

УДК 630*424.5

А.Е. Морозов, С.В. Залесов, Р.В. Морозова

Морозов Андрей Евгеньевич родился в 1973 г., окончил в 1996 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 60 печатных работ в области лесного хозяйства, промышленной экологии и рационального природопользования.
E-mail: morozovAE1@yandex.ru



Залесов Сергей Вениаминович родился в 1953 г., окончил в 1981 г. Уральский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, проректор по научной работе Уральского государственного лесотехнического университета, заслуженный лесовод РФ. Имеет более 300 научных работ по вопросам повышения продуктивности лесов Урала и Запада Сибири лесоводственными методами.
E-mail: zalesov@usfu.ru



Морозова Раиса Васильевна родилась в 1973 г., окончила в 1996 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, старший преподаватель кафедры лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 7 печатных работ в области лесного хозяйства и рационального природопользования.
Моб. тел.: 89221480026



**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ ХМАО-ЮГРЫ**

На основе достаточно полного полевого материала выполнен анализ экологической эффективности различных способов рекультивации загрязненных нефтью земель на примере месторождений Нефтеюганского района ХМАО-Югры.

Ключевые слова: нефтезагрязненные земли, рекультивация, землевание, выжигание нефти, взрывной способ, микробиологический способ, комплексный способ.

Интенсивная добыча нефти на территории Нефтеюганского административного района – одного из крупнейших нефтедобывающих районов ХМАО-Югры, объединяющего свыше 25 месторождений нефти, ведется с 60-х годов XX в. В настоящее время по комплексу негативного воздействия на все компоненты окружающей природной среды эта территория может быть отнесена к числу районов экологического бедствия. Наиболее значительными и распространенными нарушениями природной среды являются загрязнения земель нефтепродуктами. Основная причина загрязнений – аварии на изношенных трубопроводах, протяженность которых по территории района превышает 1,5 тыс. км.

Учет замазученных земель и количества депонированных загрязнителей ведется отделами охраны окружающей среды нефтедобывающих ком-

паний, при этом нередко официальные сведения о масштабах загрязнения существенно занижаются [2]. Так, согласно официальным отчетам, по состоянию на январь 2000 г. содержание нефтепродуктов в загрязненных почвах в среднем по району составляет 1,6 кг/м². Это соответствует уровню, при котором по Регламенту [4] земли могут быть возвращены их владельцам без проведения работ по рекультивации. Как показывают результаты независимой экспертизы, на большинстве нефтеразливов реальная концентрация загрязнителя превышает отчетные данные в 25 раз. Повышенное содержание нефти в почвах во многом обусловлено высоким уровнем аварийности и неудовлетворительным сбором нефти в местах ее аварийных разливов. Необходимость экстренного проведения работ по локализации разлившейся нефти и ее сбору с поверхности почв, во-первых, определяется опасностью поступления загрязнителя в сопредельные среды, во-вторых – необходимостью снижения количества нефтепродуктов до определенных пороговых значений, после достижения которых начинается процесс ее биодegradации.

Известно, что на восстановление нефтезагрязненных земель до условно исходного состояния требуется несколько десятков лет. Ускорить процессы демутиации нарушенных экосистем можно с помощью традиционных рекультивационных мероприятий. Однако далеко не все из известных и доступных приемов эффективны. Многие не только малоэффективны, но и могут дать обратный эффект, когда продукционные свойства земель еще более ухудшаются.

В настоящее время на месторождениях Нефтеюганского района используется несколько способов рекультивации: землевание грунтом (песок, торф или их смесь), микробиологический и комплексный. В качестве эксперимента на некоторых участках применялся взрывной способ. До недавнего времени было широко распространено выжигание пролитой нефти. В ряде случаев, особенно в последнее время, проводят рекультивацию комплексным способом.

Для оценки экологической эффективности рекультивации были обследованы участки нефтяного загрязнения на Мамонтовском, Тепловском, Кудринском и Южно-Балыкском месторождениях, где применялись различные способы восстановления земель. Все обследованные участки в исходном состоянии (до загрязнения) представляли собой низкобонитетные кедровники зеленомошной группы, приуроченные к типичным подзолистым почвам. В результате загрязнения древостой погибли, были вырублены.

