

## Перспективы использования консорциума углеводородокисляющих микроорганизмов для очистки нефтезагрязнённой почвы Крайнего Севера

© 2016. Т. Ю. Коршунова, с.н.с., С. П. Четвериков, в.н.с.,  
О. Н. Логинов, зав. лабораторией,  
Уфимский Институт биологии РАН,  
450054, Россия, г. Уфа, проспект Октября, д. 69,  
e-mail: korshunovaty@mail.ru

Ханты-Мансийский автономный округ-Югра занимает первое место в России по добыче нефти, но также лидирует и по числу чрезвычайных ситуаций, связанных с разливами нефти и нефтепродуктов. Задачей исследования было изучение в полевом опыте возможности применения природного консорциума микроорганизмов *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1 и *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2, выделенного авторами ранее для очистки нефтезагрязнённой почвы на территории этого региона. Опытный участок (заросшее лесом болото, степень загрязнения нефтью очень высокая – 70,3% (масс.)) был разбит на делянки площадью 1 м<sup>2</sup>, каждую из которых в сентябре 2013 года однократно обработали 1 л бактериальной суспензии с титром 1·10<sup>8</sup> КОЕ/мл. Помимо консорциума в качестве вариантов сравнения использовали штамм бактерий *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1, способный разлагать нефтепродукты в условиях низких положительных температур, а также смесь этих бактерий в равных количествах. Контролем служили делянки без интродукции микроорганизмов. Для оценки эффективности применения биопрепаратов контролировали степень разложения углеводородов и численность основных физиологических групп микроорганизмов, участвующих в биотрансформации нефтепродуктов (гетеротрофных аммонифицирующих и углеводородокисляющих). За 9 месяцев эксперимента на делянках, обработанных консорциумом микроорганизмов *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1 и *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2, количество остаточных углеводородов уменьшилось до 40% (по массе), а численность гетеротрофных аммонифицирующих и углеводородокисляющих бактерий увеличилась на 2–3 порядка. Полученные данные практически совпадают с результатами, достигнутыми при внесении психротолерантного штамма *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1. На контрольных делянках без интродукции биопрепаратов численность гетеротрофных аммонифицирующих и углеводородокисляющих микроорганизмов осталась на прежнем уровне, а содержание нефтепродуктов уменьшилось незначительно (до 67,1%). Благодаря высокой приживаемости консорциум микроорганизмов способствует не только очищению от загрязнения нефтью, но и удлинению рекультивационного сезона на несколько месяцев и поэтому рекомендуется в качестве основы биопрепарата для восстановления грунтов в зоне холодного и умеренного климата осенью и ранней весной.

**Ключевые слова:** нефтезагрязнённая почва, консорциум микроорганизмов, биодеструкция, гетеротрофные аммонифицирующие микроорганизмы, углеводородокисляющие микроорганизмы.

## Prospects of using a consortium of hydrocarbon-oxidizing microorganisms for cleaning oil-polluted soil of the extreme north

T. Yu. Korshunova, S. P. Chetverikov, O. N. Loginov,  
Ufa Institute of Biology, RAS,  
69, prospect Oktyabrya, Ufa, Russia, 450054,  
e-mail: korshunovaty@mail.ru

Khanty-Mansiysk autonomous okrug Ugra takes the first place in oil mining, it also has the biggest number of emergency situations connected with spills of oil and oil products. This paper shows the results of the field experiment of application of the natural consortium of microorganisms *Acinetobacter* sp. IB DT-5.1/1 and *Ochrobactrum* sp. IB DT-5.3/2 in cleaning oil-polluted soil in the region. The sample area (a wood-overgrown bog with a very high degree of oil-pollution – 70.3% (mas.)) was divided into allotments of 1 m<sup>2</sup>. In September, 2013 each allotment was treated with 1 litre of bacterial suspension with the titre 1·10<sup>8</sup> cells/ml. Apart from the bacterial strain *Pseudomonas* sp. IB-1.1 capable of decomposing at a low positive temperature was used for comparing with. To assess the efficiece of the iopreparations we controlled the degree of carbon decomposing and the number of main phisiological groups of microorganisms participating in oil products biotransformation (heterotrophic ammonifying and hydrocarbon-oxidizing). During 9 months of experiment at the allotments breated with the microorganisms consortium the number of residual hydrocarbons

