

Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Л., 1990. 32 с.

Санитарные правила в лесах РФ. М., 1998. 16 с.

Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределения в воздухе: Справочник, 1991. 362 с.

УДК 630.42

А.Е. Морозов, Н.В. Шаталин  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ**

Нефтеюганский район – один из крупнейших нефтедобывающих районов ХМАО. На территории района находится свыше 20 месторождений нефти. Интенсивная добыча нефти в районе ведется с 60-х годов двадцатого века, и в настоящее время ее воздействие на все компоненты окружающей среды таково, что Нефтеюганский район можно вполне правомерно отнести к числу районов экологического бедствия.

В составе нарушений природной среды наиболее значительными и распространенными являются загрязнения земель нефтепродуктами. Основная причина загрязнений – аварии на изношенных трубопроводах, протяженность которых на территории района превышает 1,5 тыс. км.

Учет площадей замазученных земель и масс загрязнителя ведется силами отделов охраны окружающей среды нефтегазодобывающих управлений (НГДУ). Однако официальные сведения о масштабах загрязнения значительно занижаются. Так, по состоянию на январь 2000 г. согласно отчетам получалось, что содержания нефтепродуктов в загрязненных почвах в среднем по району составляет 1,6 кг/м<sup>2</sup>. Это соответствует уровню, при котором согласно «Регламенту на приемку земель...» (1994)\* земли могут быть возвращены их владельцам без проведения работ по рекультивации, что совершенно не соответствует действительности. Как показывают независимые результаты анализов почв, на самом деле концентрация загрязнителя превышает на большинстве нефтеразливов отчетные данные в 25 раз. Высокая степень содержания нефти в почвах во

---

\*Регламент на приемку земель, временно использованных при разведке, обустройстве и эксплуатации месторождений нефти и газа в Ханты-Мансийском автономном округе. Ханты-Мансийск, 1994. 37 с.

многим обусловлена неудовлетворительным качеством сбора нефти в местах ее аварийных разливов. Необходимость экстренного проведения работ по локализации разлившейся нефти и ее сбору с поверхности почв определяется, во-первых, опасностью поступления загрязнителя в сопредельные среды и, во-вторых, необходимостью снижения масс и концентраций нефтепродуктов до определенных пороговых значений, лишь после достижения которых начинается процесс ее биodeградации.

Восстановление нефтезагрязненных земель до исходного состояния занимает в естественных условиях десятки лет. Ускорить процессы дeмутации можно с помощью проведения рекультивационных мероприятий. Однако далеко не все мероприятия по рекультивации приносят ожидаемые результаты. Многие, наоборот, дают обратный эффект, при котором качество земель еще более ухудшается по сравнению с тем, что было до рекультивации.

В настоящее время на месторождениях Нефтеюганского района используются такие способы рекультивации, как землевание грунтом (песком, торфом или их смесью), микробиологический способ и комплексный способ. В опытном варианте на некоторых участках загрязнения применялся взрывной способ рекультивации. До недавнего времени был широко распространен такой способ ликвидации пролитой нефти, как выжигание. В ряде случаев, особенно в последнее время, проводят рекультивацию комплексным способом.

Для оценки экологической эффективности рекультивации были обследованы участки нефтяного загрязнения на месторождениях НГДУ «Мамонтовнефть», рекультивированные различными способами. Все обследованные участки до загрязнения были заняты кедровниками зеленомошной группы типов леса, произрастающими на типичных подзолистых почвах. В результате загрязнения древостой погибли и были удалены.

Один из самых распространенных способов ликвидации замасоченных земель на нефтяных месторождениях – землевание песком. Способ преследует цель покрытия верхних загрязненных органогенных горизонтов почв свободным от загрязнителя минеральным субстратом на всю глубину корнеобитаемого слоя растений. Засыпка нефтезагрязненного слоя песком резко затормаживает физико-химические процессы разложения нефти, а также препятствует доступу кислорода, необходимого для активной жизнедеятельности углекислого газа производящей микрофлоры. Как показали результаты химического анализа, через 4 года после проведения землевания песком, на одном из типичных участков содержание нефтепродуктов в горизонтах почвы глубиной от 0 до 70 см отвечает требованиям «Регламента...» (1994), а в горизонте глубже 70 см – превышает допустимый уровень в 4,5 раза (табли-

ца). Кроме того, если в верхнем слое песка превышение ПДК тяжелых металлов наблюдается только у никеля и свинца, то в слое глубже 70 см ПДК превышена у меди, цинка, никеля, хрома и мышьяка. Содержание серы превышает ПДК во всех горизонтах почвы, но наиболее значительно в нижнем слое (в 15,2 раза).

