

УДК 630:22

DOI: 10.18698/2542-1468-2019-2-92-97

## ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ЭТАПА РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНОВ СКЛАДИРОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Н. Жидков, Л.Л. Коженков

Федеральное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ), 141202, Московская область, г. Пушкино, ул. Институтская, д. 15

zhidkov\_66@mail.ru

В статье рассматривается важная экологическая проблема реабилитации и рекультивации нарушенных земель. Рассмотрены технологии ускоренной биологической фиторемедиации на отвалах производств по получению минеральных удобрений. Данные технологии снижают неблагоприятные экологические последствия отчуждения техногенно нарушенных земель. Описанные в статье экологические подходы позволяют восстановить экосистемный потенциал техногенных ландшафтов, решить проблемы по созданию в регионе приемлемой санитарно-гигиенической обстановки.

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

**Ссылка для цитирования:** Жидков А.Н., Коженков Л.Л. Особенности биологического этапа рекультивации полигонов складирования вторичных материалов промышленности // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2019. Т. 23. № 2. С. 92–97. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-2-92-97

Техногенное воздействие человечества на окружающую природную среду возрастает, и на сегодняшний день на территории Российской Федерации образовалось 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. [1–10].

Доля лесистости территории взаимосвязана с нежелательными изменениями климата: увеличивается запыленность и загазованность воздуха, увеличиваются амплитуды промерзания почвогрунтов, возрастает частота возникновений климатических аномалий [6, 8, 9]. По оценкам экспертов накопленный в Российской Федерации экологический ущерб приводит к росту заболеваемости населения, проживающего на территориях, подверженных техногенному воздействию, в 1,7–2 раза по сравнению с населенными пунктами, где нет экологических проблем [1, 7, 10]. Накопление отходов индустрии обусловлено добычей и производством полезных ископаемых и неизбежно вызывает отчуждение продуцирующих земель, при котором возникает опасность загрязнения окружающей природной среды и накопления экологического ущерба [1–14].

Согласно ГОСТ Р 57446–2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия» [15], рекультивация земель представляет собой мероприятия по предотвращению деградации земель и (или)

восстановлению их плодородия посредством приведения земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в том числе путем устранения последствий загрязнения почв, восстановления плодородного слоя почвогрунтов, создания защитных лесных насаждений. Правительство Российской Федерации, приняв Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ред. от 03.07.2016; с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2017), относит земли и почвы к объектам охраны окружающей среды от загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения и иного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности [16]. Согласно пункту 25 Постановления Правительства РФ «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» от 16.02.2008 № 87 (с изм. на 23.01.2016), определено содержание раздела «Перечень мероприятий по охране окружающей среды», который должен включать мероприятия по рекультивации нарушенных или загрязненных земельных участков и почвенного покрова. Рекультивация нарушенных и загрязненных земель осуществляется для восстановления их для сельскохозяйственных, лесохозяйственных, водохозяйственных, строительных, рекреационных, природоохранных и санитарно-оздоровительных целей. Рекультивации подлежат нарушенные земли всех категорий, а также прилегающие земельные участки, полностью или частично утратившие продуктивность в результате отрицательного воздействия нарушенных земель [17–19].

## Цель работы

Поставлена задача рассмотреть технологии ускоренной биологической фиторемедиации на отвалах производств по получению минеральных удобрений.

## Материалы и методы

Объектом исследования является фосфодигидрат сульфата кальция (фосфогипс), который содержит 98 % сульфата кальция [20–22]. По данным отчетов АО «Объединенная химическая компания «УРАЛХИМ» в отвалах предприятий России накоплено 200 млн тонн фосфодигидрата сульфата кальция и ежегодно эти цифры увеличиваются на 15 млн тонн отходов [3, 21, 22], что может привести к неблагоприятным изменениям в окружающей природной среде, проявиться в загрязнении атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвенно-растительного покрова вредными веществами в результате переноса ветром и вымывания их осадками с поверхности отвалов. Транспортировка фосфогипса в отвалы и его хранение в них нуждается в капитальных вложениях и эксплуатационных затратах, а для создания полигонов складирования отчуждаются из хозяйственного оборота значительные площади. Для смягчения экологических последствий воздействий полигонов фосфогипса на прилегающие природные территории осуществляются превентивные и природоохранные мероприятия [1–10].

На территории Воскресенского района Московской области складировается фосфогипс, образующийся при производстве АО «Воскресенские минеральные удобрения» фосфорных удобрений из апатитового концентрата Хибинского месторождения. В результате многолетнего складирования фосфогипса образовалось два полигона. Первый расположен на левом берегу реки Москвы в непосредственной близости от предприятия и в настоящее время закрыт. Второй полигон предприятия используется для складирования фосфодигидрата сульфата кальция по настоящее время.

