

Изучение процессов деградации мерзлотных почв после аварийных разливов нефти

В настоящее время загрязнение природной среды нефтепродуктами является одной из актуальных экологических проблем. Влияние нефтяных компонентов на свойства почвы связано с тем, что в системе нарушается газовый режим, увеличивается количество углерода, изменяется кислородный баланс, ухудшается азотный режим, происходит замедление минерализации органического вещества. В результате земли на неопределенное время выводятся из сельскохозяйственного оборота. Природе наносится значительный экономический ущерб.

С целью изучения процессов деградации почвенной экосистемы после аварийных разливов нефти проведены исследования почв и грунтов объектов нефтегазового комплекса Якутии на геоботанические, химические и микробиологические показатели.

Материалы и методы исследований. Пробы нефтезагрязненных и фоновых почв отбирали на глубине 0–10 см, 10–20 см, в некоторых точках — 40, 60, 100 см, в соответствии с нормативными требованиями [1], исходя из того, чтобы каждый образец представлял собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов.

Культивирование и определение нефтеокисляющей активности УОМ осуществляли методом жидких накопительных культур в мезофильном и психрофильном режимах на минеральной среде Мюнца [2]. В качестве источника углеводорода использовали нефть Талаканского месторождения, с содержанием 0,82 % парафиновых и 12,4 % смолистых веществ [3].

Посевы инкубировали в термостатированных качалочных установках УВМТ-12-250. Рост УОМ оценивали методом предельных разведений с последующим подсчетом выросших колоний.

Натурные эксперименты по самоочищению мерзлотных почв от нефти и НП проводили в условиях открытой экосистемы в опытных участках, разбитых на аварийных площадках НГК Якутии.

Битумоиды из проб почв извлекали методом экстракции [4].

Биотестирование почвенных образцов на фитотоксичность проведено с использованием стандартной методики [5].

В качестве примера в настоящей работе приведены результаты исследований нефтезагрязненных почв и грунтов аварийного участка нефтебазы ОАО «Саханефтегазсбыт», расположенной на территории Центральной Якутии.

Результаты исследований. Для описания морфологических признаков почв были заложены четыре почвенных разреза.

Разрезы № 1 (N 60°54'113", E 132°03'434") и № 2 (N 60°54'186", E 132°02'754") заложены на расстоянии 500 м друг от друга, на участке с пологим рельефом, правильной четырехугольной формы. Проективное покрытие составляло 85–90 %. Растительный покров на площадке отбора проб состоял главным образом из мятлика лугового (*Poa pratensis* L.), тимopheевки луговой (*Phleum pratense* L.) и полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris* L.).

Разрез № 1. Горизонт О представлен очесом трав. Горизонт А (0–12 см) — профиль темно-серый, легкосуглинистый, сухой, слабо пластичный, плотный. Цвет ближе к однородному. Структура почвы пылеватая, при растирании пылит. Реакция среды сильно щелочная. Горизонт В₁ (12–25 см) буровато-серый, плотный, легкосуглинистый с обилием корневых волосков, слабо пластичный. Структура почвы пылеватая. Реакция среды щелочная. Границы между почвенными горизонтами размытые. Переход постепенный, на протяжении 4–5 см. Горизонт В₂ (25–80 см) светло-серый, уплотненный, слегка влажный, среднесуглинистый, среднепластичный, корневые волоски в незначительном

количестве. При внимательном рассмотрении обнаруживаются одиночные серые пятна. Реакция среды щелочная. От HCl не вскипает. Структура почвы пылеватая.

Почвенные разрезы № 3 (N 62°01'392", E 129°44'267") и № 4 (N 60°54'028", E 132°03'033") были заложены на участке с погребенной почвой. Проективное покрытие составляло не более 10 %. Токсический эффект нефти на растения на данном участке проявлялся в изменении их морфологии. Окраска листьев, в сравнении с растительностью, произрастающей на этой же территории, но не загрязненной нефтепродуктами, была бледная, местами пигментирована. Стебли растений утончены. Корневая система слабая.

В качестве растений, обживающих нефтезагрязненную площадку, отмечены тимофеевка луговая, мятлик луговой, девясил (*Inula* L.), дикий лук (*Allium ursinum* L.), полынь обыкновенная и камыш (*Scirpus* L.).

У части культур зафиксированы признаки азотного голодания и нарушения процессов образования хлорофилла, которые выражались в отставании роста вегетативных органов растений и появления желто-зеленой расцветки листков.

Почвы были уплотнены. Структура клейкая. Верхний слой почв покрыт белым солевым налетом. На горизонте 0–20 см профиль буровато-серый, тяжелосуглинистый, слегка влажный, корневые волоски отсутствовали. Реакция среды щелочная. Профиль на глубине 20–40 см и ниже — песчано-гравийный, слегка влажный. Реакция среды щелочная.

Почвы имели слабую и среднюю степени засоленности, были недостаточно обеспечены влагой — 20,0–32,1 %; азотом нитратов (N-NO_3) — 3,63–7,04 мг/кг; подвижным фосфором (P_2O_5) — 23–107 мг/кг; подвижными формами калия (K_2O) — 94–106 мг/кг и азотом аммония (N-NH_4) — 2,3–10,7 мг/кг. По обеспеченности гумусом почвы отнесены к хорошо обеспеченному типу 4,0–8,0 %.

