РАЗДЕЛ III. БИОЛОГИЯ

Коваленко В.В., Фахрутдинов А.И., Ямпольская Т.Д.
Вопросы деструкции нефтепродуктов в донных отложениях озёр

Сургутский государственный университет ХМАО-ЮГРЫ
(Россия, Сургут)

doi:10.18411/spc-22-03-2018-03

idsp: 000001:spc-22-03-2018-03

На территории Западной Сибири расположено более пятисот нефтяных и газовых месторождений. Поэтому наиболее главной проблемой загрязнения озёр остается поступление значительных объемов нефтепродуктов [27].

Озера являются экосистемами, в которых все компоненты взаимосвязаны, и при отсутствии внешних воздействий озера достигают некоторого состояния равновесия с окружающей средой, что со временем приводит к более или менее стабильному положению, когда организмы, обитающие в озерах, приспосабливаются к существующим условиям [10]. Но данная стабильность достаточно сильно нарушается при загрязнении водоемов нефтепродуктами.

Одним из важных показателей самоочищения природных вод является остаточное содержание нефтепродуктов. Как правило, остаточное содержание нефтепродуктов и эффективность биохимической трансформации углеводов зависят от расположения озёр в различных климатических и растительных поясах, которые закономерно сменяются с широтой и высотой местности [27]. Также не маловажным фактором создания условий для окислительной деструкции нефтепродуктов является наличие растворенного в воде кислорода и ультрафиолетового излучения [16].

Поступление в водную экосистему избыточного количества углеводов обычно сопровождается увеличением процессов их биохимической трансформации. Необходимо отметить, что нефтяные углеводороды не являются полностью инородными для природных экосистем, так как флора и фауна производят достаточно большое количество природных углеводов [27].

В процессах самоочищения водных объектов от углеводов важная роль принадлежит донным отложениям.

Донные отложения представляют собой природный биогеохимический барьер, который затрагивает процессы передачи вещества и энергии в водных экосистемах. [25].

Наиболее важными процессами, протекающими в донных отложениях, являются: процессы деструкции органического вещества, потребления кислорода и поступления биогенных элементов в водную массу озера.

Также на трансформацию вещества в донных отложениях оказывают влияние физико-географические условия среды осадкообразования, скорость осадконакопления, минералогический и химический состав абиогенного материала, количественный и качественный состав органического вещества, поступающего в донные отложения, и деятельность донных организмов, участвующих в процессах его трансформации [2].

Способность донных отложений к адсорбции нефти зависит от гранулометрического состава донных отложений, степени плотности, дисперсности и связанности частиц [23]. Что касается деструкции углеводов, то она зависит от

наличия в донных отложениях определенных углеводородоокисляющих микроорганизмов (УОМ).

Процессы деструкции углеводородов в водах зависят от таких показателей как: глубина водоема, наличие придонных течений и гранулометрический состав донных отложений.

Так, в процессе адсорбции углеводороды благодаря взвешенным частицам осаждаются на дно водоема. При этом биохимическое окисление нефти в водоеме сопровождается непрерывной миграцией тяжелых ее фракций с поверхности на дно и обратно [29].

Основная роль в процессах деструкции нефтепродуктов в воде принадлежит биогенным факторы, и в первую очередь микроорганизмам-деструкторам. Нефтеоокисляющие микроорганизмы в донных отложениях распределяются по-разному. Исследователи объясняют это тем, что углеводороды концентрируются в нижнем слое, а поверхностный – перемещается вместе с водой [43].

Бактериальные сообщества четко выявляют «концентрационную границу» нефтяного загрязнения на уровне 40-60 мг/кг сухого грунта. При избыточном нефтяном загрязнении возрастает численность и биомасса бактерий, снижается активность, накапливаются токсичные продукты анаэробного распада [21].

За летний период микроорганизмами поверхностных вод может быть окислено от 1,2 до 2,5 мг нефтяных углеводородов в 1 л. Данная закономерность прослеживается на легкодоступных для микроорганизмов углеводородах; скорость деструкции углеводородов других классов будет низкой [17]. В связи с активной трансформацией и деградацией нефтепродуктов изменяется их структура, получают более устойчивые к биологической переработке вещества, либо токсичные продукты [35].

