

УДК 631.472.56:631.41
DOI 10.26456/vtchem2020.3.12

СТАБИЛИЗИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ И МИКРООРГАНИЗМОВ РОДА *RHODOCOCCLUS* ПО ОТНОШЕНИЮ К НЕФТЕПРОДУКТАМ

М.М. Герцен, Е.Д. Дмитриева

Тульский государственный университет, г. Тула

Изучено влияние микроорганизмов рода *Rhodococcus* на стабилизирующую способность гуминовых веществ торфов по отношению к углеводородам нефти. Установлено, что наиболее стабильными являются водные эмульсии гексадекана и нефти в присутствии микроорганизмов *Rhodococcus erythropolis* S67 и гуминовые вещества тростникового низинного торфа, а по отношению к водной эмульсии дизельного топлива - гуминовые вещества сфагнового верхового торфа и *Rhodococcus erythropolis* X5. Доказано, что полученная биоконпозиция на основе гуминовых веществ торфов и микроорганизмов рода *Rhodococcus* способна стабилизировать эмульсии углеводородов нефти в воде за счет связывания их гуминовыми веществами торфов в нетоксичные комплексы.

Ключевые слова: гуминовые вещества, микроорганизмы-нефтедеструкторы, нефть, стабилизирующая способность, коэффициент пропускания, эмульсия нефти

В настоящее время актуальна проблема детоксикации акваторий, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, так как они являются одними из самых распространенных экотоксикантов [1], особая опасность которых заключается в нарушении динамического равновесия в сложившихся экосистемах из-за изменения структуры водной биоты в связи с токсическим действием нефтяных углеводородов.

На первое место по рекультивации загрязненных нефтью территорий в настоящее время выходит биоремедиация — очищение природной среды от загрязнений при помощи биологических методов. При этом необходимо не нанести экосистеме больший вред, чем тот, который был уже нанесен при загрязнении. Это может быть биостимуляция аборигенной микрофлоры путем внесения удобрений непосредственно в загрязненную экосистему или внесение специализированных препаратов микроорганизмов, созданных для очистки загрязненных экосистем [2].

Использование нефтеокисляющих микроорганизмов для очистки водной среды является не новой, но недостаточно изученной областью исследований. Продолжается поиск новых деструкторов углеводов нефти и выявление оптимальных условий эффективного использования имеющихся препаратов. При этом обязательно чтобы консорциум состоял только из нефтедеструкторов [2]. Возможно, наиболее эффективным будет взаимодействие нескольких активных нефтедеструкторов, ориентированных на разные фракции нефти, и нескольких гетеротрофных микроорганизмов, не обладающих углеводородокисляющей способностью, но способных ассимилировать продукты промежуточного окисления углеводов, часто токсичных для углеводородокисляющих организмов [3]. Проблема создания подобных консорциумов состоит в том, что очень сложно оценить потенциал углеводородокисляющих ферментных систем.

В настоящее время большой популярностью пользуются микробные препараты, предлагаемые в широком ассортименте биотехнологическими компаниями Европы, США и Японии. Однако, как свидетельствует практика, применение заполнивших российский рынок зарубежных бакпрепаратов, разработанных для районов, по климатическим и экологическим условиям резко отличающихся от регионов России, оказывается малоэффективным.

Кроме того, известны методы детоксикации загрязненных природных объектов нефтью и нефтепродуктами с помощью использования комплекса микроорганизмов-нефтедеструкторов и экологически чистых, природных соединений — гуминовых веществ [4]. Применение этих методов способствует росту численности и активности микроорганизмов за счет присутствия гуминовых веществ в качестве питательного субстрата, участвующих в разложении углеводов нефти, которые после нанесения их на очищаемую поверхность прикрепляются к пленке нефти на разделе фаз нефть-природная среда и включаются в процесс биодеградации углеводов нефти. В связи с этим, обработка нефтезагрязненных почв подобными биопрепаратами считается наиболее перспективным методом борьбы с нефтяными загрязнениями. Кроме того, гуминовые вещества благодаря своей аккумулятивной и регуляторной функции проявляют высокий экологический эффект по отношению к загрязненным средам, который заключается в быстром восстановлении естественных геобиохимических процессов [5].