decreased to 40% (in mass) and the number of heterotrophic ammonifying microorganisms and hydrocarbon-oxidizing microorganisms grew by 2–3 orders of magnitude. The data obtained coincide with the results acquired at introduction of the psychrotolerant strain *Pseudomonas* sp. IB-1.1. At the control allotments without biopreparations introduction the number of heterotrophic ammonifying and hydrocarbon-oxidizing microorganisms did not change and the amount of oil products decreased slightly (to 67.1%). Due to high survival ability the microorganisms consortium helps to clear oil pollution as well as to prolong the recultivation season by several months. The consortium of microorganisms *Acinetobacter* sp. IB DT-5.1/1 and *Ochrobactrum* sp. IB DT-5.3/2 is recommended as a basis of bioreparation for soil restoration in the zone of cold and moderate climate in autumn and early spring.

**Keywords:** oil-polluted soil, consortium of microorganisms, biodestruction, heterotrophic ammonifying microorganisms, hydrocarbon-oxidizing microorganisms.

При современном уровне развития нефтегазового комплекса невозможно полностью исключить его негативное воздействие на экосистемы. Все стадии добычи, транспортировки, переработки и использования нефти и нефтепродуктов в той или иной степени приводят к загрязнению окружающей среды. Из трёх основных составляющих природных сред – воды, воздуха и почвы – сложнее всего подвергается восстановлению последняя, поскольку она аккумулирует и закрепляет вещества, оказывающие токсическое действие на растительность, почвенных животных и многие группы микроорганизмов, в результате чего резко снижается или полностью утрачивается главное свойство почвы – её плодородие.

Проблема контаминации нефтью особенно актуальна для Ханты-Мансийского автономного округа-Югры (ХМАО-Югра), занимающего первое место в России по добыче этого полезного ископаемого. В 2014 г. там было получено 250,3 млн. т «чёрного золота» [1]. К сожалению, ХМАО-Югра лидирует также и по числу чрезвычайных ситуаций, связанных с выбросами нефти и нефтепродуктов, причём не только в России, но и во всём мире. Ежегодно здесь попадает в окружающую среду порядка 50–70 тыс. т нефти, ею загрязнено более 7 тыс. га земли [2, 3]. В последнее время происходит уменьшение объёмов и количества аварий. Так, в 2007 г. отмечено 5480 чрезвычайных ситуаций, приведших к загрязнению 890,9 га [3]; в 2009 г. зафиксировано 4797 инцидентов, площадь разливов составила 229,6 га [4]; в 2011 г. произошло 3624 утечки нефти [5], в 2013 г. – 2794 аварийных разлива, загрязнивших территорию в 95,5 га [6]. Но, несмотря на эту положительную тенденцию, проблема очистки почвы Ханты-Мансийского автономного округа-Югры от нефти и нефтепродуктов по-прежнему остаётся очень острой. Для этого региона с суровыми природно-климатическими условиями (резко континентальный климат, пониженные

среднегодовые температуры, недостаток аэрации, отсутствие необходимого количества биогенных элементов, скудность флоры и фауны и др.) характерны почвы с высокой степенью заболоченности, повышенной концентрацией соли, низкими значениями pH, слабым гумусовым слоем и крайне малой скоростью микробиологических процессов. Естественное самоочищение таких территорий от нефтяного загрязнения с помощью аборигенной микрофлоры является очень длительным процессом, который может растянуться на десятилетия [2, 7]. Всё это усугубляется очень незначительной активностью физико-химических факторов разложения (солнечное излучение, ферменты микроорганизмов, растений и химические окислители) [8].

