

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.11
УДК 630.22

Рекультивация нарушенных земель

А. Н. Жидков

Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, заместитель заведующего отделом экологии леса, кандидат биологических наук, Пушкино, Московская обл., Российская Федерация, zhidkov_66@mail.ru

Л. Л. Коженков

Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, заведующий отделом экологии леса, кандидат сельскохозяйственных наук, Пушкино, Московская обл., Российская Федерация

Представленные в статье экологические подходы позволяют восстановить экосистемный потенциал техногенных ландшафтов и нарушенных земель, решить проблемы по созданию в регионах, где происходит снижение экологических функций лесов, приемлемой санитарно-гигиенической обстановки.

Ключевые слова: *техногенное воздействие на окружающую среду, промышленные полигоны, рекультивация, восстановление нарушенных экосистем, инновации в лесном хозяйстве*

Для ссылок: <http://dx.doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.11>
Жидков, А. Н. Рекультивация нарушенных земель [Электронный ресурс] / А. Н. Жидков, Л. Л. Коженков // Лесхоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2019. – № 3. – С. 134–145. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

За последние столетия в мире утрачено 35% площади лесов [1], а из сохранившихся лесов 82% в той или иной степени подверглись деградации вследствие прямого воздействия хозяйственной деятельности человека: промышленных рубок, урбанизации, развития сельского хозяйства и строительства инфраструктуры. Антропогенная деградация лесных биогеоценозов планеты приводит к ухудшению санитарного состояния лесов и, соответственно, к снижению их экологических функций.

В Российской Федерации на территории, где произрастали леса, появилось несколько миллионов гектаров земель, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых, прокладке линейных объектов, проведении лесозаготовительных, мелиоративных, геологоразведочных работ, складировании промышленных и бытовых отходов и т.п. [2–10]. Накопление отходов индустрии неизбежно вызывает отчуждение продуцирующих земель, при котором возникает опасность загрязнения окружающей природной среды и увеличения экологического ущерба [2–14].

В условиях изменяющегося климата важнейшим фактором сдерживания повышения температуры планеты является лесоразведение, в том числе в большинстве случаев связанное с рекультивацией нарушенных земель.

Рекультивации подлежат нарушенные земли всех категорий, а также прилегающие земельные участки, полностью или частично утратившие продуктивность в результате отрицательного воздействия нарушенных земель [15–19]. Основная задача рекультивации – создание экосистемы, которая бы гармонично вписалась в природную геосистему и стала ее составной частью – высокоорганизованной, стабильной, по возможности саморегулируемой, энергетически и экологически безопасной.

Объекты исследования учёных ВНИИЛМ, расположенные в Республике Татарстан, Тюменской и Московской областях, можно разделить на две категории:

- ✓ нефтезагрязнённые земли;
- ✓ полигоны вторичных материалов промышленности.

В настоящее время нет единого федерального норматива предельно допустимой концентрации нефти в почвах Российской Федерации. Такой норматив должен предусматривать тип и качество почв, условия их формирования, ландшафтно-литолого-геоморфологические условия, мощность, сорбционную емкость и проницаемость почвогрунтов, специфику почвенно-грунтовых миграционных процессов, состав нефти и условия попадания ее в среду, скорость трансформации и рассеивания, целевое назначение и вид используемых земель и т.д.

Многие вопросы, связанные с изучением механизмов распределения нефти в почве и оценкой воздействия нефтяного загрязнения на почвенный покров, вызывают многочисленные дискуссии. До сих пор нет единства и в вопросе о методах определения нефти в почве. С нашей точки зрения, почвы следует считать загрязненными нефтью и нефтепродуктами, если концентрация последних достигает уровня, при котором:

- ✓ начинаются угнетение или деградация растительного покрова, или существенная перестройка структуры растительного сообщества;
- ✓ нарушается функционирование почвенного биоценоза: происходит резкое упрощение структуры комплекса почвенной биоты, снижается интегральная биологическая активность;
- ✓ резко снижается продуктивность сельскохозяйственных земель, лесов, болотных угодий;
- ✓ происходит вымывание нефтепродуктов из почв в подземные и поверхностные воды.

Классификация нефтезагрязненных почв, разработанная учёными ВНИИЛМ, и их нефтеёмкость приведены в табл. 1 и 2.