В результате обработки нефтяного загрязнения биопрепаратами на основе гуминовых веществ и микроорганизмов-нефтедеструкторов в окружающей среде остаются легко разлагающийся бактериальный белок, не требующий последующей утилизации, и нетоксичные

продукты разложения нефти. Продукты жизнедеятельности бактерий и сами отмирающие бактерии легко усваиваются аборигенной микрофлорой, или образуя донный ил [4]. Степень очистки зависит от исходной величины загрязнения, вида нефтепродукта, механического состава грунта.

С этих позиций весьма перспективным представляется использование высокодисперсных твердых частиц в качестве альтернативы молекулярным химическим дисперсантам и разработкам технологий, основанных на образовании устойчивых эмульсий «нефть в воде», стабилизированных минеральными частицами, за счет образования ими ассоциатов с капельками нефти и их последующей миграцией в донные слои с дальнейшей биодеградацией нефтяных углеводородов. Образование таких эмульсий, стабилизированных высокодисперсными твердыми частицами, лежит в основе самоочищения прибрежных экосистем, загрязненных нефтяными углеводородами.

Целью данной работы является изучение влияния микроорганизмов рода *Rhodococcus* на стабилизирующую способность гуминовых веществ торфов по отношению к углеводородам нефти.

Экспериментальная часть

Объектами исследования являлись гуминовые вещества торфов Тульской области: тростникового низинного (ТНТ), черноольхового низинного (ЧНТ), сфагнового верхового (СВТ) и сфагнового переходного (СПТ) [6], выделенные по методике, описанной в ранее опубликованных работах [7-8]; штаммы бактерий *Rhodococcus erythropolis* S67, *Rhodococcus erythropolis* X5, предоставленные лабораторией плазмид Института биохимии и физиологии микроорганизмов имени Г.К. Скрябина РАН (г. Пущино). Бактерии *Rhodococcus erythropolis* S67, *Rhodococcus erythropolis* X5 входят в состав биопрепарата «МикроБак», используемого для биоремедиации нефтезагрязненных территорий [9].

Растворы ГВ в концентрации 50 мг/л готовили растворением навесок гуминовых веществ в 0.1 М NaOH; добавлением 0.05 М HNO₃ или 0.05 М NaOH добивались нейтрального значения pH (контроль pH-метром Анион 4154) и доводили растворы до метки раствором фонового электролита – 0.1М NaNO₃[10].

Микроорганизмы культивировали в полноценной среде Лурия-Бертани (ЛБ) [11]. Готовые среды и воду стерилизовали автоклавированием в течение 30 мин при 120°C. Бактерии выращивали в жидкой питательной среде ЛБ в течение 24 ч для получения инокулята [12].

Для исследования стабилизации нефтяных эмульсий в присутствии гуминовых веществ и микроорганизмов рода *Rhodococcus* в колбы вносили раствор гуминовых веществ концентрации 50 мг/л, суспензию микроорганизмов - количество посевной дозы 105-106 КОЕ/мл и 2% по объему модельного загрязнителя. При проведении экспериментов контролем служил раствор загрязнителей в воде.

Для изучения влияния препаратов ГВ на агрегатное состояние нефтепродуктов, растворы помещали в ультразвуковую баню на 2 мин, выдерживали в течение 1 сут. Пробы отбирали на глубине 4 см, измеряли оптическую плотность при 535 нм на спектрофотометре СФ-104 [13]. Полученные значения оптических плотностей пересчитывали на коэффициент пропускания (Т,%), значения которого служили критерием стабильности эмульсии нефти в воде, по формуле (1) [15, 16]:

$$T = 10^{-D} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где D – оптическая плотность.

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.

Результаты и обсуждение

Известно, что время локализации разлива нефти и нефтепродуктов на воде не должно превышать 4 часа [14], а «временные окна» оптимального применения диспергентов в зависимости от типа нефти [15] оцениваются до 5 часов. Ввиду этого, сравнение стабилизирующей способности ГВ проводили в среднем через четыре часа после смешения компонентов. Дополнительные измерения проводили через 2,4,6 и 26 часов.