При увеличении температуры активность углеводородоокисляющих микроорганизмов (УОМ) возрастает. Изменения углеводородоокисляющей активности бактерий носят выраженный сезонный характер. Так, максимальная активность нефтеоокисляющих микроорганизмов наблюдается при температуре воды 15-35 °С. С понижением температуры интенсивность окисления резко уменьшается [29].

Таким образом, процессы, протекающие в донных отложениях озер, играют важную роль в деструкции углеводородов, а на интенсивность деструкции влияние оказывает содержание, и количество углеводородоокисляющих микроорганизмов.

Углеводородоокисляющие микроорганизмы часто встречаются в природе, причем они могут присутствовать как в загрязненных, так и в незагрязненных экосистемах и отличаются наличием комплекса ферментов, окисляющих углеводороды и способностью к поглощению гидрофобного субстрата [9].

Окислительная способность углеводородоокисляющих микроорганизмов формируется многими факторами: составом углеводородов, а для загрязненных территорий – также важна концентрация нефтепродуктов в воде; рядом абиотических факторов, таких как температура, степень солености, наличие кислорода и водородный показатель [30, 31, 48].

Представители нефтеоокисляющей микрофлоры, как *Thalassolituus* и *Cycloclasticus*, а также *Roseobacter*, способны активно окислять нефть как при температуре 4 °С, так и при 20 °С, что свидетельствует о термо-универсальности таких организмов [46].

Важным фактором, влияющим на эффективность деструкции углеводородов, является состав микробного сообщества. В составе углеводородоокисляющей водной

микрофлоры чаще всего встречаются: *Rhodococcus*, *Nocardia*, *Frankia*, *Corynebacterium*, *Actinomadura*, *Nocardiosis*, *Brevibacterium*, *Mycobacterium*, *Acinetobacter*, *Pseudonocardia*, *Pseudomonas*, также дрожжи родов *Candida*, *Trichosporom*, *Rhodotorula*, мицелиальные грибы родов *Gunninghamella*, *Aspergillus*, *Penicillum*, *Cladosporum* [3, 40, 45].

Важную роль при деградации нефтепродуктов играют физико-химические свойства углеводов. Пропан, бутан и другие соединения окисляют бактерии подобные *Bact. methanicum*. В присутствии нитратов или сульфатов они окисляют углеводороды без участия свободного кислорода.

Ряд бактерий – *Mycobacterium album*, *Bact. aliphaticum* – и грибы некоторых видов *Penicillium*, используют в качестве единственного источника углерода углеводороды нефти, бензина, керосина, парафина [8]. Окисление идет до образования CO_2 и H_2O , при этом выделяются промежуточные продукты - органические кислоты, спирты, непредельные углеводороды.

Углеводородоокисляющие бактерии способны к поглощению различных углеводородов именно благодаря особенностям их строения и метаболической организации. Способность микроорганизмов поглощать углеводороды зависит от состава и строения клеточной стенки [19, 20, 38].

Неотъемлемое значение имеет морфотип нефтеокисляющих бактерий. Сравнительный анализ углеводородоокисляющей активности S- и R-морфотипов нефтеокисляющих актинобактерий, показал значимые различия в параметрах роста между S- и R-формами. У S-форм наблюдалась максимальная удельная скорость роста и для них определен широкий спектр деградации углеводородов и высокая степень деструкции поллютантов [41].

Важным фактором в процессах окисления углеводородов является интенсивность и сроки загрязнения, формирующие смену доминирующих микробных сообществ. Анализ микробного состава проб почв взятых на территории Саудовской Аравии и Кувейта показал, что первые две недели доминирующими микроорганизмами оказались виды *Rhodococcus sp.*, *Arthrobacter sp.* и *Bacillus sp.*, а в конце третьей недели себя проявили *Streptomyces sp.* и *Rhodococcus sp.* [49].