Загрязнение нефтью влияет на весь комплекс морфологических, физических, физико-химических, биологических свойств почвы, определяющих ее плодородие и экологические функции. Изменение свойств почвы при загрязнении нефтью, а также процессы ее миграции, аккумуляции и метаболизма зависят от физико-химического

Таблица 1. Классификация почвогрунтов по содержанию углеводов

Уровень загрязнения почвы	Содержание углеводов в почвогрунте	
	г/кг	%
Незагрязненная	< 2,0	< 0,2
Слабозагрязненная	2,0–10,0	0,2–1,0
Среднезагрязненная	10,0–50,0	1,0–5,0
Сильнозагрязненная	> 50,0	> 5,0

Таблица 2. Нефтеёмкость основных типов почв Центральной России

Почва (грунт)	Гранулометрический состав	Нефтеёмкость, %
Типичный чернозем	Тяжелосуглинистый	20–25
Серая лесная	Среднесуглинистый	18–20
Дерново-подзолистая	То же	13–15
Аллювиально-луговая	Легкосуглинистый	13–17
Перегноино-торфяная	–	30–35
Песок кварцевый	Песчаный	10–15
Глина делювиальная	Глинистый	15–19

состава и количества пролитой нефти, почвенно-климатических и ландшафтных условий, типа почвы, наличия тех или иных биохимических барьеров, каналов миграции и диффузии в почвенном профиле.

При нефтяном загрязнении прежде всего существенно изменяются морфологические признаки почвы. Для загрязненных почв характерен более темный цвет по сравнению с незагрязненными, большая плотность, наличие маслянистых и радужных пленок по граням структурных отдельностей в иллювиальных горизонтах, появление столбчатой структуры в нижней части их профиля. Под влиянием нефти происходит агрегирование почвенных частиц, в связи с чем содержание глыбистых (> 10 мм) частиц увеличивается, а содержание агрономически ценных структурных отдельностей уменьшается.

Под влиянием загрязнения изменяется гранулометрический состав почвы. Так, в серых лесных почвах Республики Татарстан наблюдалось уменьшение содержания илистой фракции, мелкого песка, средней и крупной пыли. Почвенные частицы утрачивают естественное сложение и покрыты нефтяной пленкой, за счет которой

происходит их слипание. Изменение физических свойств почвы при загрязнении приводит к вытеснению воздуха нефтью, нарушению поступления воды, питательных веществ, что является главной причиной торможения развития растений и их гибели. Почвы, насыщенные нефтепродуктами, теряют способность впитывать и удерживать влагу, для них характерны более низкие значения гигроскопической влажности, водопроницаемости, влагоемкости по сравнению с фоновыми аналогами. На участках, загрязненных сырой нефтью, уменьшается всасывание и движение влаги по почвенным капиллярам. Гидрофобный подпочвенный слой из смеси сырой нефти и почвы понижает капиллярную влагоемкость, но увеличивает способность почвы к накоплению влаги в верхних слоях. В почвах с давним сроком загрязнения (20–50 лет) в последние 10 лет выявлено возрастание гидрофобности. В этих почвах обнаруживаются летучие компоненты нефти в горизонтах, расположенных ниже несмачивающихся слоев. Эти соединения, необратимо сорбированные на поверхности почвенных частиц, и могли стать причиной развития гидрофобности почв.

Таким образом, при нефтяном загрязнении в почвах происходит ухудшение комплекса агрофизических свойств, что неизбежно ведет к нарушению их водного, воздушного, теплового, окислительно-восстановительного и питательно-го режимов.

При оценке последствий загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами большое значение имеют изменения в их гумусовых фракциях. Поскольку основным элементом, входящим в состав нефти, является углерод, массовое содержание которого колеблется в пределах 83–87%, то содержание органического вещества в расчете на общий углерод и гумус в загрязненных почвах возрастает за счет углерода нефти. При этом закономерность распределения углерода в загрязненных нефтью почвах имеет свои особенности в различных элементарных ландшафтах: элювиальном, трансэлювиальном и супераквальном. Параллельно с увеличением привнесенного углерода идет процесс качественного изменения битуминозных веществ и группового состава гумуса. Эти изменения зависят от физико-химических свойств нефти и органического вещества почвы.

Воздействие нефти на комплекс почвенных микроорганизмов неоднозначно. С одной стороны, нефтяное загрязнение стимулирует рост определенных видов, с другой – ингибирует.

В нефтезагрязненных почвах происходит почти полная репрессия активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов, что связано с низким содержанием в них подвижных соединений азота, а также с неблагоприятным водно-воздушным режимом и низким содержанием растительных остатков.