На сегодняшний день одним из наиболее эффективных и экологических способов биоремедиации нефтезагрязненных территорий является использование углеводородокисляющих микробиологических препаратов [16, 17] на основе микроорганизмов рода *Rhodococcus*, которые способны биоразлагать широкий спектр гидрофобных субстратов за счёт наличия ферментных систем [17].

Поэтому оценивали стабильность водной эмульсии гексадекана при совместном присутствии гуминовых веществ торфов и микроорганизмов *Rhodococcus erythropolis S67* (рис. 1) и *Rhodococcus erythropolis X5* (рис. 2).

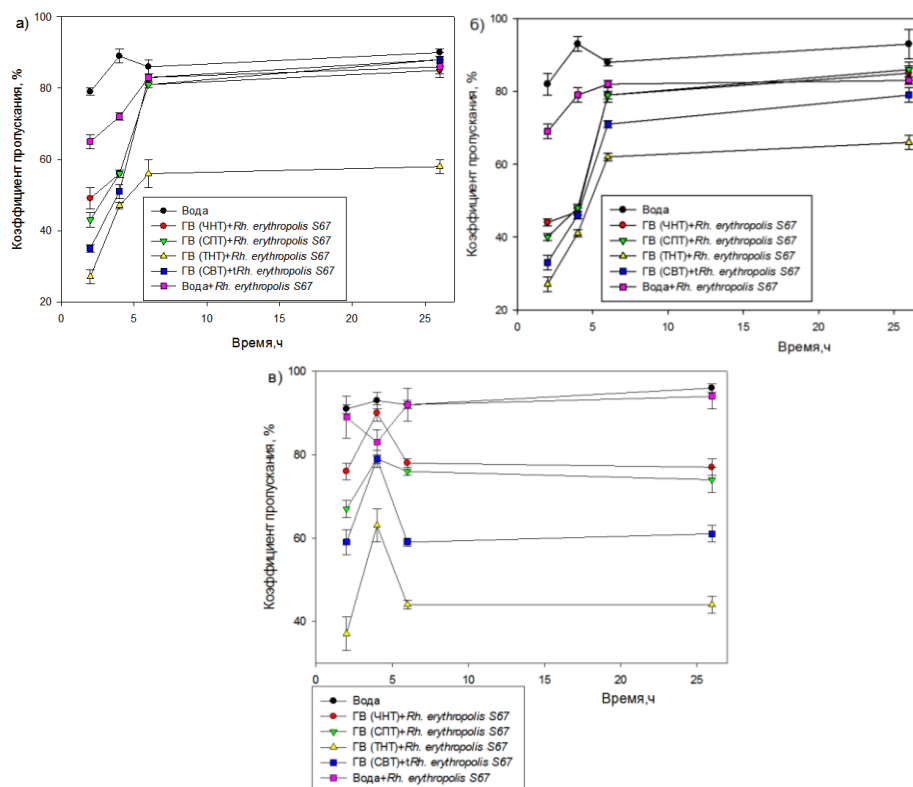


Рис. 1. Стабилизация эмульсии модельных загрязнителей гуминовыми веществами торфов и микроорганизмами *Rh.erythropolis S67* а) гексадекана б) ДТ в) нефти

Эксперимент показал, что микроорганизмы рода *Rhodococcus* влияют на величину коэффициента пропускания водной эмульсии гексадекана в присутствии гуминовых веществ: соответствующие значения величины пропускания (Т) были существенно ниже, чем в системах, содержащих только гуминовые вещества. Величина пропускания эмульсии гексадекана изменяется от 27% до 49% через 2 часа после начала эксперимента и от 51% до 66 % к моменту его окончания (рис. 1). Коэффициент пропускания уменьшается в 2-3 раза относительно контроля и в 1.3-2.4 раза относительно раствора, содержащего только микроорганизмы. Это может быть обусловлено тем, что присутствие гуминовых веществ позволяет микроорганизмам адаптироваться к росту на гидрофобных субстратах путем перераспределения биосурфактантов между средой и клеточной поверхностью, тем самым способствуя более быстрому поглощению углеводов нефти и стабилизации нефтяных эмульсий в воде с последующим осаждением мелкодисперсных мицелл.