Исследования, проводившиеся на территории Можайского водохранилища, показали, что в водоемах, загрязненных дизельным топливом, на начальных этапах доминировали виды *Acinetobacter sp.*, *Arthrobacter sp.*, на последующих этапах – представители вида *Rhodococcus sp.* На последних этапах наблюдалось доминирование *Pseudomonas sp.* [18].

Таким образом, ведущая роль в деструкции углеводородов нефтяного происхождения, принадлежит, главным образом, нокардиоформным бактериям, а также бактериям родов *Pseudomonas*, *Acinetobacter*. Это связано в первую очередь, с физиологическими особенностями данных групп бактерий и с их способностью к поглощению гидрофобного субстрата, так как эффективность микробиологической деструкции на прямую зависит от способности микроорганизмов поглощать гидрофобный субстрат [3, 9, 39].

На сегодняшний день актуальной остается проблема выбора технологии очистки нефтезагрязненных вод и грунтов. При рекультивации природных объектов, загрязненных нефтью, используют различные методы: механические, физико-химические, термические и другие [22]. Стоит отметить, что основными недостатками данных методов являются высокая стоимость, сложное аппаратное оформление

процесса, возможность загрязнения химическими растворами и уничтожение аборигенной биоты [37]. В связи с этим, наиболее эффективным методом представляется биоремедиация – технология, основанная на использовании микроорганизмов-нефтедеструкторов [36]. В процессе данной технологии используются концентрированные биологические препараты, основным компонентом которых являются особо подобранные углеводородокисляющие микроорганизмы, ферменты и биосурфактанты (ПАВ), способные ускорять естественные процессы разложения органического составляющего загрязнения благодаря быстрому расщеплению молекул, значительно облегчая таким образом усвоение бактериями загрязняющего вещества [11, 35].

Ключевым фактором, определяющим выбор ремедиационной стратегии, является температура. Для очистки грунтов и вод при пониженных температурах разработаны и используются различные микробные препараты, такие как: препарат «Биоойл-Югра» [33], включающий в себя наполнитель и ассоциацию нефтеразрушающих штаммов микроорганизмов: *Saccharomyces sp.*, *Bacillus sp.*, *Enterobacter sp.*; биопрепарат «Лессорб-био» [34], созданный на основе нефтеокисляющих бактерий *Mycobacterium flavescens*, *Mycobacterium sp.*, *Rhodococcus sp.*, *Acinetobacter sp.* и сорбента «Лессорб», представляющего собой продукт обработки растительного материала [5, 28].

Ассоциации микроорганизмов способны полнее и быстрее разлагать углеводородные субстраты по сравнению с индивидуальными штаммами [26, 40]. Обладая разными ферментными системами, при совместном действии микроорганизмы, входящие в состав ассоциации, способны разлагать углеводороды с большей эффективностью, а ферментативная активность наблюдается на более ранних сроках, по сравнению с монокультурами [14]. Преимущество препарата «Devouroil», состоящего из консорциума микроорганизмов заключается в том, что в состав препарата входят как липофильные (*Rhodococcus sp.*, *Rhodococcus maris*, *Rhodococcus erythropolis*), так и гидрофильные (*Pseudomonas stutzeri*) микроорганизмы. Также основная особенность препарата в том, что микроорганизмы, входящие в его состав, могут развиваться в широком диапазоне солености (0,05-15%) [1].

Среди углеводородокисляющих микроорганизмов перспективной является группа актинобактерий рода *Rhodococcus*. Широкий спектр метаболических возможностей и уникальные ферментные системы обуславливают способность родококков деградировать разнообразные углеводороды (алифатические, ароматические, гетероциклические) и их производные (гербициды, полихлорированные бифенилы, фармполлютанты, фенолы) [47]. Родококки характеризуются наличием разнообразных способов клеточной кооперации. Она способствует установлению контакта клеток друг с другом, их удержанию в колониях, адсорбции на поверхности капель гидрофобных субстратов и почвенных частиц, а также образованию на поверхности носителей биопленок, использующихся в биотехнологических процессах. За счет фрагментации клеточного мицелия родококков на короткие палочковидные формы увеличивается отношение клеточной поверхности к общему объему клетки, что, в свою очередь, повышает способность родококков поглощать трудноусваиваемый гидрофобный субстрат [15]. Кроме того, родококки имеют гидрофобную клеточную стенку и способны синтезировать поверхностно-активные вещества (биосурфактанты), что обеспечивает взаимодействие данных бактерий с труднодоступными гидрофобными субстратами – нефтяными углеводородами [45]. Вышеперечисленные

особенности родококков, в сочетании со способностью выживать в неблагоприятных условиях среды, обуславливают перспективность их использования в биопрепаратах.