В результате обволакивания почвенных агрегатов нефтью ухудшается доступ кислорода. Понижение концентрации кислорода способствует развитию анаэробных микроорганизмов. Развитие аэробной микрофлоры, например грибов, замедляется. При изучении влияния нефтяного загрязнения на комплекс почвенных микроорганизмов было выявлено, что нефть первоначально вызывает снижение численности и видового разнообразия всех рассматриваемых

групп микроорганизмов, за исключением микроскопических грибов. Это связано с токсичным действием нефти, которое приводит к гибели неустойчивых групп микроорганизмов.

Нефтяное загрязнение стимулирует деятельность бактерий, грибов, дрожжей, углеводородокисляющих, спорообразующих, азотфиксирующих, аммонифицирующих, денитрифицирующих микроорганизмов и ингибирует деятельность нитрифицирующих и целлюлозоразлагающих. На актиномицеты нефть может оказывать как стимулирующее, так и ингибирующее воздействие.

Микробиологическую деградацию нефти обуславливают два фактора: наличие сложных ферментов – оксидаз, осуществляющих введение одного атома кислорода из его молекулярной формы в концевую группу углеводорода, и наличие в клетках приспособлений, обеспечивающих поглощение гидрофобного не растворимого в воде субстрата.

В основу предлагаемого учёными ВНИИЛМ технологического процесса рекультивации деградированных и нефтезагрязнённых участков земель заложен принцип иммобилизации всех природных ресурсов биоценоза, направленный на самовосстановление загрязненной территории посредством применения гуминовых препаратов и в сочетании с комплексом мероприятий по:

- ✓ механической очистке и планировке участков земель, вышедших из-под нефтедобычи (очистка нефтезагрязнённых почвогрунтов);
- ✓ получению водного раствора гуминового препарата и внесению его в почвогрунт;
- ✓ фитомелиорации загрязнённых и деградированных участков путем создания на них зелёных насаждений (посевов многолетних трав и древесно-кустарниковых растений).

Технология, предлагаемая для использования на этапах очистки нефтезагрязнённых почвогрунтов и биохимической санации, разрабатывалась на опытно-производственных участках нефтезагрязнённых и деградированных

земель, вышедших из-под нефтедобычи, которые находятся в Альметьевском и Муслюмовском районах Республики Татарстан. Технология прошла производственные испытания в Муслюмовском районе Республики Татарстан. Экспериментально-полевые работы проводились в Азнакаевском, Альметьевском, Высокогорском и Зеленодольском районах Республики Татарстан [13].

Разработанная технология применения водных растворов гуминовых препаратов при проведении рекультивационных работ может эффективно применяться на всех территориях с умеренным и умеренно-континентальным климатом: продолжительность тёплого периода – около 150–200 сут в году, безморозного периода (среднесуточная температура выше 10 °C) – не менее 120 сут, количество осадков – не менее 500 мм/год. Данная технология адаптирована ко всем подтипам почв – от дерново-подзолистых до тёмно-серых лесных, с легким гранулометрическим составом, – она пригодна и для облесения отработанных карьерных выемок строительных материалов (песка и щебня).

В настоящее время сотрудниками института изучены процессы почвообразования и естественного зарастания в техногенных ландшафтах общепринятыми геоботаническими, лесоводственными и геоморфологическими методами. Экспедиционные полевые исследования в границах влияния предприятия АО «Воскресенские минеральные удобрения» выполнены по единой методике.

Наиболее значимые результаты в указанном направлении исследований нами получены на территории санитарно-защитной зоны и полигонов данного предприятия, поскольку атмосферное загрязнение и метеорологические параметры (скорость и направление ветра, атмосферные явления) анализировались здесь по данным сертифицированной передвижной газоаналитической лаборатории АО «Воскресенские минеральные удобрения» Московской обл.

Техногенная трансформация загрязнителей атмосферного воздуха при токсическом загрязнении среды нередко вызывает необратимые

изменения структуры экосистемы, поэтому мониторинг загрязняющих веществ в атмосфере является одним из наиболее информативных объектов научного исследования [4, 6, 7]. Приоритетным загрязняющим природную среду элементом, исходя из специфики складирования полигона, стал сульфат кальция, который относится к IV классу опасности. Нами проведены измерения соотношения пылевой фазы на южной нерекультивированной части действующего полигона и на северном склоне, который стал экспериментальным объектом рекультивационных работ. Исследования показали, что в северной части полигона складирования фосфогипса накопление пылевой фазы снижается в 2,3 раза по сравнению с контрольной, которая не была охвачена фиторемедиационными работами. Мониторинг газового состава атмосферы (табл. 3) также свидетельствует о том, что проводимые рекультивационные работы благоприятно воздействуют на окружающую природную среду.