Один из самых распространенных способов ликвидации замазученных земель на нефтяных месторождениях – землевание проливов песком (пескование). Способ преследует цель покрытия верхних загрязненных органических горизонтов почв свободным от загрязнителя минеральным субстратом на всю глубину корнеобитаемого слоя растений. Исследования показали, что засыпка нефтезагрязненных слоев почвы песком резко затормаживает в них физико-химические процессы разложения нефти, а также пре-

пятствует доступу кислорода, необходимого для активной жизнедеятельности углеводородокисляющей бактериальной микрофлоры. Как показали результаты химического анализа [3], через 4 года после проведения пескования на одном из типичных участков содержание нефтепродуктов в горизонтах почвы на глубине до 70 см отвечает требованиям Регламента [4]. Однако на глубине более 70 см содержание загрязнителя превышает допустимый уровень в 4,5 раза. Примечательно, что если в 70-сантиметровом слое песка превышение ПДК тяжелых металлов наблюдается только по никелю и свинцу, то на глубине не более 70 см отмечено превышение ПДК по меди, цинку, никелю, хромю и мышьяку. Содержание серы превышает ПДК во всех горизонтах почвы, но наиболее значительно (более чем в 15 раз) оно в нижнем слое (см. таблицу).

Освоение песчаных пустошей в местах отсыпки нефтеразливов естественной растительностью идет очень медленно. Причина – токсичность и бедность элементами-биофилами. В ряде случаев ухудшению почвенно-грунтовых условий способствует излишняя мощность отсыпки и возникающий в связи с этим дефицит влаги в верхнем слое почвогрунтов. Кроме того, к ухудшению почвенно-грунтовых условий приводит недостаточная мощность насыпного слоя песка. При мощности слоя менее 50 см проявляется капиллярный эффект: нефть способна подняться к самой поверхности песчаных субстратов, и они становятся непригодными для растительности. В данном случае появлению растений препятствует не только замазученность всего профиля насыпного песка, но и появление на его поверхности плотной песчано-асфальтовой корки толщиной 1...2 см.

Таким образом, для выращивания леса искусственно создаваемые песчаные пустоши непригодны. Этот наиболее распространенный способ рекультивации загрязненных нефтью земель должен быть запрещен повсеместно, поскольку не только не способствует ускорению процессов распада загрязнителя, но и практически полностью его тормозит.

Большие надежды возлагались на микробиологический способ рекультивации, который заключается во внесении в загрязненные субстраты культуры нефтеокисляющих микроорганизмов. Опыт показывает: данный способ оправдан, если естественная нефтеокисляющая микрофлора бедна по видовому составу и ее активность не может быть существенно повышена. Из промышленных культур нефтеокисляющих микроорганизмов в разные годы наибольшей популярностью пользовались следующие специальные препараты: Путидойл, Деваройл, Биоприн, Дизойл, Деградойл, Биоойл-Югра, Нефтедеструктор и др. [1]. К недостаткам промышленных нефтеокисляющих препаратов следует отнести их дороговизну и малую продолжительность эффективного воздействия на субстраты. Препятствием для их эффективного применения являются также суровые климатические условия региона. Для первоначального формирования необходимой питательной среды вслед за микробиологическим препаратом часто вносят растворы минеральных удобрений. Важным фактором при обработке загрязненных нефтью участков микробиологическими препаратами является обеспечение

достаточной аэрации почвы. На практике часто ограничиваются перемешиванием загрязненного грунта струей из брандспойта, вместе с которой в субстраты вносят минеральные удобрения в виде растворов.

К сожалению, рекультивированные микробиологическим способом участки в большинстве своем никогда не доводятся до требуемых кондиций. Как показывают наши исследования [3], на одном из участков через год после рекультивации содержание нефтепродуктов в верхнем (0...10 см) слое превышает 20 %, что в 2,5 раза выше ПДК, допустимой Регламентом [4]. Кроме того, в загрязненном слое почвы содержание меди и серы превышает ПДК (см. таблицу). Таким образом, эффективность рекламируемого микробиологического способа рекультивации весьма сомнительна.

Отжиг разлившейся нефти как способ рекультивации относится к числу экологически опасных и должен быть запрещен повсеместно. Это такой же варварский способ, как сам факт загрязнения нефтью и ее продуктами. Как показали наши исследования, снижения загрязнителя в почвах не происходит даже через 6 лет после выжигания. Концентрация нефтепродуктов в верхнем (0...10 см) слое почвы составляет более 40 %, что превышает допустимую Регламентом [4] концентрацию более чем в 5 раз. Также в верхнем слое отмечается превышение ПДК меди, цинка, никеля и серы, кроме того, в слое глубже 10 см – кадмия и мышьяка [3]. Через 6 лет после отжига нефти на участке практически отсутствует даже травянистая растительность.

