

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ
И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

В последние десятилетия в Якутии наблюдается рост добычи нефти, связанный с разработкой новых месторождений Восточной Сибири и эксплуатацией нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий Океан» (ВСТО). В связи с темпами роста нефтедобычи, проблема безопасного функционирования объектов нефтегазового комплекса (НГК) Республики приобретает актуальное значение. Ежегодно в регионе фиксируется около 23-26 инцидентов с попаданием нефти и нефтепродуктов (НП) в объекты окружающей среды. В большинстве случаев виновники аварийных разливов производят зачистку загрязненных территорий. При этом, широко используются механические и физические методы очистки почв после аварийных разливов нефти и НП. Чаще всего с этой целью проводят вспашку и засыпку верхнего слоя почвенного покрова чистым грунтом или экскавацию загрязненной почвы с целью её захоронения, отмывки или обработки на площадках временного размещения до достижения безопасного уровня остаточных НП. Такие методы снижения уровня нефтяного загрязнения зачастую приводят к нарушению почвенно-растительного покрова, что не желательно при проведении рекультивационных мероприятий в условиях криолитозоны. Это объясняется тем, что на месте снятия почвенно-растительного покрова, в мерзлотных условиях возможно образование термокарстовой оттайки с всевозможными провалами почвогрунта, что в свою очередь приводит к развитию термоэрозии и наносит ещё больший ущерб ранимой почвенной экосистеме Крайнего Севера. Трудности реабилитации нарушенных земель в условиях вечной мерзлоты связаны с низкими температурами, застойным увлажнением, присутствием близко залегающей многолетней мерзлоты, слабым преобразованием органической и минеральной частей, недостатком питательных веществ, коротким вегетационным периодом, низкой активностью микробных популяций в почвах. Всё это сдерживает процессы естественного восстановления окружающей среды, загрязнённой нефтяными углеводородами (УВ). Установлено, что процесс самовосстановления почвенных экосистем в регионах, которые подверглись нефтяному загрязнению, занимает весьма продолжительное время

и протекает порой в течение 10–25 лет, в то время, как деструкция нефти и её производных в условиях севера составляет 20–50 лет [1, 2].

В настоящее время активно развиваются инновационные биотехнологии, позволяющие не только значительно сократить сроки очистки земель от органических загрязнителей, но и ускорить процессы восстановления природных функций нарушенных экосистем. Ведущая роль в этих процессах принадлежит деятельности углерододокисляющих микроорганизмов (УОМ) – группе бактерий и грибов, окисляющих газообразные, жидкие и твердые УВ. Из многочисленных методов, которые позволяют сократить сроки реабилитации нарушенных земель, наиболее перспективными считаются биологические методы, основанные на интенсификации микробиологической деструкции нефтяных УВ.

В настоящее время инновационные биотехнологии, основанные на разработке биопрепаратов на основе высокоэффективных, не патогенных и не токсичных штаммов УОМ, перспективных для восстановления нарушенных территорий является актуальной задачей. В связи с этим особенно важно получение консорциумов УОМ, спроектированных специально для решения задач биоремедиации нефтезагрязненных почв в условиях криолитозоны.

Цель исследований: разработка инновационных биопрепаратов на основе природных штаммов УОМ, перспективных для биоремедиации нефтезагрязненных почв в природно-климатических условиях Якутии.

Материалом для исследований служили образцы почв и грунтов, донных отложений, воды, снежного покрова, горных пород, отобранных на техногенных и аварийных объектах НГК Якутии. Выбор проб для выделения УОМ определялся наличием в месте отбора визуально видимых загрязнений нефтью или НП. В качестве контроля исследованы фоновые и условно-чистые пробы.

Методы исследований. Выделение и культивирование УОМ проводили классическими методами в минеральной среде Мюнца [3]. Полевые эксперименты по оценке эффективности очистки мерзлотных почв от нефтезагрязнений с применением биопрепаратов на основе УОМ проводили в опытных делянках, разбитых на территориях НГК Якутии, после аварийных разливов нефти и НП, с различным уровнем и сроком давности загрязнений, что исключало специального загрязнения чистых участков почвы. Нефтяные компоненты из исследуемых проб почв извлекали методом холодной экстракции. Расшифровку спектров проводили по атласам ИК-спектров и таблицам волновых чисел [4].

Результаты и обсуждения. Результатом работы явилось создание рабочей коллекции штаммов аборигенных УОМ. В процессе проведения исследований установлено, что деструкция НП, обработанных консорциумами УОМ на природных носителях (вермикулит, цеолит) проходила более интенсивно, чем в опытах с жидкой суспензией на основе монокультур, при этом возрастала не только скорость очистки нефтезагрязненной почвы, но и биологическая активность почв (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика накопления углеводородокисляющих микроорганизмов и деструкция нефтепродуктов в мерзлотных почвах после активации аборигенной микрофлоры

Вариант опыта	Общая численность микроорганизмов, КОЕ/г АСВ				Содержание НП, %		Деструкция НП за 1 летний сезон, %
	Гетеротрофные		в том числе, УОМ		до опыта	после опыта	
	до опыта	после опыта	до опыта	после опыта			
Монокультура УОМ	$2 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^8$	0	$2 \cdot 10^4$	3,2600	1,9070	58,50
Консорциум УОМ на минеральном носителе	$3 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^5$	23,4200	2,4500	89,53
Консорциум УОМ на вермикулите	$2 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^6$	18,3510	1,5210	91,71
Консорциум УОМ на цеолите	$5 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^5$	19,8030	2,8750	85,48

На основе искусственно подобранных ассоциаций УОМ, работающих по методу кооперации был получен биопрепарат для очистки почв от нефтезагрязнений, который представляет собой консорциум штаммов биодеструкторов, искусственно иммобилизованных на носителе. В качестве биодеструкторов служат УОМ, выделенные из мерзлотных почв Якутии, утилизирующие разлитую нефть и НП, при низких положительных температурах от $(+4) - (+8)^\circ\text{C}$, в условиях различной влажности и рН среды. В качестве носителя для биодеструкторов служит природный цеолит, сочетающий в себе свойства сорбента для нефти и микроорганизмов, что обеспечивает высокую эффективность и пролонгированность реакций деструкции нефтяных УВ. Препарат позволяет за короткие сроки добиться высокой степени очистки почв и грунтов от нефти и НП в условиях криолитозоны методом «in situ». Преимуществами препарата являются: способность в сравнительно короткий промежуток времени снижать уровень

нефтезагрязнения в различных типах мерзлотных почв (до 85–91%); способность предотвращать распространение веществ-загрязнителей на сопряженные ландшафты; способность к структурированию нефтезагрязненной почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдова С. Л., Тагасов В. И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: Учебное пособие. М.: Изд-во РУДН, 2004. – 163 с.
2. Оборин А. А., Калачникова И. Г., Масливец Т. А. и др. // Восстановление нефтезагрязнённых почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. – С. 140–159.
3. Керстен Д.К. Морфологические и культуральные свойства индикаторных микроорганизмов нефтегазовой съёмки // Микробиология. 1963. №5. – С. 1024–1030.
4. РД 39-0147098-90 Инструкция по контролю за состоянием почв на объектах предприятий Миннефтегазпрома.