Изучены процессы почвообразования и естественного зарастания в техногенных ландшафтах общепринятыми методами. Использованы геоботанические, лесоводственные, геоморфологические методы, а также современные инструментальные и традиционные физико-химические, химические методы. Экспедиционные полевые исследования в границах влияния предприятия выполнены по единой методике. Пробы к анализу подготавливались однообразно. Атмосферное загрязнение и метеорологические параметры (скорость и направление ветра, атмосферные явления) анализировались по данным сертифицированной передвижной газоаналитической лаборатории АО «Воскресенские минеральные удобрения».

## Результаты и обсуждение

В результате проведенных многолетних экспериментальных исследований научными сотрудниками Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства совместно со специалистами АО «Воскресенские минеральные удобрения» разработана технология ускоренной лесобиологической рекультивации полигонов складирования техногенного фосфодигидрата сульфата кальция [1–10, 21, 22].

Осадки сточных вод из очистных сооружений Воскресенского района также не находят рационального применения. Изучение биологического этапа рекультивации отвалов фосфогипса позволило предложить технологию фиторемедиации, способствующей снижению атмосферного загрязнения, консервации полигона от выветривания и снижения негативных последствий от складирования, которая включает в себя следующие этапы: подготовку искусственного почвогрунта и покрытие им рекультивируемой площади берм и склонов отвалов, выбор, приобретение и доставка посадочного и посевного материала, посадку саженцев деревьев и кустарников, посев семян растений на склонах и террасах отвала, уход за формируемыми зелеными насаждениями.

Исследования проводились на пробных площадях, равномерно размещенных в пределах территории землеотвода. На рассматриваемой территории проводились научные изыскания, включающие сплошной перебор древесно-кустарниковых пород и напочвенного покрова и учет почвенной мезофауны. Экспериментально доказано, что в качестве искусственного почвогрунта для ускоренной биологической рекультивации отвалов фосфогипса наиболее целесообразно 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 своем составе питательные элементы — фосфор и серу. Для рекультивации используются осина, дуб красный и сосна обыкновенная. Для экспериментальных работ в 2017 г. выращены в лабораторных условиях саженцы с закрытой корневой системой следующих древесных пород: дуба красного — 400 шт., осины — 400 шт., сосны обыкновенной — 400 шт. Разброс и разравнивание искусственного почвогрунта проводится самосвалами и бульдозерами Т-10 АО «Воскресенские минеральные удобрения», но посадка древесно-кустарниковой растительности проводится исключительно ручным способом.

Техногенная трансформация загрязнителей атмосферного воздуха при токсическом загрязнении среды нередко влечет необратимые изменения структуры экосистемы, поэтому мониторинг загрязняющих веществ в атмосфере является одним из наиболее информативных объектов научного исследования [6, 8, 9]. Для оценки химического состава выбросов и распространения техногенной пыли были использованы полотнища хлопчатобумажной ткани, которые накапливали твердую фазу поллютантов. Мониторинг атмосферного загрязнения над полигоном проводится сертифицированной передвижной газоаналитической лабораторией АО «Воскресенские минеральные удобрения».

В первой половине сентября 2014–2017 гг. измерялось соотношение пылевой фазы сульфат кальция на южной некультивированной части действующего полигона и на северном склоне, который превращен в экспериментальный объект рекультивационных работ. Исследования ФБУ ВНИИЛМ показали, что с северной части полигона складирования фосфогипса накопление пылевой фазы снижается в 2,3 раза по сравнению с контрольной, которая не была охвачена фиторемедиационными работами.

При разработке технологий рекультивации авторами данной статьи было запатентовано несколько способов повышения плодородия почв [23–25], а экологический проект по рекультивации признавался важным для задач экологической безопасности и модернизации страны, был удостоен высшей награды Губернатора Московской области по направлению «Ресурсосбережение и внедрение природоохранных технологий».

В 2017 г. отдел экологии леса ФБУ ВНИИЛМ применил новые подходы в подготовке искусственных почвогрунтов для обогащения их биогумусом. Хотя исследованиями доказано (и защищено патентами) [2, 3, 5, 6, 19, 23–25], что смесь активного ила осадков сточных вод с фосфодигидратом сульфата кальция создает почвогрунт вполне пригодный для лесовыращивания, но для ускорения процессов гумусообразования и создания аналога природного почвенного слоя было решено начать лабораторные эксперименты по формированию плодородия в контролируемых условиях при помощи вермикюльтуры навозных червей *Eisenia fetida* из семейства *Lumbricidae*.