Среди применяемых на практике заслуживает внимания комплексный способ рекультивации, который состоит из двух этапов: технического и биологического. Технический этап предусматривает сбор нефтепродуктов с поверхности загрязненного участка, его очистку от валежа и остатков древесостоев, планировку поверхности (при необходимости). При этом не допускается выжигание оставшейся на поверхности почвы нефти и засыпка ее песком. Биологический этап включает агротехнические мероприятия, внесение удобрений (при необходимости) и извести (на кислых почвах), применение микробиологических препаратов (при необходимости), посев трав мелиорантов либо посадку древесно-кустарниковых растений. Основной целью агротехнических мероприятий является создание рекультивационного слоя почвы со свойствами, благоприятными для биологической рекультивации. Переходить к следующим мероприятиям нельзя до тех пор, пока не произойдет снижение концентрации остаточных нефтепродуктов в рекультивационном слое до безопасных для растительности значений. Содержание загрязняющих веществ во вновь созданных субстратах не должно превышать показатели ПДК по всему списку компонентов. Для достижения этого даже при самых изощренных приемах мелиорации и технической рекультивации потребуются многие годы. Предлагается в порядке совершенствования комбинированного способа проводить следующие агротехнические мероприятия:

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

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

Опыт показывает, что эти приемы способствуют интенсификации физико-химических процессов испарения, вымывания, ультрафиолетового разложения компонентов нефти и созданию условий для ускорения микробиологического окисления за счет почвенной микрофлоры или внесения бактериальных препаратов.

К биологическому этапу, согласно требованиям [4], можно приступать после снижения концентрации остаточных нефтепродуктов в среднем по всему участку до контрольных значений (15,0 % – в органомных, 8,0 % – в минеральных и смешанных грунтах). 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. Эффективность проведенных работ на биологическом этапе оценивается по состоянию живого напочвенного покрова и концентрации остаточных нефтепродуктов. Рекультивация считается завершенной после формирования густого и устойчивого травостоя (не покрытые растительностью участки не должны превышать 0,01 га, их суммарная площадь должна быть не более 3 % от общей площади рекультивированной территории). Концентрация остаточных нефтепродуктов в верхнем (20 см) слое не должна превышать в среднем 8,0 % в органомных и 1,5 % в минеральных и смешанных грунтах. Как показывают обследования, рекультивированные данным способом территории по большинству оценочных показателей соответствуют требованиям Регламента [4]. Не вписывается в установленные рамки лишь высокая концентрация остаточных нефтепродуктов в почве. На участке, рекультивированном комплексным способом, концентрация нефти составляет более 1,5 % в слое песка на глубине 40...50 см. В верхней части рекультивационного слоя содержание нефтепродуктов соответствует требованиям Регламента [4], однако содержание в почве некоторых тяжелых металлов и серы все же выше ПДК. Например, в слое 0...10 см наблюдается превышение ПДК никеля, мышьяка и серы, в слое 20...30 см – меди, мышьяка и серы, в слое 40...50 см – меди, цинка, свинца, никеля, хрома, мышьяка и серы. Причем самые высокие концентрации указанных элементов отмечены в нижней части рекультивационного слоя [3]. Снижение эффективности в таких случаях происходит в результате некачественного сбора нефти с поверхности почвы, которую часто 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 древесных 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, что потребует много времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мониторинг лесных экосистем Ханты-Мансийского автономного округа: Отчет о научно-исследовательской работе. – Екатеринбург: УГЛТА, 2000.
2. Морозов А.Е. Состояние кедровых лесов под воздействием интенсивной нефтегазодобычи в Ханты-Мансийском автономном округе: дисс. ... канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 1999. – 379 с.
3. Морозов А.Е., Шаталин Н.В. Экологическая эффективность различных способов рекультивации нефтезагрязненных земель в ХМАО// Леса Урала и хозяйство в них. – Вып. 25. – Екатеринбург, 2004. – С. 63–67.
4. 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.

A.E. Morozov, S.V. Zalesov, R.V. Morozova

Efficiency of Applying Different Methods of Oily Soils Reclamation on HMAO-Ugra Territory

The ecological efficiency analysis of different methods of oil-polluted soils reclamation is carried out based on the sufficiently complete field material taking oil fields of Neftuyugansk region of HMAO-Ugra as an example.

Keywords: oil-polluted soils, reclamation, oil burning, explosive method, microbiological method, complex method.