Методом биотестирования установлено, что почвы на нефтезагрязненном участке фитотоксичны. В опытах с семенами районированного сорта пшеницы «Приленская-19» всхожесть семян в загрязненных почвенных образцах составила 0–44 %, тогда

как в условно-чистых образцах этот показатель соответствовал 80–96 %.

Отрицательными факторами, влияющими на полноценное развитие растений в загрязненной нефтью почве, являлись тяжелый гранулометрический состав почвы, нарушение водного и воздушного режимов, токсическое действие компонентов окисленной нефти.

Установлено, что на фоне сравнительно высокой общей численности микроорганизмов (от 1 миллиона до 10 миллиардов клеток на 1 грамм сухой почвы) в почвенных образцах, отобранных с нефтезагрязненного участка, обеднено их видовое разнообразие, в сравнении с чистыми почвами.

Из почвогрунтов выделены и идентифицированы спорообразующие бактерии рода *Bacillus*, неферментирующие бактерии рода *Pseudomonas*, дрожжеподобные грибы рода *Candida*, аскомицеты родов *Aspergillus*, *Penicillium* и *Fusarium*. При этом почвенные бациллы и псевдомонады выполняли одновременно функции сапрофитов, аммонификаторов и активных деструкторов нефтепродуктов.

В нефтезагрязненных образцах не были обнаружены активные формы азотобактеров, улавливающих азот непосредственно из атмосферы воздуха. Связано это, по-видимому, с сокращением в почвах легкодоступных источников углерода. Почвы имели следы застарелого загрязнения (по крайней мере, не менее четырех лет). За это время при естественном окислении нефтепродуктов произошло сокращение в составе нефти легкодоступных парафинонафтеновых низкомолекулярных углеводородов и исчерпание биогенных элементов. Что и повлекло сокращение численности азотфиксирующей микрофлоры.

Среди микроорганизмов, способных расти на элективной среде МакКонки, выделены штаммы, не сбраживающие лактозу, не образующие сероводород и индол, хорошо окрашивающиеся по методу Циля-Нильсена, что свидетельствовало о наличии кислотоустойчивых свойств клеточной стенки, не характерных для санитарно-показательных микроорганизмов из группы бактерий кишечной палочки.

Большинство выделенных микроорганизмов обладали способностью ассимилировать нефтезагрязненный субстрат. В поле-вом эксперименте продемонстрирована способность выделенной микробной ассоциации к деградации нефти. При этом степень очистки почвы от нефти, выделенной ассоциацией, составила до 74 % за один вегетационный период при начальном загрязнении 3,992 %.

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют об экологической напряженности почв нефтезагрязненной территории. В процессе самоочищения почва недостаточно очистилась от углеводородного загрязнения и обладает фитотоксичностью.

Признаками экологической напряженности служат результаты изменения физико-химических свойств почвы: образование глыбистости почвенной структуры, гидрофобность, засоленность, высокие значения pH, недостаток подвижного фосфора, азота нитратов и азота аммиака.

Признаками фитотоксичности почв служат: низкий процент всхожести семян, изреженность естественного растительного покрова, изменения анатомо-морфологических показателей растений, появление некрозов, пигментирование и изменение окраски листьев, утоньшение стеблей растений, отставание в росте и загнивание корней.

Наличие указанных изменений в дальнейшем можно будет использовать в качестве индикатора, свидетельствующего о том, что данный участок почвы подвергался воздействию углеводородов нефти в высокой дозе.

В свою очередь, указанные изменения обуславливают необходимость разработки технологий биорекультивации почв, направленных одновременно на решение проблемы рассоления почвы, корректировки минеральных компонентов, стимулирования процессов микробиологической очистки почвы от нефти.

Автор выражает благодарность за оказанную помощь в организации и проведении полевых исследований руководству ОАО «Саханефтегазбыт», научному коллективу лаборатории геохимии каустобиолитов и сектору экологии ИПНГ СО РАН.

Список использованной литературы

1. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализов.

2. Керстен Д. К. Морфологические и культуральные свойства индикаторных микроорганизмов нефтегазовой съемки // Микробиология. 1963. № 5. С. 1024–1030.

3. Зуева И. Н., Чалая О. Н., Лифшиц С. Х., Глянцева Ю. С. Особенности загрязнения почв нефтепродуктами на объектах их хранения // Материалы Междунар. науч.-практич. конф. «Прикладная экология Севера. Опыт проведенных исследований, современное состояние и перспективы». 20–21 марта 2003 г. Якутск. С. 221–229.

4. РД 39-0147098-90 Инструкция по контролю за состоянием почв на объектах предприятий Миннефтегазпрома.

5. ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почв. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений.

Л. А. Ерофеевская, А. Р. Александров,
С. Е. Ефимов, П. Г. Новгородов

Институт проблем нефти и газа Сибирского
отделения РАН, Якутск, Россия

О перспективе использования *Elymus sibiricus* L. в рекультивации полигонов ядерного взрыва в условиях Якутии

Цель и методика исследований. В настоящей работе представлены результаты эксперимента по созданию почвенно-растительного покрова на поверхности аварийного объекта полигона ядерного взрыва (ПЯВ) «Кратон-3».

Объект ПЯВ «Кратон-3» находится в пределах Верхневилуйско-Моркокинского района северо-таежной подзоны мерзлотно-таежной области бореального пояса Восточной Сибири, характеризующегося непрерывной криолитозоной, в 40 км восточнее от