Помимо количества разлитой нефти, размеры загрязнённых участков зависят и от почвенно-географических особенностей местности, на которой произошла авария. Общая выравненность рельефа и высокий уровень грунтовых вод, характерные для болотных ландшафтов ХМАО-Югры, способствуют обширному распространению поллютанта в разные стороны от места попадания его в окружающую среду [9]. Иногда за счёт значительной сорбционной способности торфа формируются локальные участки с очень высокой степенью загрязнения. Поэтому в первую очередь для ликвидации нефтяных разливов применяют сбор и откачку нефти. Потом, в зависимости от конкретных условий, проводится рекультивация торфом с подсыпкой песка, либо рыхление торфогрунта, либо обработка биопрепаратами, содержащими микроорганизмы (МО), утилизирующие широкий спектр углеводородов. Последний приём является наиболее эффективным способом восстановления экологически чистой обстановки в природных условиях без нарушения естественного биоценоза. Особенно перспективным представляется внесение природных ассоциаций-консорциумов, состоящих из нескольких видов МО, что позволяет с макси-

мальной отдачей использовать возможности процессов кометаболизма, тем самым ускоряя рекультивацию и способствуя достижению высокой степени очистки почв и грунтов [10].

Ранее из серой лесной почвы, загрязнённой дизельным топливом, был выделен консорциум МО *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1 и *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2 [11], обладающий высокой окислительной активностью по отношению к углеводородам различного строения, нефти и её фракциям и хорошо зарекомендовавший себя в модельных лабораторных опытах по ремедиации замазученных грунтов, а также в масштабном полевом эксперименте по обезвреживанию нефтешлама [12–14].

Целью работы являлось исследование возможности применения консорциума микроорганизмов *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1 и *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2 для очистки нефтезагрязнённой почвы в почвенно-климатических условиях Крайнего Севера.

### Материалы и методы

Нефтеюганский район ХМАО-Югры характеризуется резко континентальным климатом с суровой долгой зимой (период с устойчивыми морозами длится 150–160 дней, средняя температура воздуха в январе  $-21^{\circ}\text{C}$ ), короткой и бурной весной, непродолжительным тёплым и влажным летом (среднемесячная температура июля  $+17^{\circ}\text{C}$ ) и короткой осенью. Смена сезонов происходит быстро и резко. Количество атмосферных осадков умеренное – 450–500 мм в год.

Полевой эксперимент проводили на месте нефтяного разлива на Мамонтовском месторождении (куст 290). Территория представляет собой заросшее лесом болото, лесная подстилка представлена в основном неперегнившим мхом, почва подзолистая, торфянистый горизонт расположен близко к поверхности. Непосредственно после порыва трубопровода летом 2012 г. верхний слой нефти был собран механическим способом, после чего произвели вспашку трактором. В конце вегетационного периода 2013 г. на упомянутой территории наметили относительно ровный по рельефу участок, который очистили от мусора, мёртвой растительности и перекопали вручную. Содержание органического вещества в почве составило 54%, азота – 2,8%, степень загрязнения нефтью очень высокая – в среднем 70,3%. На этой площади разбили 12 делянок (по три повторности на каждый вариант опыта). Размеры делянок 1 м x 1 м, расстояние между ними

1 м, расположение рандомизированное, удаление от границ участка не менее чем на 1 м. Каждую опытную делянку 01.09.2013 г. обработали 1 л бактериальной суспензии с титром  $1 \cdot 10^8$  КОЕ/мл (колониеобразующих единиц в мл). Помимо консорциума МО *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1 и *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2, в качестве вариантов сравнения использовали штамм бактерий *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1 (ВКМ В-2831D), выделенный из нефтезагрязнённой почвы Красноярского края и способный разлагать нефтепродукты в условиях низких положительных температур [15], а также смесь этих бактерий в равных количествах. Контролем служили делянки без интродукции МО. После внесения микробных культур произвели полив и рыхление.