Особым значением в рекультивации водоемов занимают сорбенты. Нефтяные сорбенты – материалы, применяемые для сбора нефти с поверхности водоемов. Для определения качества нефтяных сорбентов используют три основных показателя: нефтепоглощение, водопоглощение и плавучесть. Эффективность сорбентов для сбора нефти оценивают в первую очередь по значению нефтеемкости. Для производства нефтяных сорбентов применяют разнообразное сырье, например древесные опилки, отходы ватного производства, бурый уголь и другие. По механизму различают сорбенты, для которых доминирует физическая поверхностная сорбция и сорбенты, для которых характерен процесс поглощения нефти и нефтепродуктов всем объемом [4, 24, 44].

Состав и свойства сорбента являются ключевым фактором, влияющих на интенсивность разложения углеводов [12, 13, 42].

Вышеперечисленные способы очистки водоемов касаются главным образом поверхности и толщи водной системы. Что же касается донных отложений, согласно недавно проведенным исследованиям, кроме общеизвестных методов очистки, появилась перспектива еще одного метода. Был разработан метод с применением червей *Limnodrilus hoffmeisteri*, как активных минерализаторов органических веществ [6, 7].

Теоретический анализ литературы показывает, что проблема технологии и методов рекультивации рассматривается достаточно широко и является актуальной. В то же время ряд вопросов, связанных, например, с разработкой ассоциаций микроорганизмов, способных активно разрушать различные углеводороды, все еще вызывает некоторые трудности.

1. Ассоциация штаммов бактерий-нефтедеструкторов и способ ремедиации нефтезагрязненных объектов: пат. 2295403 Рос. Федерация; приоритет изобретения 09.10.2003.
2. Белкина, Н. А. Роль донных отложений в процессах трансформации органического вещества и биогенных элементов в озерных экосистемах / Н. А. Белкина // Труды Карельского научного центра РАН. – 2011. – № 4. – С. 35-41.
3. Бутаев А. М. О роли углеводородокисляющих микроорганизмов в процессах самоочищения прибрежных вод дагестанского побережья Каспийского моря от нефтяного загрязнения / А. М. Бутаев, Н. Ф. Кабыш // Вестник Дагест. науч. центра. – 2002. – № 13. – С. 69-77.
4. Веприкова, Е. В. Особенности очистки воды от нефтепродуктов с использованием нефтяных сорбентов, фильтрующих материалов и активных углей / Е. В. Веприкова, Е. А. Терещенко, Н. В. Чесноков, М. Л. Щипко и др. // Сибирский федеральный университет. – Химия. – 2010. – № 3(3). – С. 285-304.
5. Ветрова А. А. Сравнительная эффективность деградации нефтепродуктов консорциумом плазмидосодержащих штаммов-деструкторов и биопрепаратами «МикроБак», «Биоойл» / А. А. Ветрова, А. А. Иванова, А. Е. Филонов, В. А. Забелин и др. // Известия Тульского госуд. ун-та. – Естественные науки. – 2013. – Вып. 2. – С. 258-272.
6. Воробьев Д. С. К вопросу о роли тубифицид в потреблении кислорода в донных отложениях, загрязненных нефтью / Д. С. Воробьев, Н. А. Залозный, Ю. А. Франк и др. // Известия Самарского научного центра РАН. – 2009. – Т. 11, – № 1 (4). – С. 702-706.
7. Воробьев Д. С. Влияние плотности червей *Limnodrilus hoffmeisteri* на процессы очистки донных отложений от нефти / Д. С. Воробьев, Ю. А. Франк, С. В. Лушников // Вестник Томского гос. ун-та. – 2012. – № 4 (20). – С. 195-202.
8. Гоголева О. А. Каталазная активность углеводородокисляющих бактерий / О. А. Гоголева, Н. В. Немцева, О. В. Бухарин // Прикл. биохимия и микробиология. – 2012. – Т. 48. – № 6. – С. 612-617.
9. Гоголева О. А. Углеводородокисляющие микроорганизмы природных экосистем / О. А. Гоголева, О. В. Поршнева // Бюллетень Оренбургского научного центра Уро РАН. – 2012. – № 2. – С. 1-7.
10. Гузеева С. А. Экологическое состояние поверхностных вод и донных отложений озер г. Тюмени / С. А. Гузеева // Вестн. Красноярского государственного аграрного ун-та. – 2014. – № 8. – С. 134-139.