В случае одновременного присутствия ГВ (ТНТ) и *Rh.erythropolis* S67 величина пропускания водной эмульсии гексадекана была минимальна (рис. 1а). Значения коэффициента пропускания (Т) изменялись от $27\pm 2\%$ до $51\pm 1\%$ соответственно, что в 1.5-2.5 раз меньше, чем в присутствии только ГВ (ТНТ) за все время проведения эксперимента. Данные согласуются с результатами, полученными методом газовой хроматографии, где данная система продемонстрировала максимальную утилизирующую способность по отношению к гексадекану [18].

В работе [12] отмечается возможность роста микроорганизмов нефтедеструкторов *Rh.erythropolis* S67 и X5 на дизельном топливе в качестве единственного источника углерода и энергии в диапазоне температур 2-32С°. Далее изучали стабильность водной эмульсии дизельного топлива при совместном присутствии гуминовых веществ торфов и микроорганизмов-нефтедеструкторов *Rh.erythropolis* S67 (рис.1б) и X5 (рис.2б). Значения коэффициента пропускания при совместном присутствии ГВ и микроорганизмов *Rh.erythropolis* S67 ниже, чем в растворе только с ГВ или микроорганизмами (рис.1б). Минимальный коэффициент пропускания эмульсий дизельного топлива наблюдается при одновременном присутствии ГВ (ТНТ), ГВ (СВТ) и микроорганизмов *Rh.erythropolis* S67 33-41% и 40-48% в течение первых 4 часов эксперимента. По окончании эксперимента, через 26 часов, максимальная стабилизирующая способность эмульсии дизельного топлива обнаружена у ГВ (СВТ) и *Rh.erythropolis* S67. Величина пропускания — 49%, что в 2 раза меньше показателя контроля и в 1.3 меньше раствора, содержащего одни микроорганизмы. Коэффициенты пропускания эмульсий на основе гуминовых веществ (ЧНТ), (СПТ) и (ТНТ) и микроорганизмов *Rh.erythropolis* S67 при $\tau=26$ часов имеют одинаковые значения — 56% (рис.1б).

Изучали стабилизирующую способность нефтяных эмульсий в присутствии ГВ торфов и микроорганизмов-нефтедеструкторов рода *Rhodococcus erythropolis* S67 (рис.1в) и X5 (рис.2в). Минимальные значения коэффициента пропускания нефтяных эмульсий обнаружены при совместном присутствии ГВ и микроорганизмов *Rh.erythropolis* S67. В случае ГВ (ТНТ) и *Rh.erythropolis* S67 действие было наиболее эффективным, величина пропускания эмульсии нефти в воде изменялась от 37% до 43% за все время проведения эксперимента (рис.1в), что в 2 раза меньше относительно контроля и эмульсии с одними микроорганизмами *Rh.erythropolis* S67. За все время проведения опыта с эмульсиями нефти в воде совместное присутствие в растворе гуминовых веществ тростникового низинного торфа и данных

микроорганизмов продемонстрировало минимальные значения коэффициента пропускания.