Освоение песчаных пустошей в местах отсыпки нефтеразливов растительными сообществами идет очень медленно из-за бедности почвенного субстрата. В ряде случаев ухудшению почвенно-грунтовых условий способствует излишняя высота отсыпки и недостаточная в связи с этим степень увлажнения верхнего слоя почвогрунтов. К ухудшению почвенно-грунтовых условий приводит также недостаточная мощность насыпного слоя песка. При высоте отсыпки менее 0,5 м поверхность песчаных субстратов загрязняется нефтью и становится непригодной для произрастания любой растительности. В данном случае появлению растений препятствует не только замазученность всего профиля насыпного песка, но и наличие на его поверхности плотных песчано-асфальтовых корок толщиной 1-2 см.

Таким образом, пригодными для выращивания леса искусственно создаваемые песчаные пустоши можно назвать с большой натяжкой. Данный способ рекультивации нефтезагрязненных земель должен быть запрещен повсеместно, поскольку не только не способствует ускорению процессов деградации загрязнителя, но и практически полностью его затормаживает.

Микробиологический способ рекультивации заключается во внесении нефтеокисляющих микроорганизмов. Данный способ оправдан, если естественная нефтеокисляющая микрофлора бедна по видовому составу и не может быть стабилизирована другими приемами. Из промышленных культур нефтеокисляющих микроорганизмов наиболее распространены «Путидойл», «Деваройл», «Биоприн», «Дизойл», «Деградойл» и др. К факторам, ограничивающим широкое применение промышленных нефтеокисляющих препаратов, следует отнести их дороговизну и непродолжительность действия. Препятствием для эффективного действия микробиологических препаратов являются также суровые климатические условия региона. Для первоначального формирования необходимой питательной среды в природных условиях вслед за бакпрепаратом вносят растворы минеральных удобрений. Важным фактором при обработке нефтезамазученных участков микробиологическими препаратами является аэрация почвы. Для улучшения условий аэрации на практике часто ограничиваются перемешиванием загрязненного грунта струёй из брандспойта, вместе с которой и

грязненного грунта струёй из брандспойта, вместе с которой и вносят удобрения в виде растворов.

Рекультивированные микробиологическим способом участки в большинстве своем никогда не доводятся до требуемых кондиций. Как показали наши исследования, на одном из участков загрязнения через 1 год после рекультивации содержание нефтепродуктов в горизонте от 0 до 10 см составляло 20,16%, что в 2,5 раза превышает допустимую концентрацию согласно требованиям «Регламента...» (1994). Кроме того, в загрязненном слое почвы содержание меди и серы превышает ПДК (см. таблицу). Таким образом, эффективность микробиологического способа рекультивации остается спорной.

Отжиг разлившейся нефти как способ рекультивации относится к числу экологически опасных и должен быть запрещен повсеместно. Снижения масс загрязнителя, как показали наши исследования, не происходит даже через 6 лет после выжигания. Концентрация нефтепродуктов в слое почвы от 0 до 10 см составляет 40,75%, что превышает допустимую «Регламентом...» (1994) концентрацию более чем в 5 раз. Отмечается также превышение ПДК меди, цинка, никеля и серы в верхнем слое почвы, а в слое глубже 10 см, кроме того, кадмия и мышьяка. Через 6 лет после отжига нефти на участке практически не наблюдается появления даже травянистой растительности.