В результате многолетних экспериментальных исследований научными сотрудниками ВНИИЛМ совместно со специалистами АО «Воскресенские минеральные удобрения» разработана технология ускоренной лесобиологической рекультивации полигонов складирования техногенного фосфодигидрата сульфата кальция [2–10, 21, 22].

ВНИИЛМ одним из первых в Российской Федерации для рекультивации полигонов вторичных материалов промышленности стал применять саженцы быстрорастущих древесных пород с закрытой корневой системой, полученные в лаборатории клонального микроразмножения Центрально-европейской лесной опытной станции. Кроме того, ученые провели эксперимент по повышению плодородия субстрата технозёмов вермикультурами навозных червей (*Eisenia fetida*) из семейства Lumbricidae для ускорения процессов гумусообразования и создания аналога природного почвенного слоя.

В лаборатории отдела были оборудованы пластиковые контейнеры объемом 30 л с секциями для вермикомпостирования и заложены вермикультуры 3-х перспективных гибридов

Таблица 3. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ГРАНИЦЕ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ (300 м ОТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ АО «ВОСКРЕСЕНСКИЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ»)

МЕСТО ОТБОРА ПРОБ	ИНГРЕДИЕНТ	РЕЗУЛЬТАТЫ КХА*, мг/м ³ (СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ЗА ГОД)	ПДК** м.р., мг/м ³
Восток	Фторсоединения	0,005	0,02
	Аммиак	0,02	0,2
	Диоксид азота	0,023	0,2
	Диоксид серы	0,0039	0,5
Север	Фторсоединения	0,005	0,02
	Аммиак	0,02	0,2
	Диоксид азота	0,026	0,2
	Диоксид серы	0,0049	0,5
Юго-восток	Фторсоединения	0,004	0,02
	Аммиак	0,02	0,2
	Диоксид азота	0,036	0,2
	Диоксид серы	0,0131	0,5
Юг	Фторсоединения	0,004	0,02
	Аммиак	0,02	0,2
	Диоксид азота	0,027	0,2
	Диоксид серы	0,0053	0,5

* КХА – количественный химический анализ

** ПДК м.р. – предельно допустимая максимальная разовая концентрация

навозного червя: Красный калифорнийский, Старатель, Московский. В качестве питательно-го субстрата для червей применялись различные варианты смесей фосфодигидрата сульфата кальция, осадков сточных вод (ОСВ) и органического материала (Орг) растительного происхождения (фосфогипс/ОСВ/Орг, %: 70/20/10, 45/45/10, 20/70/10). В каждый контейнер с экспериментальным почвогрунтом закладывалось по 20 червей. Через 6 мес. было подсчитано количество червей в контейнерах. Эти исследования показали (табл. 4), что высокое

содержание фосфогипса отрицательно влияет на процесс переработки субстрата червями.

Это согласуется и с данными обследования мезофауны беспозвоночных вблизи полигона вторичных материалов промышленности. При содержании в субстрате 70% фосфогипса все черви гибрида Красный калифорнийский погибли, выжило только несколько особей гибридов Старатель и Московский. При соотношении фосфогипс/ОСВ/Орг, %: 45/45/10 численность червей почти всех гибридов значительно сократилась, но их деятельность по трансформации и гумификации

Таблица 4. ВЫЖИВАЕМОСТЬ *EISENIA FETIDA* НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ

НАЗВАНИЕ ГИБРИДА ЧЕРВЯ	ПОЧВОГРУНТ		
	ФОСФОГИПС/ОСВ/ОРГ, %: 70/20/10	ФОСФОГИПС/ОСВ/ОРГ, %: 45/45/10	ФОСФОГИПС/ОСВ/ОРГ, %: 20/70/10
Красный калифорнийский	0	12	20
Старатель	2	17	22
Московский	6	19	24

грунта не остановилась. Наилучшие варианты применения вермикультур оказались в варианте почвогрунта с соотношением фосфогипс/ОСВ/Орг, %: 20/70/10 – в данном варианте опыта численность червей не уменьшилась.

Однако перспективность применения вермикультур пока вызывает сомнения: во-первых, их популяция гибнет в неорганической среде и вне зоны оптимума влажности, во-вторых, скорость и объем переработанного ими грунта в настоящее время недостаточны для получения крупнотоннажного почвенного субстрата.