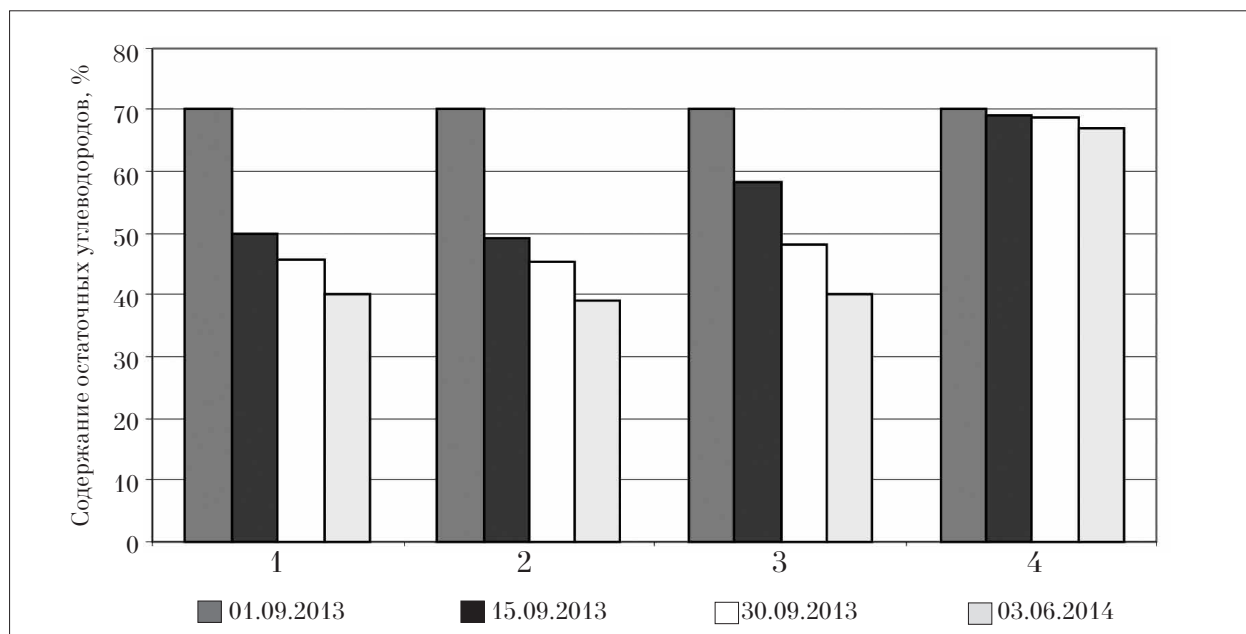
Для определения количества МО и содержания нефти с делянок с глубины 20 см отбирали усреднённые почвенные пробы методом конверта (15.09.2013 и 30.09.2013). В промежутках между отборами проб стояла тёплая погода с кратковременными осадками (среднемесячные показатели в сентябре 2013 г.: температура –  $7,8^{\circ}\text{C}$ , количество осадков – 32 мм). В дальнейшем доступ к рекультивируемому участку был затруднён по техническим причинам, поэтому следующий отбор и анализ проб производили уже в следующем вегетационном сезоне (03.06.2014 г.)

Для оценки эффективности применения биопрепаратов контролировали степень разложения углеводов в соответствии с ПНД Ф 16.1.41–04 [16].

Численность основных физиологических групп МО, участвующих в биотрансформации нефтепродуктов, определяли методом предельных разведений с посевом суспензии на твёрдые селективные питательные среды. Для гетеротрофных аммонифицирующих МО (ГАМ) – на мясо-пептонный агар, для углеводородокисляющих МО (УОМ) – на среду Раймонда с добавлением дизельного топлива в качестве единственного источника углерода и энергии [17].

### Результаты и их обсуждение

Динамика содержания остаточных углеводов в рекультивируемой почве в ходе эксперимента отражена на рисунке. Полученные данные свидетельствуют об активном разложении нефтепродуктов уже в первые две недели после рыхления и внесения в почву микроорганизмов-деструкторов. Самое резкое падение концентрации нефтепродуктов (на



**Рис.** Содержание нефтепродуктов в рекультивируемой почве в ходе эксперимента: 1 – консорциум микроорганизмов *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1 и *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2; 2 – штамм *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1; 3 – смесь штаммов *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1, *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2 и *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1; 4 – контроль без интродукции микроорганизмов

20,3–21,0%) наблюдалось при обработке консорциумом МО *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1 и *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2 и штаммом *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1 по отдельности. В дальнейшие 15 дней процесс очистки замедлился – содержание углеводов уменьшилось только на 3,7–4,3%, что, скорее всего, связано с исчезновением легкодоступных для бактерий алкановых фракций и преобладанием в составе загрязнителя труднорастворимых ароматических соединений. Эффективность консорциума и штамма *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1 была одинаковой: интродукция каждого позволила к концу сентября сократить количество нефтепродуктов в почве с 70,3 до 45,6%.