Заслуживает внимания так называемый комплексный способ рекультивации. Он предусматривает очистку загрязненного нефтью участка от валежа и остатков древостоев, рыхление почвы, изменение микрорельефа, внесение удобрений и посев трав. Весь комплекс работ по рекультивации можно подразделить на три основных этапа: подготовительный, агротехнический и биологический. Основной целью подготовительного этапа является расчистка участка от древостоя и валежа, обваловка со стороны возможного повторного загрязнения и максимально возможный сбор разлитой нефти. Не допускается выжигание оставшейся на поверхности почвы нефти и засыпка песком. Комплекс работ направлен на создание оптимальных условий для использования техники.

Химический состав почв на участках нефтяного загрязнения, рекультивированных различными способами на месторождениях НГДУ «Миамонтовнефть»

Способ рекультивации (давность)	Глубина отбора проб, см	Содержание нефти ± погрешность (%)	Содержание подвижных форм элементов ± погрешность, мг/кг										РН водной вытяжки	
			Сера	Медь	Цинк	Свинец	Никель	Хром	Кальций	Мышьяк				
Выжигание нефти (6 лет)	0-10	40,75 ±8,97	935,0 ±5,8	3,2±0,6 ±1,1	27,8±5,6 ±1,2	4,8±1,2 ±0,8	5,3±1,2 ±1,3	6,0±1,2 ±1,0	0,06±0,03 ±0,3				1,6±0,8 ±0,8	5,9 ±0,1
	10-20	3,86 ±0,85	2765,0 ±17,3	10,8±2,2 ±3,6	15,2±3,0 ±0,7	3,2±0,6 ±0,5	5,6±2,0 ±1,4	5,0±1,0 ±0,8	0,55±0,27 ±5,5				2,25±1,1 ±1,1	5,2 ±0,1
Микробиологическая рекультивация	0-10	20,16 ±4,44	3435,0 ±21,5	10,9±2,2 ±3,6	27,5±5,5 ±1,2	6,0±1,5 ±1,0	14,2±5,0 ±3,6	16,7±3,3 ±2,8	0,1±0,05 ±0,5				2,3±1,2 ±1,2	6,4 ±0,1
	10-20	0,26 ±0,05	830,0 ±5,2	10,6±2,1 ±3,5	20,8±4,2 ±0,9	4,1±1,0 ±0,7	11,7±4,1 ±2,9	17,2±0,6 ±2,9	0,36±0,18 ±1,8				3,2±1,6 ±1,6	6,2 ±0,1
Землевание песком (4 года)	0-70	0,018 ±0,00	273,0 ±1,7	2,6±0,5 ±0,9	9,5±1,9 ±0,4	6,3±1,6 ±1,1	3,8±1,3 ±0,9	3,4±0,7 ±0,6	<0,05 ±0,1				1,3±0,7 ±0,65	6,8 ±0,1
	>70	4,54 ±1,0	2426,5 ±15,1	12,6±2,5 ±4,2	34,6±6,9 ±1,5	8,6±2,2 ±1,4	17,8±6,0 ±4,5	21,9±4,4 ±3,7	0,08±0,04 ±0,4				4,2±2,1 ±2,1	6,2 ±0,1
Комплексный (6 лет)	0-10	6,03 ±1,33	1350,0 ±8,4	1,8±0,4 ±0,6	10,2±2,0 ±0,4	4,3±1,1 ±0,7	3,2±1,1 ±0,8	3,5±0,9 ±0,6	<0,05 ±0,25				1,7±0,9 ±0,85	6,0 ±0,1
	40-50	2,18 ±0,48	1566,0 ±9,8	10,4±2,1 ±1,2	28,1±5,6 ±1,2	5,4±1,4 ±0,9	15,1±5,3 ±3,8	25,7±5,1 ±4,3	<0,05 ±0,25				3,8±1,9 ±1,9	5,8 ±0,1
130	1,29 ±0,29	692,0 ±4,3	9,7±1,9 ±3,2	18,8±3,8 ±0,8	2,8±0,7 ±0,5	13,2±4,6 ±3,3	13,0±2,6 ±2,2	0,2±0,04 ±1,0				1,3±0,7 ±0,7	6,3 ±0,1	

Основной целью агротехнического этапа является создание рекультивационного слоя почвы со свойствами, благоприятными для биологической рекультивации. Главным условием, без выполнения которого нельзя переходить к биологическому этапу, является снижение концентрации остаточных нефтепродуктов в рекультивационном слое до безопасных значений для фитомелиорации. Работы на этом этапе будут сводиться к двум видам:

– рыхлению нефтезагрязненного почвенного горизонта для ускорения физико-химических и биологических процессов деградации нефти с использованием мульчирующих грунтов (на сильно загрязненных лесных почвах);

– созданию искусственного микрорельефа из чередующихся продольных микроповышений (валов) и микропонижений (канавок) на болотных почвах с избыточным увлажнением.