Учёными ВНИИЛМ экспериментально доказано, что в качестве искусственного почвогрунта для ускоренной биологической рекультивации отвалов фосфогипса можно использовать смесь осадков сточных вод из местных очистных сооружений, которые богаты органическим веществом, элементами минерального питания растений, характеризуются сильной гигроскопичностью, слабощелочной реакцией и хорошей связностью песка и фосфогипса, имеющего в своём составе питательные элементы – фосфор и серу.

Для экспериментальных работ по рекультивации в лабораторных условиях ежегодно выращивались саженцы с закрытой корневой системой следующих древесных пород: дуба красного – 400 шт., осины – 400 шт., сосны обыкновенной – 400 шт. Разброс и разравнивание искусственного почвогрунта проводились самосвалами и бульдозерами, а посадка древесно-кустарниковой растительности – вручную.

При разработке технологий рекультивации авторами данной статьи было запатентовано несколько способов повышения плодородия почв [23–25], а экологический проект по рекультивации был признан важным для решения задач

экологической безопасности и модернизации страны и удостоен высшей награды губернатора Московской области по направлению «Ресурсосбережение и внедрение природоохранных технологий».

Таким образом, лесоразведение, связанное с рекультивацией нарушенных земель, позволяет:

- ✓ уменьшить затраты на приобретение материалов для создания искусственного почвогрунта;
- ✓ снизить негативное влияние полигонов складирования и карьерных выемок на окружающую природную среду;
- ✓ утилизировать осадки бытовых сточных вод на очистных сооружениях района;
- ✓ улучшить ландшафтное благоустройство местности.

Институтом разработан комплекс технологических приёмов, позволяющих эффективно использовать на объектах лесного хозяйства (лесных питомниках, в лесных культурах, лесосеменных плантациях, при рекультивации нарушенных земель) органические отходы производства и потребления, такие как древесные и сельскохозяйственные отходы, растительные остатки, осадки сточных вод и т.п. [22].

Одним из важнейших экологических вызовов для Российской Федерации является проблема возмещения ущерба окружающей среде от нерациональной антропогенной деятельности прошлых лет.

Институт совместно с другими научно-исследовательскими учреждениями проводит исследования, которые позволят выработать обоснованные решения, обеспечивающие экологическое равновесие и устойчивое развитие лесных экосистем.