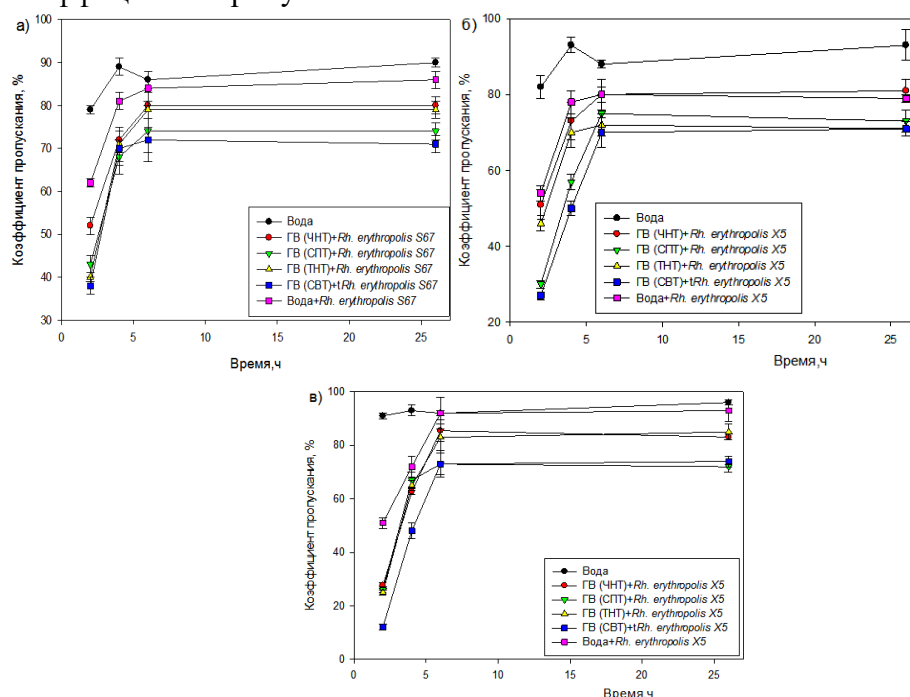


Рис. 2. Стабилизация эмульсии модельных загрязнителей гуминовыми веществами торфов и микроорганизмами *Rh.Erythropolis X5* а) гексадекана б) ДТ в) нефти

Гуминовые вещества торфов с микроорганизмами-нефтедеструкторами *Rh. erythropolis X5* также стабилизируют эмульсию гексадекана в воде (рис.2а). Значения величины пропускания (Т) водной эмульсии модельного загрязнителя-гексадекана в присутствии ГВ и микроорганизмов нефтедеструкторов *Rhodococcus X5* в 2 раза ниже (рис.2а), чем в присутствии в растворе отдельно только ГВ или микроорганизмов *Rhodococcus X5*. Величина пропускания эмульсии гексадекана изменяется от 38% до 52% через 2 часа после начала эксперимента и от 61% и до 70% к моменту его окончания. Минимальное значение коэффициента пропускания через 2 часа после начала эксперимента наблюдалось у систем, содержащих ГВ (СВТ), ГВ (ТНТ)– 38 и 40% соответственно; через 26 часов – у ГВ (СВТ) и ГВ(СПТ) – 61 и 64%.

Водные эмульсии дизельного топлива наилучшим образом стабилизировались в присутствии ГВ (СВТ) и ГВ (СПТ) и *Rh.erythropolis X5*, о чем свидетельствуют минимальные значения коэффициентов пропускания: 27% и 30% соответственно при $\tau=2$ часа,

что в 3 раза ниже величины пропускания контроля и в 2 раза – эмульсии, содержащей только микроорганизмы *Rh.erythropolis X5* (рис.2б). Максимальную стабилизирующую способность через 26 часов проведения эксперимента продемонстрировали микроорганизмы *Rh.erythropolis X5* и ГВ (СВТ), что в 2 раза меньше, чем в контрольном образце, в 1,5 раза – в присутствии одних микроорганизмов и одних ГВ. Гуминовые вещества тростникового низинного и сфагнового переходного торфа имеют сходные показатели: $51\pm 2\%$ и $53\pm 2\%$.

Коэффициент пропускания, рассчитанный для модельных загрязнителей в системе «гуминовое вещество-микроорганизм *Rhodococcus erythropolis X5*» снижалась относительно контроля и эмульсии, содержащей только ГВ. В большей степени стабилизовали нефтяную эмульсию гуминовые вещества сфагнового верхового и переходного торфов (рис.2 в).

Присутствие микроорганизмов *Rhodococcus X5* и ГВ (СВТ) или ГВ (СПТ) стабилизирует эмульсию нефти в воде в 3-8 раза лучше относительно контрольного раствора и в 2-4 раза относительно раствора, содержащего только микроорганизмы, через 2 часа после начала проведения эксперимента. Наилучшие значения величины пропускания через 26 часов от начала эксперимента демонстрируют так же гуминовые вещества сфагнового верхового и переходного торфа: 12 и 25% при $\tau=2$ ч и 48 и 52% при $\tau=26$ ч, что согласуется с предыдущими результатами экспериментов, т.к. данные гуминовые вещества оказывают максимальное стимулирующее действие на рост микроорганизмов *Rhodococcus erythropolis X5* [18].