11. Долгополова В. Л. Способы очистки морских акваторий от нефтяных загрязнений / В. Л. Долгополова, О. В. Патрушева // Молодой ученый. – 2016. – № 29. – С. 229-234.
12. Жилиева А. В. Разработка экологически безопасного сорбента для очистки вод от нефтепродуктов и исследование его свойств / А. В. Жилиева, Т. Н. Мясоедова, Г. Э. Яловега // Известия Южного федерального ун-та. – 2014. – № 9(158). – С. 217-225.
13. Жукова О. В. Взаимодействие микроорганизмов с твердыми поверхностями сорбентами при снятии локального нефтяного загрязнения / О. В. Жукова, Н. В. Морозов // Вестник ТГГПУ. – 2010. – № 3 (21). – С. 99-106.
14. Жукова О. В. Исследование взаимоотношений углеводородокисляющих микроорганизмов в ассоциациях, используемых для управляемой очистки природных и сточных вод от нефтяных загрязнений / О. В. Жукова, Н. В. Морозов // Вестник ТГГПУ. – 2007. – № 9-10. – С. 100-107.
15. Ившина И. Б. Адаптационные механизмы выживания алканотрофных родококков, реализованные в неблагоприятных условиях среды / И. Б. Ившина, Т. Н. Каменских, Б. А. Анохин // Вест. Пермского ун-та. – 2007. – № 5(10). – С. 107-112.
16. Ильинский В. В. Гетеротрофный бактериопланктон: Экология и роль в процессах естественного очищения среды от нефтяных загрязнений: дисс. ...д-ра хим. наук: 03.00.18 / В. В. Ильинский. – М., 2000. – 603 с.
17. Ильинский В. В. Углеводородокисляющие микроорганизмы в прибрежных и открытых водах Можайского водохранилища: активность и вклад в процессы естественного очищения в летний период / В. В. Ильинский, О. В. Поршнева, М. Н. Семененко // Водные ресурсы. – 1998. – Т. 25. – № 3. – С. 335-338.
18. Ильинский В. В. Углеводородокисляющие бактериоценозы незагрязненных пресных вод и их изменения под влиянием нефтяных углеводородов (на примере юго-восточной части Можайского водохранилища). В. В. Ильинский, О. В. Поршнева, Т. И. Комарова и др. – Микробиология. – 1998. – № 2. – С. 267-273.
19. Консорциум микроорганизмов *Rhodococcus* sp., *Rhodococcus maris*, *Rhodococcus erythropolis*, *Pseudomonas stutzeri*, *Candida* sp., используемый для очистки почвенных и солоноватоводных экосистем от загрязнения нефтепродуктами: пат. 2023686 Рос. Федерация; приоритет изобретения 13.04.1992; зарег. в Госреестре изобр. 30.11.1994.
20. Куюкина М. С. Влияние состава клеточных липидов на формирование неспецифической антибиотикорезистентности алканотрофных родококков / М. С. Куюкина, И. Б. Ившина, И. М. Рычкова и др. // Микробиология. – 2000. – № 1. – С. 62-69.
21. Кузнецова И. А. Микробиологическая оценка последствий нефтяного загрязнения водоемов / И. А. Кузнецова, А. Н. Дзюбан // Современные проблемы гидробиологии Сибири: Тез. докл. Всесоюз. Конф. – Томск, 2001. – С. 123-124.
