Биопрепарат для очистки почв от загрязнений нефтью и нефтепродуктами, способ его получения и применения.
20. Лыонг Т.М., Нечаева И.А., Петриков К.В. Бактерии-нефтедеструкторы рода *Rhodococcus*-потенциальные продуценты биосурфактантов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2016. №1. С. 50–60.
21. Нечаева И.А., Лыонг Т.М., Понаморёва О.Н., Сатина В.Э. Влияние физиологических особенностей бактерий рода *Rhodococcus* на деградацию *n*-гексадекана // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2016. Вып. 1. 2016. С. 90–98.
22. Каримова В.Т., Дмитриева Е.Д., Нечаева И.А. Влияние гуминовых веществ торфов Тульской области на рост микроорганизмов деструкторов нефти *Rhodococcus Erythropolis S67* и *Rhodococcus Erythropolis X5* // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2017. Вып. 2. С.60-68.
23. Демин В.В., Бирюков М.В., Семенов А.А., Завгородняя Ю.А. Природа биологического действия гуминовых веществ. Часть 2. Локализация биопротекторного действия гуминовых веществ в почвах // Доклады по экологическому почвоведению. – 2006. Выпуск 1. № 1. С. 80-91.
24. Дагуров А.В., Стом Д.И., Вятчина О.Ф., Балаян А.Э., Кушнарев Д.Ф. О механизме антидотного действия гуматов по отношению к нефтепродуктам // Acta Biomedica Scientifica. 2005. №6. С. 143–146.
25. Дагуров А.В. Влияние гуматов на токсичность углеводородов нефти. М.: РГБ. 2006. 20 с.
26. Дмитриева Е.Д., Каримова В.Т. Связывающая способность гуминовых веществ торфов Тульской области в присутствии микроорганизмов нефтедеструкторов рода *Rhodococcus* по отношению к гексадекану // Вестник ТвГУ. Серия: Химия. 2018. №2. С. 145.

Об авторах:

ДМИТРИЕВА Елена Дмитриевна – доцент, кандидат химических наук, доцент кафедры химии Естественнонаучного института, Тульский государственный университет, e-mail: dmitrieva_ed@rambler.ru

ГЕРЦЕН Мария Михайловна – аспирант кафедры химии Естественнонаучного института, Тульский государственный университет, e-mail: mani.leontyeva@gmail.com

INFLUENCE OF PEATS HUMIC SUBSTANCES ON THE STATE OF DROPS OF CRUDE OIL AND OIL PRODUCTS IN THE PRESENCE OF OIL DEGRADING MICROORGANISMS OF THE GENUS RHODOCOCCUS

E.D. Dmitrieva, M.M. Gertsen

Tula State University, Tula

Maximum dispersion of droplets of model petroleum products has been observed in the presence of microorganisms *Rhodococcus erythropolis* X5 and humic substances of sphagnum high-moor peat, and microorganisms *Rhodococcus erythropolis* S67 and humic substances of reed fen peat. The express test proved that the reduction of the oil sheen can be used to the test the dispersing ability of microorganisms *Rhodococcus* X5 or S67 and humic substances. It has been established that a biocomposition based on humic substances and oil degrading microorganisms of the genus *Rhodococcus* is capable of adsorbing at the oil-water interface, transferring oil into the water column, where it is decomposed by oil degrading microorganisms.

Keywords: *humic acids; microorganisms-oil destructors; Rhodococcus; biodegradation; biocomposition.*