Список использованных источников

1. The exceptional value of intact forest ecosystems / James Watson, Tom Evans, Oscar Venter [and etc.] // *Nature Ecology & Evolution*. – 2018. – № 2. – P. 599–610.
2. Баранник, Л. П. Биоэкологические принципы лесной рекультивации / Л. П. Баранник. – Новосибирск : Наука, 1998. – 88 с.
3. Жидков, А. Н. Фиторемедиация как комплекс санитарно-оздоровительных мероприятий для полигонов складирования вторичных материалов промышленности / А. Н. Жидков, Л. Л. Коженков // *Лесхоз. информ.* – 2016. – № 1. – С. 19–24.
4. Жидков, А. Н. Опыт совершенствования лесомелиоративных технологий рекультивации полигонов складирования вторичных материалов промышленности / А. Н. Жидков, Л. Л. Коженков, А. А. Мартынюк // *Биологическая рекультивация нарушенных земель*. – Екатеринбург, 2017. – С. 99–107.
5. Опыт лесной рекультивации нарушенных земель / С. В. Залесов, Е. С. Залесова, А. С. Оплетаев, А. А. Терин // *Восстановление и рекультивация деградированных лесов : матер. междунар. научн. форума*. – Астана, 2015. – С. 29.
6. Лесобиологическая рекультивация полигонов складирования фосфогипса / А. А. Мартынюк, В. Н. Кураев, Л. Л. Коженков [и др.]. – М. : ВНИИЛМ, 2006. – 120 с.
7. Мартынюк, А. А. Экологические проблемы в исследованиях ВНИИЛМ / А. А. Мартынюк, А. Н. Жидков, Л. Л. Коженков // *ВНИИЛМ – 80 лет научных исследований*. – М. : ВНИИЛМ, 2016. – С. 143–154.
8. Моторина, Л. В. Промышленность и рекультивация земель / Л. В. Моторина, В. А. Овчинников // *Промышленность и рекультивация земель*. – М. : Мысль, 1975. – 240 с.
9. Stanturf, John A. Future landscapes: opportunities and challenges / John A Stanturf. – *New Forests*, 2015. – 30 p.
10. Shin, J. H. Forest damage history and future directions for forest landscape restoration in Korea / Joon Hwan Shin // *IUFRO Conference on Forest Landscape Restoration*. – Seoul, 2007. – P. 18–25.
11. Чибрик, Т. С. Основы биологической рекультивации : учеб. пособ. / Т. С. Чибрик. – Екатеринбург : изд-во Урал. ун-та, 2002. – 172 с.
12. Лесомелиорация ландшафтов : учеб. / А. Р. Родин, С. А. Родин, С. Б. Васильев, Г. В. Силаев; под общ. ред. А. Р. Родина. – М. : МГУЛ, 2014. – 192 с.
13. Ганеев, И. Г. Ремедиация и рекультивация техногенно деградированных земель / И. Г. Ганеев, А. А. Кулагин // *Вестник ОГУ*. – 2009. – № 6 (100). – С. 554–557.
14. Опыт создания лесных культур на отвалах минерального сырья / Ю. В. Зарипов, Е. С. Залесова, А. И. Чермных, А. Г. Магасумова // *Аграрный вестник Урала*. – 2017. – № 8 (162). – С. 23–29.
15. Трещевская, Э. И. Сосновые насаждения в разных лесорастительных условиях нарушенных земель / Э. И. Трещевская, С. В. Трещевская, К. В. Бобрешов // *Лесотехнич. журнал*. – 2014. – № 3 (15). – С. 76–84.
16. ГОСТ Р 57446-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия.
17. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2017).
18. Сорокин, Н. Д. Рекультивация нарушенных и загрязнённых земель / Н. Д. Сорокин. – Санкт-Петербург : Знание, 2016. – 404 с.
19. Мухортов, Д. И. Утилизация органических отходов при искусственном лесовосстановлении : автореф. дисс.... д-ра с.-х. наук / Д. И. Мухортов. – Йошкар-Ола : ПГТУ, 2013. – 44 с.
20. Всхожесть и биометрические параметры семян, выращенных на субстратах из твердых отходов целлюлозно-бумажной промышленности / Д. Н. Тебенькова, Н. В. Лукина, Р. А. Воробьев, М. А. Орлова, Ю. Н. Гагарин // *Лесоведение*. – 2014. – № 6. – С. 43–52.

21. Фосфогипс и его использование / В. В. Иваницкий, П. В. Классен, А. А. Новиков. – М. : Химия, 1990. – 224 с.
22. Кураев, В. Н. Использование органических отходов в лесном хозяйстве / В. Н. Кураев, А. А. Мартынюк // Использование органических отходов в лесном хозяйстве. – М. : ВНИИЛМ, 2012. – 126 с.
23. Способ облесения отвалов промышленных отходов : пат. 2186474 / А. А. Мартынюк, Л. Л. Коженков, В. Н. Кураев. – М. : Гос. реестр изобретений РФ, 2002. – 6 с.
24. Способ повышения плодородия лесных почв : пат. 2407261 / А. А. Мартынюк, Л. Л. Коженков, В. Н. Кураев, А. Н. Жидков. – М. : Гос. реестр изобретений РФ, 2010. – 8 с.
25. Способ рекультивации отвалов и полигонов промышленных отходов : пат. 2509457 / Е. В. Богач, В. Е. Мионов, А. А. Мартынюк, Л. Л. Коженков, А. Н. Жидков. – М. : Гос. реестр изобретений РФ, 2014. – 9 с.