22. Кузнецов Ф. М. Рекультивация нефтезагрязненных почв / Ф. М. Кузнецов, С. А. Иларионов, В. В. Середин, С. Ю. Иларионова // Перм. гос. тех. ун-т. – Пермь, 2000. – С. 105.
23. Московченко Д. В. Исследование состава донных отложений рек бассейна нижней Оби (в пределах Ханты-Мансийского автономного округа) / Д. В. Московченко, Э. И. Валеева // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2001. – № 2. – С. 138-142.
24. Надеин А. Ф. Повышение эффективности биологической очистки нефтесодержащих сточных вод / А. Ф. Надеин // Экология человека. – 2009. – № 12. – С. 10-12.
25. Новиков Ю. В. Экология, окружающая среда и человек / Ю. В. Новиков. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: 2005. – 736 с.
26. Панченко Л. В. Методические рекомендации по биорекультивации нефтезагрязненных земель / Л. В. Панченко, О. В. Турковская, Е. В. Дубровская, А. Ю. Муратова // Изд-во Саратовского ун-та. – 2003. – 28 с.
27. Паничева Л. П. Биохимическая трансформация нефтяных углеводородов в водах Западной Сибири / Л. П. Паничева, Т. И. Моисеенко, Т. А. Кремлева, С. С. Волкова // Вестн. Тюменского государственного ун-та. – 2012. – № 12. – С. 38-48.
28. Перетрухина И. В. Определение скоростей биodeградации нефтяных углеводородов в воде литорали Кольского залива / И. В. Перетрухина, В. В. Ильинский, М. Ю. Литвинова // Вестник МГТУ. – 2006. – Т. 9. – № 5. – С. 828-832.
29. Петрухин, В. П. Справочник инженера по охране окружающей среды (эколога) / В. П. Петрухин, З. И. Петрухина, Т. А. Овчарюк. – М.: Инфра-Инженерия, 2005. – 864 с.
30. Плешакова Е. В. Биodeградация нефтяных углеводородов штаммом *Dietzia maris*, ее генетические особенности / Е. В. Плешакова, С. Н. Голубев, О. В. Турковская // Известия Саратовского ун-та. – 2007. – Т. 7. Сер. Химия. Биология. Экология. – №1. – С. 54-57.
31. Плешакова Е. В. Интродукция нефтеокисляющего штамма *Dietzia maris* в загрязненную почву / Е. В. Плешакова, Л. Ю. Матора, О. В. Турковская // Сб. ст. под ред. О. В. Турковской. – Саратов: Научная книга, 2005. – С. 148-156.
32. Попов А. Н. Особенности самоочищения рек / А. Н. Попов // Охрана речных вод. Новосибирск: Изд-во «Наука». – 1982. – С.17-20.
33. Препарат для очистки почвы и воды от нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс] / А. М. Шестопалов, В. А. Забелин, А. Ю. Алексеев. Пат. РФ 2337069. – 2007. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/233/2337069.html>.
34. Препарат для очистки воды и почвы от нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс] / В. М. Кондрашенко, В. П. Холоденко, И. А. Дунайцев, Э. М. Ермоленко, В. А. Чугунов, И. И.