Совместное использование трёх МО также способствовало деструкции поллютантов. В начале эксперимента это происходило медленней, чем при раздельном применении (за период с 1 по 15 сентября уровень загрязнения снизился на 12,2%), но в последующие две недели скорость утилизации смесью была выше (убыль нефтепродуктов составила за этот период 10%), чем при использовании консорциума и штамма *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1 по отдельности. За месяц полевых испытаний влияние комбинации трёх микробных культур привело к уменьшению содержания углеводов с 70,3 до 48,1%.

Исследование проб, отобранных 03.06.2014 г., показало, что за период с октября 2013 г. по май 2014 г. в холодных почвенно-

климатических условиях процесс разложения нефтепродуктов продолжался, хотя и небыстрыми темпами. Невысокая скорость биодеградации в осенне-весенний период, скорее всего, объясняется более низкими среднесуточными температурами, избыточной влажностью грунта и гибелью некоторой части бактерий-деструкторов. В целом к моменту завершения испытания на делянках, инокулированных МО, количество остаточных углеводов уменьшилось на 30,3–31,4%, а степень биодеструкции поллютантов достигла 43,1–44,7%. В то же время в почве, содержащей только аборигенную микрофлору, убыль загрязняющих веществ была незначительной – 2,9%, а биодеградация нефтепродуктов составила всего 4,6%, что более чем в 9 раз ниже этого показателя для опытных делянок.

Нефтезагрязнённая почва характеризовалась низкой микробной активностью, что, по-видимому, связано с токсическим действием углеводов. Перед началом эксперимента количество ГАМ составляло  $(2,9 \pm 0,2) \cdot 10^4$  КОЕ/г, а УОМ –  $(5,7 \pm 0,3) \cdot 10^3$  КОЕ/г. Анализ изменения микробиологических параметров опытных делянок показал, что под влиянием интродукции бактериальных препаратов произошло увеличение численности МО, участвующих в биотрансформации нефти (таблица).

Количество ГАМ в ходе полевого испытания на опытных делянках возросло на

Таблица

Численность гетеротрофных аммонифицирующих и углеводородокисляющих микроорганизмов в нефтезагрязнённой почве, КОЕ/г

Микроорганизмы	Вариант опыта	Даты отбора проб		
		12.09.2013	30.09.2013	03.06.2014
Гетеротрофные аммонифицирующие	Консорциум	$(4,5 \pm 0,2) \cdot 10^5$	$(9,8 \pm 0,4) \cdot 10^6$	$(4,9 \pm 0,1) \cdot 10^7$
	<i>Pseudomonas</i> sp. ИБ-1.1	$(1,7 \pm 0,3) \cdot 10^5$	$(3,4 \pm 0,2) \cdot 10^6$	$(8,7 \pm 0,4) \cdot 10^6$
	Смесь трёх штаммов	$(2,9 \pm 0,3) \cdot 10^5$	$(4,9 \pm 0,6) \cdot 10^6$	$(2,3 \pm 0,2) \cdot 10^6$
	Контроль	$(3,8 \pm 0,3) \cdot 10^4$	$(4,2 \pm 0,3) \cdot 10^4$	$(4,1 \pm 0,2) \cdot 10^4$
Углеводород-окисляющие	Консорциум	$(1,2 \pm 0,1) \cdot 10^5$	$(5,1 \pm 0,4) \cdot 10^6$	$(4,7 \pm 0,3) \cdot 10^6$
	<i>Pseudomonas</i> sp. ИБ-1.1	$(8,3 \pm 0,4) \cdot 10^4$	$(1,6 \pm 0,1) \cdot 10^6$	$(4,1 \pm 0,5) \cdot 10^6$
	Смесь трёх штаммов	$(7,6 \pm 0,5) \cdot 10^4$	$(2 \pm 0,3) \cdot 10^6$	$(1,1 \pm 0,2) \cdot 10^6$
	Контроль	$(8,8 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(1,4 \pm 0,2) \cdot 10^4$	$(1 \pm 0,3) \cdot 10^4$

Примечание. Консорциум – консорциум микроорганизмов *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1 и *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2; смесь трёх штаммов – смесь консорциума *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1 и *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2 и штамма *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1.