References

1. The exceptional value of intact forest ecosystems / James Watson, Tom Evans, Oscar Venter [and etc.] // *Nature Ecology & Evolution*. – 2018. – № 2. – P. 599–610.
2. Barannik, L. P. Bioekologicheskie principy lesnoj rekul'tivacii / L. P. Barannik. – Novosibirsk : Nauka, 1998. – 88 s.
3. Zhidkov, A. N. Fitoremediaciya kak kompleks sanitarno-ozdorovitel'nyh meropriyatij dlya poligonov skladirovaniya vtorichnyh materialov promyshlennosti / A. N. Zhidkov, L. L. Kozhenkov // *Lesohoz. inform.* – 2016. – № 1. – S. 19–24.
4. Zhidkov, A. N. Opyt sovershenstvovaniya lesomeliorativnyh tekhnologij rekul'tivacii poligonov skladirovaniya vtorichnyh materialov promyshlennosti / A. N. Zhidkov, L. L. Kozhenkov, A. A. Martynyuk // *Biologicheskaya rekul'tivaciya narushennyh zemel'*. – Ekaterinburg, 2017. – S. 99–107.
5. Opyt lesnoj rekul'tivacii narushennyh zemel' / S. V. Zalesov, E. S. Zalesova, A.S. Opletaev, A. A. Terin // *Vosstanovlenie i rekul'tivaciya degradirovannyh lesov : mater. mezhdunar. nauchn. foruma*. – Astana, 2015. – S. 29.
6. Lesobiologicheskaya rekul'tivaciya poligonov skladirovaniya fosfogipsa / A. A. Martynyuk, V. N. Kuraev, L. L. Kozhenkov [i dr.]. – M. : VNIILM, 2006. – 120 с.
7. Martynyuk, A. A. Ekologicheskie problemy v issledovaniyah VNIILM / A. A. Martynyuk, A. N. Zhidkov, L. L. Kozhenkov // *VNIILM – 80 let nauchnyh issledovaniy*. – M. : VNIILM, 2016. – S. 143–154.
8. Motorina, L. V. Promyshlennost' i rekul'tivaciya zemel' / L. V. Motorina, V. A. Ovchinnikov // *Promyshlennost' i rekul'tivaciya zemel'*. – M. : Mysl', 1975. – 240 s.
9. Stanturf, John A. Future landscapes: opportunities and challenges / John A Stanturf. – *New Forests*, 2015. – 30 p.
10. Shin, J. H. Forest damage history and future directions for forest landscape restoration in Korea / Joon Hwan Shin // *IUFRO Conference on Forest Landscape Restoration*. – Seoul, 2007. – R. 18–25.
11. Chibrik, T. S. Osnovy biologicheskoy rekul'tivacii : ucheb. posob. / T. S. Chibrik. – Ekaterinburg : izd-vo Ural. un-ta, 2002. – 172 s.
12. Lesomelioraciya landshaftov : ucheb. / A. R. Rodin, S. A. Rodin, S. B. Vasil'ev, G. V. Silaev; pod obshch. red. A. R. Rodina. – M. : MGUL, 2014. – 192 s.
13. Ganeev, I. G. Remediaciya i rekul'tivaciya tekhnogenno degradirovannyh zemel' / I. G. Ganeev, A. A. Kulagin // *Vestnik OGU*. – 2009. – № 6 (100). – S. 554–557.
14. Opyt sozdaniya lesnyh kul'tur na otvalah mineral'nogo syr'ya / Yu. V. Zaripov, E. S. Zalesova, A. I. Chernnyh, A. G. Magasumova // *Agrarnyj vestnik Urala*. – 2017. – № 8 (162). – S. 23–29.
15. Treshchevskaya, E. I. Sosnovye nasazhdeniya v raznyh lesorastitel'nyh usloviyah narushennyh zemel' / E. I. Treshchevskaya, S. V. Treshchevskaya, K. V. Bobreshov // *Lesotekhnich. zhurnal*. – 2014. – № 3 (15). – S. 76–84.
16. GOST R 57446-2017. Nailuchshie dostupnye tekhnologii. Rekul'tivaciya narushennyh zemel' i zemel'nyh uchastkov. Vosstanovlenie biologicheskogo raznoobraziya.