Эти приемы направлены на интенсификацию физико-химических процессов: испарения, вымывания, ультрафиолетового разложения исходной нефти и создания условий для начала микробиологического окисления за счет почвенной микрофлоры или внесения бактериальных препаратов.

При снижении остаточных нефтепродуктов в среднем по всему участку до контрольных значений (15% в органогенных и 8% в минеральных и смешанных грунтах) можно приступать к биологическому этапу. Основной целью биологического этапа является восстановление плодородия нарушенных земель – превращение рекультивационного слоя почвы в плодородный слой, обладающий благоприятными для роста растений физическими и химическими свойствами. На данном этапе предусматриваются следующие виды работ: внесение накопительных культур микроорганизмов (при необходимости); предпосевная обработка почвы; внесение удобрений; высеv и заделка семян; уход за посевами. Эффективность проведенных работ на биологическом этапе оценивается по состоянию живого напочвенного покрова и концентрации остаточных нефтепродуктов. Рекультивация считается завершенной после создания густого и устойчивого травостоя (оголенные, не покрытые растительностью участки не должны превышать по площади 0,01 га, а суммарная величина таких пятен должна быть не более 3% от площади рекультивированного участка). Концентрация остаточных нефтепродуктов не должна превышать в среднем по участку 8% в органогенных и 1,5% в минеральных и смешанных грунтах. Как показывают результаты обследований, участки, рекультивированные данным способом, по большинству оценочных показателей соответствуют требованиям «Регламента...» (1994). Не вписывается в установленные рамки часто лишь высокая концентрация остаточных нефтепродуктов

в почве. Как видно из таблицы, на участке, рекультивированном комплексным способом, концентрация нефти превышает 1,5% в слое песка на глубине 40-50 см. В верхней части рекультивированного слоя содержание нефтепродуктов соответствует требованиям регламента. Однако содержание в почве некоторых тяжелых металлов и серы превышает ПДК. В слое от 0 до 10 см наблюдается превышение ПДК никеля, мышьяка и серы, в слое от 20 до 30 см – меди, мышьяка и серы, а в слое от 40 до 50 см – меди, цинка, свинца, никеля, хрома, мышьяка и серы. Причем самые высокие концентрации указанных элементов наблюдаются в самой нижней части рекультивационного слоя (см. таблицу).

Такая картина характерна, к сожалению, для ряда участков, рекультивированных комплексным способом. Причина этого – в некачественном сборе нефти с поверхности почвы, которую часто просто хоронят под слоем насыпного грунта. Таким образом, даже если рекультивированный участок характеризуется густым травостоем и допустимой концентрацией остаточных нефтепродуктов в верхнем слое почвы, нижние слои могут оставаться весьма токсичными для корневых систем растений.

Обобщая вышеизложенное, можно заключить, что наибольшей экологической эффективностью характеризуется комплексный способ рекультивации нефтезагрязненных земель. Причем ожидаемый эффект может быть достигнут только при неукоснительном соблюдении технологии работ на всех этапах рекультивации.

УДК 630.23: 630.164

В.М. Соловьев  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

## **ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ МОРФОЛОГИИ ЛЕСА**

В настоящее время морфология леса входит разделами в состав лесоведения (Мелехов, 1980). Она представлена морфологией лесных фитоценозов (насаждений, лесных сообществ) и формированием леса. В первом разделе рассматриваются элементы-компоненты структуры (строения) лесного сообщества, разделение его и всей фитомассы в вертикальном и горизонтальном направлениях на более мелкие и однородные части, а во втором – условия смены пород и образования древостоев, отличающихся происхождением, составом, густотой, формой и возрастной структурой. Однако отмеченные общие сведения об устройстве насаждений и различии-