2–3 порядка. Наибольшее увеличение этого показателя произошло при применении консорциума микроорганизмов *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1 и *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2. Уже через месяц после его внесения численность увеличилась с  $(2,9 \pm 0,2) \cdot 10^4$  КОЕ/г до  $(9,8 \pm 0,4) \cdot 10^6$  КОЕ/г, а в июне 2014 г. она составила  $(4,9 \pm 0,1) \cdot 10^7$  КОЕ/г. Смесь трёх штаммов на первом этапе рекультивации в сентябре 2013 г. зарекомендовала себя более эффективно, чем штамм *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1, но спустя 9 месяцев после начала эксперимента численность гетеротрофной аммонифицирующей микробиоты на делянках, обработанных штаммом *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1, оказалась выше, чем там, где была использована смешанная бактериальная суспензия ( $(8,7 \pm 0,4) \cdot 10^6$  и  $(2,3 \pm 0,2) \cdot 10^6$  КОЕ/г соответственно).

Инокуляция загрязнённой почвы микроорганизмами-нефтедеструкторами способствовала существенному (на три порядка) увеличению числа бактерий, разлагающих углеводороды. Наиболее значительные результаты на протяжении всего эксперимента были получены с помощью консорциума *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1 и *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2. Это, вероятно, свидетельствует о способности бактерий, входящих в его состав, хорошо приживаться в нефтезагрязнённом субстрате. Благодаря применению этого биопрепарата уже в первые две недели после интродукции удалось поднять количество УОМ до  $(1,2 \pm 0,1) \cdot 10^5$  КОЕ/г, а спустя ещё две недели довести его до  $(5,1 \pm 0,4) \cdot 10^6$  КОЕ/г. Через 8 месяцев численность данной группы

МО на делянках, обработанных консорциумом, незначительно снизилась ( $(4,7 \pm 0,3) \cdot 10^6$  КОЕ/г в июне 2014 г.), но по-прежнему оставалась самой высокой среди использованных вариантов.

Другие две микробные культуры, хотя и в меньшей степени, тоже содействовали увеличению количества УОМ. В начале рекультивационных работ с их помощью была достигнута схожая друг с другом численность УОМ ( $(1,6 \pm 0,1) \cdot 10^6$  КОЕ/г – для *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1 и  $(2,0 \pm 0,3) \cdot 10^6$  КОЕ/г – для смеси трёх штаммов). Но к моменту завершения эксперимента на делянках, инокулированных смешанной суспензией МО, количество разлагающей нефтепродукты микрофлоры снизилось до  $(1,1 \pm 0,2) \cdot 10^6$  КОЕ/г, в то время как при использовании штамма *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1 этот показатель не только не уменьшился, но даже возрос до  $(4,1 \pm 0,5) \cdot 10^6$  КОЕ/г и приблизился к таковому значению для консорциума.

Рост плотности микробной популяции является одним из признаков активной биодеструкции нефти в почве. Сравнение динамики численности гетеротрофных аммонифицирующих и углеводородокисляющих МО показало, что она была выше в вариантах с интродукцией бактерий-деструкторов. На контрольных делянках количество ГАМО в течение опыта колебалось в интервале  $(2,9 \pm 0,2) \cdot 10^4$  –  $(4,2 \pm 0,3) \cdot 10^4$  КОЕ/г, а количество УОМ в ходе опыта не превысило  $(1,4 \pm 0,2) \cdot 10^4$  КОЕ/г.

Таким образом, в ходе проведения модельного полевого эксперимента установлено, что однократная интродукция консорциума

микроорганизмов *Acinetobacter* sp. ИБ ДТ-5.1/1 и *Ochrobactrum* sp. ИБ ДТ-5.3/2 ускоряет процесс биодegradации углеводов в нефтезагрязнённой почве Ханты-Мансийского автономного округа-Югры. С помощью данного биопрепарата за 9 месяцев осенне-весеннего периода с пониженными температурами из субстрата было удалено 30,3% нефти, что практически совпадает с результатами, достигнутыми за счёт деятельности психротолерантного штамма *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1. Полученные данные позволяют рекомендовать консорциум для восстановления нефтезагрязнённых грунтов в зоне холодного и умеренного климата осенью и ранней весной, тем самым удлиняя период рекультивации на несколько месяцев. Внесение биопрепарата способствует увеличению в почве количества ГАМ и УОМ, участвующих в трансформации нефтепродуктов. Этот положительный эффект наблюдался даже в начале нового вегетационного сезона, что свидетельствует о высокой выживаемости и конкурентоспособности интродуцированного консорциума.