17. Federal'nyj zakon ot 10.01.2002 N 7-FZ (red. ot 03.07.2016) «Ob ohrane okruzhayushchej sredy» (s izm. i dop., vstup. v silu s 01.03.2017).
18. Sorokin, N. D. Rekul'tivaciya narushennyh i zagryaznyonnyh zemel' / N. D. Sorokin. – Sankt-Peterburg : Znanie, 2016. – 404 s.
19. Muhortov, D. I. Utilizaciya organicheskikh othodov pri iskusstvennom lesovos-stanovlenii : avtoref. diss.... d-ra s.-h. nauk / D. I. Muhortov. – Joshkar-Ola : PGTU, 2013. – 44 s.
20. Vskhozhest' i biometricheskie parametry seyancev, vyrashchennyh na substratah iz tverdyh othodov cellyulozno-bumazhnoj promyshlennosti / D. N. Teben'kova, N. V. Lukina, R. A. Vorob'ev, M. A. Orlova, Yu. N. Gagarin // Lesovedenie. – 2014. – № 6. – S. 43–52.
21. Fosfogips i ego ispol'zovanie / V. V. Ivanickij, P. V. Klassen, A. A. Novikov. – M. : Himiya, 1990. – 224 s.
22. Kuraev, V. N. Ispol'zovanie organicheskikh othodov v lesnom hozyajstve / V. N. Kuraev, A. A. Martynyuk // Ispol'zovanie organicheskikh othodov v lesnom hozyajstve. – M. : VNIILM, 2012. – 126 s.
23. Sposob obleseniya otvalov promyshlennyh othodov : pat. 2186474 / A. A. Martynyuk, L. L. Kozhenkov, V. N. Kuraev. – M. : Gos. reestr izobretenij RF, 2002. – 6 s.
24. Sposob povysheniya plodorodiya lesnyh pochv : pat. 2407261 / A. A. Martynyuk, L. L. Kozhenkov, V. N. Kuraev, A. N. Zhidkov. – M. : Gos. reestr izobretenij RF, 2010. – 8 s.
25. Sposob rekul'tivacii otvalov i poligonov promyshlennyh othodov : pat. 2509457 / E. V. Bogach, V. E. Mironov, A. A. Martynyuk, L. L. Kozhenkov, A. N. Zhidkov. – M. : Gos. reestr izobretenij RF, 2014. – 9 s.

Reclamation of Disturbed Lands

A. Zhidkov

*Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry,
Deputy Head of Forest Ecology Department, Candidate of Biological Sciences
Pushkino, Moscow region, Russian Federation, zhidkov_66@mail.ru*

L. Kozhenkov

*Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry,
Head of Forest Ecology Department, Candidate of Agricultural Sciences,
Pushkino, Moscow region Russian Federation, zhidkov_66@mail.ru*

Key words: *environmental impact, industrial landfills, reclamation, forest restoration of degraded sites, innovations in forestry*

Although Earth has lost at least 35% of its pre-agricultural forest cover over the past three centuries, forests are still widely distributed, covering a total of 40 million km² (~25%) of Earth's terrestrial surface. Of the remaining forests, as much as 82% is now degraded to some extent as a result of direct human actions such as industrial logging, urbanization, agriculture and infrastructure. Anthropogenic degradation of forest biogeocenoses of the planet causes economic activity, which is expressed in physical changes in forests and leads to a decrease in their ecological functions. This may be the fragmentation of forests, clear-cutting, excessive seizure of resources of individual species (both tree species and hunting objects) and changes in fire and flood regimes.

Currently, on the territory of the Russian Federation, where forests used to grow in previous centuries, several million hectares of land were disturbed during the development of mineral deposits, lying of linear objects, carrying out logging, reclamation, exploration, storage of industrial and household waste, and more. The accumulation of industrial waste is due to the extraction and production of minerals, and inevitably causes the alienation of producing lands, during which there is a dangerous environmental pollution and accumulation of environmental damage.

It has been experimentally proven that acceptable as artificial soil factors for accelerated biological culture and biophysical research are a mixture of various natural factors that are rich in organic matter, in which there are strong hygroscopic, weak and weak substances that cause strong hygroscopicity and disease. and phosphogypsum, phosphorus and sulfur. For reclamation, we use aspen, red oak and pine. For experimental and mental work in the laboratory, seedlings with a closed root system of the following species are grown: red oak – 400, aspen – 400, and pine trees – 400. Differences and differences in man-made soil using dump trucks and bulldozers, as well as planting trees and shrubs by hand.

When developing reclamation technologies, the authors of this article patented several ways to improve soil fertility, and the ecological reclamation project was recognized as important for the tasks of environmental safety and modernization of the country, and was awarded the highest award of the Governor of the Moscow Region in the area of "Resource Saving and Introduction of Environmental Technologies". And we can confidently state that the afforestation associated with the restoration of degraded sites allows:

- *reduce the cost of acquiring materials for the creation of artificial soil;*
- *reduce the negative impact of landfill sites and mine openings on the environment;*
- *dispose of household sewage sludge at the district wastewater treatment plant;*
- *improve landscape landscaping.*

The Institute has developed a set of technological techniques that allow efficient use of forest objects, organic waste production and consumption, such as wood and agricultural waste, plant residues, rainfall sewage, etc. Other environmental challenges have arisen, including at the international level: adaptation of forests and forestry to climate change, reduction of forest biological diversity in the areas of their development, use of modern achievements of genetics. All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry conducts research in these areas, which will make it possible to develop sound solutions that will ensure ecological balance and sustainable development of forest ecosystems.