- Мартовецкая, Р. И. Миронова, Н. А. Жиркова. Пат. РФ № 2191753. – 2002. Режим доступа: <http://bd.patent.su/21910002191999/pat/servlet/servlet0f05.html>.
35. Серебрякова Е. В. Оценка гидрофобных свойств бактериальных клеток по адсорбции на поверхности капель хлороформа / Е. В. Серебрякова, И. В. Дармов, Н. П. Медведев и др. // Журнал микробиология. – 2002. – № 2. – С. 237-239.
 36. Серебренникова М. К. Биологические способы очистки нефтезагрязненных сточных вод (обзор) / М. К. Серебренникова, М. С. Тудвасева, М. С. Куюкина // Вестник Пермского ун-та. – 2015. – № 1. – С. 15-30.
 37. Смольникова В. В. Особенности биоремедиации нефтезагрязненных почв / В. В. Смольникова, Д. М. Дементьева, М. С. Дементьев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13. – № 1-5. – С. 1219-1221.
 38. Сопрунова О. Б. Штаммы-деструкторы нефтяных углеводородов / О. Б. Сопрунова, М. А. Ключанова // Вестник АГТУ. – 2007. – № 1. – С. 180-183.
 39. Фахрутдинов А. И. Нефтедеструктивная активность донных отложений озер, загрязненных углеводородами / А. И. Фахрутдинов, Т. Д. Ямпольская, А. А. Зубайдулин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18. – № 2(2). – С. 534-543.
 40. Хмурчик В. Т. Использование аборигенной микрофлоры для борьбы с нефтяным загрязнением подземных вод / В. Т. Хмурчик, Н. Г. Максимович // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2007. – № 5. – С. 123-126.
 41. Худокормов А. А. Деструкция углеводородов различными морфотипами нефтеокисляющих актинобактерий / А. А. Худокормов, Э. В. Карасева, А. А. Самков, Н. Н. Волченко и др. // Кубанский гос. аграрный ун-т им. И. Т. Трубилина. – 2013. – № 92. – С. 153-175.
 42. Чикина Н. С. Снижение экологической нагрузки от разливов нефти и нефтепродуктов с помощью сорбента на основе пенополиуретана и отходов зерновых культур / Н. С. Чикина, А. В. Мухамедшин, А. В. Анкудинова, Л. А. Зенитова и др. // Вестник Казанского тех. ун-та. – 2009. – № 6. – С. 184-192.
 43. Ягафарова Г. Г. Экологическая биотехнология в нефтегазодобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности / Г. Г. Ягафарова – М.: Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т, 2001. – 214 с.
 44. Яппаров А. Х. Ремедиация нефтезагрязненной почвы с использованием наносорбента и консорциума аборигенных углеводородоокисляющих микроорганизмов / А. Х. Яппаров, И. А. Дегтярева, А. М. Ежкова, И. А. Яппаров и др. // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 115-117.
 45. Coulon F. Effects of temperature and biostimulation on oil-degrading microbial communities in temperate estuarine waters / F. Coulon, B. A. McKew, A. M. Osborn, T. J. McGenity, K. N. Timmis // Environ Microbiol. University of Essex – 2007. – Jan. 9 (1) – P. 177-86.
 46. L. Martinková et al. Biodegradation potential of the genus *Rhodococcus* / L. Martinková et al. // Environment International. – 2009. – Vol. 35. – № 1. – P. 162-177.
 47. Metamicrobe [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: <http://www.metamicrobe.com/>.
 48. Prieto M. B. Degradation of phenol by *Rhodococcus erythropolis* UPV-1 immobilized on Biolite® in packed-bed reactor / M. B. Prieto et al. // Journal of Biotechnology. – 2002. – Vol. 97. – № 1. – P. 1-11.
 49. Sorkhoh N. A. Crude oil and hydrocarbon degrading strains of *Rhodococcus*: *Rhodococcus* strains isolated from soil and marine environments in Kuwait/ N. A. Sorkhoh, M. A. Ghannoum, A. Ibrahim, R. J. Stretton, S. S. Rdaman. – Environ. Pollut. – 1990. – № 65. – С. 1-18.

Торопова А.Ф., Торгашкова О.Н., Искалиева А.К.

**Анализ качества водной среды реки Баланда в пределах города Калининска
Саратовской области**

*Саратовский национально исследовательский государственный университет имени
Н.Г. Чернышевского
(Россия, Саратов)*

doi:10.18411/spc-22-03-2018-04

idsp: 000001:spc-22-03-2018-04

В связи с возрастающими масштабами использования природных ресурсов усиливается антропогенное давление на окружающую природную среду, поэтому на современном этапе неизмеримо возрастают требования к рациональному природопользованию [1]. На сегодняшний день качество природной воды является самой острой проблемой современности, поскольку оказывается в большинстве случаев наиболее чувствительным к антропогенным воздействиям [2].

Исследования проводились на реке Баланда в районе города Калининска Калининского района Саратовской области. Оценка качества водных объектов проводилась на основе органолептических и гидрохимических наблюдений. При