### Литература

1. Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпилмана. URL: <http://www.crru.ru/dobicha.html> (дата обращения 21.01.2016).
2. Чижев Б. Е., Долингер В. А., Захаров А. И. Особенности нефтяного загрязнения территории Ханты-Мансийского автономного округа // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2008. № 8. С. 15–21.
3. О состоянии окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в 2006–2007 годах. Информационный бюллетень. Ханты-Мансийск: ОАО «НПЦ Мониторинг», 2008. 117 с.
4. О состоянии окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в 2008–2009 годах. Информационный бюллетень. Ханты-Мансийск: ОАО «НПЦ Мониторинг», 2010. 132 с.
5. Об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2011 г. Доклад. Ханты-Мансийск: ОАО «НПЦ Мониторинг», 2012. 139 с.
6. Об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2013 г. Доклад. Ханты-Мансийск: ОАО «НПЦ Мониторинг», 2014. 200 с.
7. Алексеев А.Ю., Забелин В.А., Куц С.А., Пущкарев Н.С. Практика биологической рекультивации // Нефтяное хозяйство. 2006. № 12. С. 98–99.
8. Алексеев А.Ю. Не навреди // Промышленность и экология Севера. 2011. № 5–6 (13–14). С. 40–47.
9. Казанцева М.Н., Казанцев А.П., Гашев С.Н. Характеристика нефтяного загрязнения территории Мамонтовского месторождения нефти // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2001. № 2. С. 86–90.

10. Логинов О.Н., Силищев Н.Н., Бойко Т.Ф., Галимзянова Н.Ф. Микробиологические технологии в рекультивации нефтезагрязнённых почв и техногенных отходов. М., Наука, 2009. 112 с.

11. Логинов О.Н., Султанов И.М., Четвериков С.П., Давлетшин Т.К., Коршунова Т.Ю., Столярова Е.А., Мухаматдырова С.Р., Кобызева Н.В. Консорциум штаммов микроорганизмов *Acinetobacter* sp. и *Ochrobactrum* sp., используемый для очистки воды и почвы от нефти и нефтепродуктов // Патент РФ на изобретение № 2553540 (20.06.2015). Бюл. № 17.

12. Коршунова Т.Ю., Мухаматдырова С.Р., Логинов О.Н. Консорциум микроорганизмов, окисляющий нефтяные углеводороды // Вестник Башкирского университета. 2013. № 3. С. 734–735.

13. Четвериков С.П., Валиуллин Э.Г., Гареева Э.Р., Бакаева М.Д., Коршунова Т.Ю., Логинов О.Н. Биоремедиация замазученного грунта с помощью микробиологических препаратов // Вестник Башкирского университета. 2013. № 3. С. 723–725.

14. Коршунова Т.Ю., Логинов О.Н. Опыт применения консорциума микроорганизмов-деструкторов углеводородов для обезвреживания нефтеотходов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/117-13407>.

15. Логинов О.Н., Четвериков С.П., Коршунова Т.Ю., Валиуллин Э.Г., Бакаева М.Д., Фарухшин Д.Ф. Способ очистки почв от нефти в условиях низких положительных температур психротолерантными бактериями *Pseudomonas* sp. ИБ-1.1 // Патент РФ на изобретение № 2539148 (10.01.2015). Бюл. № 1.

16. ПНД Ф 16.1.41–04 «Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв гравиметрическим методом». 2004. Портал нормативных документов. URL: <http://www.OpenGost.ru> (дата обращения: 03.10.2013).

17. Raymond R.L. Microbial oxidation of n-paraffinic hydrocarbons // Develop. Industr. Microbiol. 1961. V. 2. № 1. P. 23–32.