Химический состав почв на участках нефтяного загрязнения, рекультивированных различными способами

Способ рекультивации (давность)	Глубина отбора проб, см	Содержание нефти, %	Сера	Медь	Цинк	Свинец	Никель	Хром	Кадмий	Мышьяк	рН водной вытяжки
Выжигание нефти (6 лет)	0...10	40,75±8,97	$\frac{935,0}{5,8}$	$\frac{3,2 \pm 0,6}{1,1}$	$\frac{27,8 \pm 5,6}{1,2}$	$\frac{4,8 \pm 1,2}{0,8}$	$\frac{5,3 \pm 1,9}{1,3}$	$\frac{6,0 \pm 1,2}{1,0}$	$\frac{0,06 \pm 0,03}{0,30}$	$\frac{1,60 \pm 0,80}{0,80}$	5,9±0,1
	10...20	3,86±0,85	$\frac{2765,0}{17,3}$	$\frac{10,8 \pm 2,2}{3,6}$	$\frac{15,2 \pm 3,0}{0,7}$	$\frac{3,2 \pm 0,6}{0,5}$	$\frac{5,6 \pm 2,0}{1,4}$	$\frac{5,0 \pm 1,0}{0,8}$	$\frac{0,55 \pm 0,27}{5,50}$	$\frac{2,25 \pm 1,10}{1,10}$	5,2±0,1
Микробиологическая рекультивация (1 год)	0...10	20,16±4,44	$\frac{3435,0}{21,5}$	$\frac{10,9 \pm 2,2}{3,6}$	$\frac{27,5 \pm 5,5}{1,2}$	$\frac{6,0 \pm 1,5}{1,0}$	$\frac{14,2 \pm 5,0}{3,6}$	$\frac{16,7 \pm 3,3}{2,8}$	$\frac{0,10 \pm 0,05}{0,50}$	$\frac{2,30 \pm 1,20}{1,20}$	6,4±0,1
	10...20	0,26±0,05	$\frac{830,0}{5,2}$	$\frac{10,6 \pm 2,1}{3,5}$	$\frac{20,8 \pm 4,2}{0,9}$	$\frac{4,1 \pm 1,0}{0,7}$	$\frac{11,7 \pm 4,1}{2,9}$	$\frac{17,2 \pm 0,6}{2,9}$	$\frac{0,36 \pm 0,18}{1,80}$	$\frac{3,20 \pm 1,60}{1,60}$	6,2±0,1
Землевание песком (4 года)	0...70	0,018±0,00	$\frac{273,0}{1,7}$	$\frac{2,6 \pm 0,5}{0,9}$	$\frac{9,5 \pm 1,9}{0,4}$	$\frac{6,3 \pm 1,6}{1,1}$	$\frac{3,8 \pm 1,3}{0,9}$	$\frac{3,4 \pm 0,7}{0,6}$	< 0,05	$\frac{1,30 \pm 0,70}{0,65}$	6,8±0,1
	> 70	4,54±1,00	$\frac{2426,5}{15,1}$	$\frac{12,6 \pm 2,5}{4,2}$	$\frac{34,6 \pm 6,9}{1,5}$	$\frac{8,6 \pm 2,2}{1,4}$	$\frac{17,8 \pm 6,0}{4,5}$	$\frac{21,9 \pm 4,4}{3,7}$	$\frac{0,08 \pm 0,04}{0,40}$	$\frac{4,20 \pm 2,10}{2,10}$	6,2±0,1
Комплексный способ (6 лет)	0...10	6,03±1,33	$\frac{1350,0}{8,4}$	$\frac{1,8 \pm 0,4}{0,6}$	$\frac{10,2 \pm 2,0}{0,4}$	$\frac{4,3 \pm 1,1}{0,7}$	$\frac{3,2 \pm 1,1}{0,8}$	$\frac{3,5 \pm 0,9}{0,6}$	< 0,05	$\frac{1,70 \pm 0,90}{0,85}$	6,0±0,1
	40...50	2,18±0,48	$\frac{1566,0}{9,8}$	$\frac{10,4 \pm 2,0}{1,0}$	$\frac{28,1 \pm 5,6}{1,2}$	$\frac{5,4 \pm 1,4}{0,9}$	$\frac{15,1 \pm 5,3}{3,8}$	$\frac{25,7 \pm 5,1}{4,3}$	< 0,05	$\frac{3,80 \pm 1,90}{1,90}$	5,8±0,1
	130	1,29±0,29	$\frac{692,0}{4,3}$	$\frac{9,7 \pm 1,9}{3,2}$	$\frac{18,8 \pm 3,8}{0,8}$	$\frac{2,8 \pm 0,3}{0,5}$	$\frac{13,2 \pm 4,6}{3,3}$	$\frac{13,0 \pm 2,6}{2,2}$	$\frac{0,20 \pm 0,04}{1,00}$	$\frac{1,30 \pm 0,70}{0,70}$	6,0±30,1

Примечание. В числителе приведено содержание подвижных форм элементов, мг/кг, в знаменателе – их доля от ПДК (ОДК).