Использование гуминовых веществ совместно с микроорганизмами-нефтедеструкторами для детоксикации водных экосистем от углеводородов нефти реализуется благодаря их совместному действию в качестве стабилизаторов эмульсии нефти в воде путем образования структурно-механического барьера (рис.3) вокруг нефтяных капель. При этом, возможно несколько механизмов стабилизации нефтяной эмульсии: во-первых, гуминовые вещества являются питательным субстратом для микроорганизмов, участвующих в разложении углеводородов нефти, которые после нанесения их на очищаемую поверхность прикрепляются к пленке нефти на разделе фаз нефть-природная среда и включаются в процесс биodeградации углеводородов нефти. Во-вторых, возникающие в результате химической переработки нефтепродуктов микроорганизмами биосурфактанты способствуют еще большей сольubilизации нефтяных углеводородов, тем самым обеспечивая их ассимиляцию микробными клетками. В дальнейшем происходит седиментация образованных миксов эмульсий нефти с их последующим разложением до углекислого газа и воды (рис. 3).



Рис. 3. Образование структурно-механического барьера вокруг нефтяных капель молекулами гуминовых веществ

Таким образом, для утилизации дизельного топлива в водных средах наиболее перспективными для создания биокомпозиции являются гуминовые вещества сфагнового верхового торфа и микроорганизмы-нефтедеструкторы *Rhodococcus erythropolis X5*; для нефти – гуминовые вещества тростникового низинного торфа и микроорганизмы *Rhodococcus erythropolis S67*.

Заключение

Установлено, что наиболее стабильными являются водные эмульсии гексадекана и нефти в присутствии микроорганизмов *Rhodococcus erythropolis S67* и ГВ (ТНТ), коэффициент пропускания минимален и составляет 27-51% для гексадекана и 37-43% для нефти, а по отношению к водной эмульсии на основе дизельного топлива наиболее эффективными эмульгаторами оказались ГВ (СВТ) и *Rhodococcus erythropolis X5*, коэффициент пропускания которых минимален и составляет 26-45%.

Полученная биокомпозиция на основе гуминовых кислот и микроорганизмов рода *Rhodococcus* и их ассоциаций способна стабилизировать эмульсии нефтепродуктов воде за счет связывания нефтепродуктов гуминовыми веществами торфов в нетоксичные комплексы. Причем периферические части молекул ГВ связываются с легкими фракциями нефти, в большей своей степени представленные парафинами, за счет гидрофобных связей, взаимодействие ароматического каркаса с тяжелыми фракциями протекает по типу «стэкинг – взаимодействия», которое осуществляется между параллельно расположенными ароматическими структурами за счет ван-дер-ваальсовых сил, объединяющих в себе несколько типов

межмолекулярных взаимодействий. Образуются стойкие, трудно расслаивающиеся эмульсии, так как капли дисперсной фазы, защищенные своеобразным панцирем - адсорбционной пленкой, не могут сливаться друг с другом. Капли нефтепродуктов, окруженные молекулами гуминовых веществ, приобретают отрицательную плавучесть и переходят с поверхности в толщу воды, где они интенсивно разлагаются микроорганизмами-нефтедеструкторами из-за большой поверхности контакта [13, 14].

Таким образом, на основе гуминовых веществ тростникового низинного торфа и углеводородокисляющих микроорганизмов *Rhodococcus erythropolis* S67 возможна разработка эффективной биоконпозиции для стабилизации, связывания и утилизации разливов нефтепродуктов в акваториях.

Результаты спектрофотометрического анализа и рассчитанные значения коэффициентов пропускания водных эмульсий нефтепродуктов в присутствии ГВ и микроорганизмов нефтедеструкторов рода *Rhodococcus* дополняют ранее полученные экспериментальные данные газохроматографического и гравиметрического анализов водных эмульсий на основе гексадекана, дизельного топлива и нефти [18].

Работа выполнена в рамках Гранта ректора ТулГУ для молодых учёных № 8875ГРР от 01.08.2020.