### References

1. V.I. Shpilman Research and Analytical Centre for the Rational Use of the Subsoil. URL: <http://www.crru.ru/dobicha.html> (date of the address)21.01.2016. (in Russian)
2. Chizhov B.E., Dolinger V.A., Zakharov A.I. Specificity of oil pollution on the territory of Khanty-Mansi national region // Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya. 2008. № 8. P. 15–21. (in Russian)
3. About a state of environment of Khanty-Mansi Autonomous okrug-Ugra in 2006–2007 years. Informatsonniy buleten. Khanty-Mansiysk: ОАО «NPC Monitoring». 2008. 117 p. (in Russian)
4. About a state of environment of Khanty-Mansi Autonomous okrug-Ugra in 2008–2009 years. Informatson-

niy bulletin. Khanty-Mansiysk: OAO «NPC Monitoring». 2010. 132 p. (in Russian)

5. Ecological situation of Khanty-Mansi Autonomous okrug-Ugra in 2011 year. Doklad. Khanty-Mansiysk: OAO «NPC Monitoring». 2012. 139 p. (in Russian)

6. Ecological situation of Khanty-Mansi Autonomous okrug-Ugra in 2013 year. Doklad. Khanty-Mansiysk: OAO «NPC Monitoring». 2014. 200 p. (in Russian)

7. Alekseev A.Yu., Zabelin V.A., Kuts S.A., Pushkarev N.S. Practice of biological soil reclamation // Neftyanoe khozyaistvo. 2006. № 12. P. 98–99. (in Russian)

8. Alekseyev A.Yu. Don't do much harm // Promyshlennost i ekologiya Severa. 2011. № 5–6. P. 40–47. (in Russian)

9. Kazantseva M.N., Kazantsev A.P., Gashev S.N. Characteristic of oil pollution at Mamontovskoye oil-field // Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya. 2001. № 2. P. 86–90. (in Russian)

10. Loginov O.N., Silishchev N.N., Boyko T.F., Galimzyanova N.F. Microbiological technologies in recultivation of petropolluted soils and technogenic waste. M.: Nauka, 2009. 112 p. (in Russian)

11. Loginov O.N., Sultanov I.M., Chetverikov S.P., Davletshin T.K., Korshunova T.Yu., Stolyarova E.A., Mukhamatdeyarova S.R., Kobzyeva N.V. Consortium of strains of microorganisms *Acinetobacter* sp. and *Ochrobactrum* sp., used for purification of water and soil from oil and oil products // Patent RF na izobreteniye № 2553540 (20.06.2015). Bul. № 17. (in Russian)

12. Korshunova T.Yu., Mukhamatdeyarova S.R., Loginov O.N. The consortium of microorganisms oxidizing oil hydrocarbons // Vestnik Bashkirskogo universiteta. 2013. № 3. P. 734–735. (in Russian)

13. Chetverikov S.P., Valiullin E.G., Gareyeva E.R., Bakayeva M.D., Korshunova T.Yu., Loginov O.N. Bioremediation of oil-contaminated soil by means of microbiological preparations // Vestnik Bashkirskogo universiteta. 2013. № 3. P. 723–725. (in Russian)

14. Korshunova T.Yu., Loginov O.N. Experience of application of consortium of microorganisms destructors for neutralization of oil waste // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. № 3. URL: <http://www.science-education.ru/117-13407> (in Russian)

15. Loginov O.N., Chetverikov S.P., Korshunova T.Yu., Valiullin E.G., Bakayeva M.D., Farukhshin D.F. Method of cleaning soil from oil at low positive temperature with psychrotolerant bacteria *Pseudomonas* sp. IB-1.1 // Patent RF na izobreteniye № 2539148 (10.01.2015). Bul. № 1. (in Russian)

16. PND F 16.1.41–04 «Metod of measurements of mass concentration of oil products in samples of soil by a gravimetric method». 2004. Portal normativnykh dokumentov. URL: <http://www.OpenGost.ru> (дата обращения: 03.10.2013). (in Russian)

17. Raymond R.L. Microbial oxidation of n-paraffinic hydrocarbons // Develop. Industr. Microbiol. 1961. V. 2. № 1. P. 23–32.