Список литературы

1. Войно Д.А. Процесс очистки природных вод от гуминовых веществ с использованием электроразрядного реактора. Томск: Томский политехнический институт. 2016. 124 с.
2. Иваненко Н.В. Экологическая токсикология. Учебное пособие. Владивосток: Изд-во ВГУЭС. 2006. 108 с.
3. Ганиев М. М., Недорезков В. Д. Химические средства защиты растений. М.: Колосс. 2006. 248 с.
4. Гречищева Н.Ю., Перминова И.В., Мещеряков С.В. Перспективность применения гуминовых веществ в технологиях очистки нефтезагрязненных почв // Экология и промышленность России. 2016. Том 20 (№ 1). С. 30 - 36.
5. Murygina V.P., Arinbasarov M., Kalyuzhnyi S. Bioremediation of oil polluted aquatic systems and soils with the novel preparation "Rhoder" // Biodegradation. 2000. №11.P. 385 - 389.
6. Бойкова О.И., Волкова Е.М. Химические и биологические свойства торфов Тульской области // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2013. №3. С. 253 - 264.

7. Дмитриева Е.Д., Леонтьева М.М., Сюдюкова К.В. Молекулярно-массовое распределение гуминовых веществ и гиматомелановых кислот торфов различного генезиса Тульской области // Химия растительного сырья. 2017. №4. С. 187 - 194.
8. Дмитриева Е.Д., Горячева А.А., Сюдюкова К.В. Электрофоретический анализ гуминовых веществ различного происхождения в полиакриламидном геле в присутствии денатурирующих агентов // Международный Научный Институт «Educatio». 2014. № 4 (2). С. 152 - 154.
9. Нечаева И.А. Биодegradация углеводов нефти психротрофными микроорганизмами-деструкторами. Пушкино: ПушГЕНИ. 2009. 175 с.
10. Дмитриева Е.Д., Сюдюкова К.В., Леонтьева М.М., Глебов Н.Н. Влияние рН среды на связывание ионов тяжелых металлов гуминовыми веществами и гиматомелановыми кислотами торфов // Ученые записки Казанского университета. Естественные науки. 2017. Т. 159 (кн. 4). С. 575 - 588.
11. Evans C.G.T., Herbert D., Tempest D.W. Continuous Cultivation of Micro-organisms: 2. Construction of a Chemostat // Methods Microbiol. 1970. V. 2. P. 277 - 327.
12. Гречищева Н.Ю. Разработка научных основ применения гуминовых веществ для ликвидации последствий нефтезагрязнения почвенных и водных сред. М.:МГУ. 2016. 326 с.
13. Семенов А.А. Влияние гуминовых кислот на устойчивость растений и микроорганизмов к воздействию тяжелых металлов. М.:МГУ. 2009. 26 с.
14. Гречищева Н.Ю., Щукина В.Д., Холодов В.А., Лазарева Е.В., Парфенова А.М., Мещеряков С.В., Перминова И.В. Оценка способности гуминово-глинистых комплексов стабилизировать эмульсии нефти в воде // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2014. №. 9. С. 51 - 55.
15. Постановление Правительства РФ от 21.08.2000 N 613 (ред. от 14.11.2014) «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов» (вместе с «Основными требованиями к разработке планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов»)
16. 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.

17. 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. №2. С.60 - 68.
18. 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 - 157.

Об авторах:

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

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

**STABILIZING ABILITY OF HUMIC SUBSTANCES
AND MICRO-ORGANISMS OF THE GENUS RHODOCOCCUS
IN THE RELATION TO OIL PRODUCTS**

M.M. Gertsen, E.D. Dmitrieva

Tula State University, Tula

The effect of microorganisms of the genus *Rhodococcus* on the stabilizing ability of humic substances of peats in the relation to oil hydrocarbons was studied. It was found that the most stable aqueous emulsions of hexadecane and oil in the presence of microorganisms *Rhodococcus erythropolis* S67 and humic substances of reed fen peat and emulsion in the relation to fuel - humic substances of sphagnum high-moor peat and *Rhodococcus erythropolis* X5. It is proved that the obtained biocomposition based on humic substances of peats and microorganisms of the genus *Rhodococcus* is able to stabilize emulsions of oil hydrocarbons in water by binding them with humic substances of peat to non-toxic complexes.

Keywords: humic substances, microorganisms-oil destructors, oil, stabilizing ability, transmittance, oil emulsion