В 2016 г. были заложены вермикюльтуры трех перспективных гибридов, полученных путем скрещивания особей пространственно отдаленных популяций навозных червей *Eisenia fetida*: Калифорнийский, Старатель, Московский. В качестве питательного субстрата для червей применяются различные варианты смесей фосфодигидрата сульфата кальция, осадков сточных вод и органического материала растительного про-

исхождения (фосфогипс/ОСВ/Орг, %: 70/20/10, 45/45/10, 20/70/10). В каждый контейнер с экспериментальным почвогрунтом закладывалось по 20 шт. червей. Через 6 месяцев было подсчитано количество червей в контейнерах.

Результаты переработки червями экспериментальных почвогрунтов оказались неоднозначными (см. таблицу).

**Выживаемость *Eisenia fetida*  
на экспериментальных почвогрунтах**  
Survival rate of *Eisenia fetida* on experimental soils

Наименование гибрида червя	Почвогрунт фосфогипс/ОСВ/Орг, %		
	70/20/10	45/45/10	20/70/10
Красный калифорнийский	0	12	20
Старатель	2	17	22
Московский	6	19	24

## Выводы

Исследования показали, что высокое содержание фосфогипса отрицательно влияет на процесс переработки субстрата червями. Это согласуется с данными обследования мезофауны беспозвоночных вблизи полигона вторичных материалов промышленности. При содержании фосфогипса в субстрате 70 % все черви гибрида Красного калифорнийского погибли, выжили только несколько особей гибридов Старателя и Московского. При соотношении фосфогипс/ОСВ/Орг, %, 45/45/10 численность червей почти всех гибридов значительно сократилась, но их деятельность по трансформации и гумификации грунта не остановилась. Наилучшие варианты применения вермикюльтур оказались в варианте почвогрунта с соотношением фосфогипс/ОСВ/Орг, %, 20/70/10; в данном варианте опыта численность червей не только не уменьшилась, но и увеличилась, что свидетельствует о перспективности использования такого рода экспериментального грунта для гумификации субстрата. При увеличении продолжительности светового дня полученный плодородный почвогрунт был подготовлен к испытанию на всхожесть семян основных лесобразующих пород (2017). Выращенные на данном субстрате сеянцы сосны успешно высажены в санитарно-защитной зоне техногенного объекта. Рост и состояние клонов, полученных *in vitro*, а также саженцев с закрытой корневой системой, подтверждает правильность выбранного направления работ.

Проведенные мероприятия на примере полигона складирования фосфогипса АО «Воскресенские минеральные удобрения» вблизи города Воскресенска Московской области позволили:

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

Анализ биологического этапа рекультивации показал, что на приживаемость растений влияет не состояние атмосферного воздуха над полигоном складирования вторичных материалов промышленности, а плодородие композиции техногенного почвогрунта. Описанные в статье экологические подходы позволяют восстановить потенциал техногенных ландшафтов, решить проблемы по созданию в регионе приемлемой санитарно-гигиенической обстановки.

## Список литературы

- [1] Баранник Л.П. Биоэкологические принципы лесной рекультивации. Новосибирск: Наука, 1998. 88 с.
- [2] Жидков А.Н., Коженков Л.Л. Фиторемедиация как комплекс санитарно-оздоровительных мероприятий для полигонов складирования вторичных материалов промышленности // Лесохозяйственная информация, 2016. № 1. С. 19–24.
- [3] Жидков А.Н., Коженков Л.Л., Мартынюк А.А. Опыт совершенствования лесомелиоративных технологий рекультивации полигонов складирования вторичных материалов промышленности // Биологическая рекультивация нарушенных земель: Материалы X Всероссийской научной конференции с международным участием. Екатеринбург, УГЛТУ, 4–7 сентября 2017 г. Екатеринбург: УГЛТУ, 2017. С. 99–107.
- [4] Залесов С.В., Залесова Е.С., Оплетаяев А.С., Терин А.А. Опыт лесной рекультивации нарушенных земель // Восстановление и рекультивация деградированных лесов: Материалы Междунар. научн. форума. Астана, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, 9–10 июня 2015 г. Астана: Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, 2015. С. 29.
- [5] Мартынюк А.А., Кураев В.Н., Коженков Л.Л. Лесобиологическая рекультивация полигонов складирования фосфогипса. М.: ВНИИЛМ, 2006. 120 с.
- [6] Мартынюк А.А., Жидков А.Н., Коженков Л.Л. Экологические проблемы в исследованиях ВНИИЛМ // ВНИИЛМ – 80 лет научных исследований / под ред. А.А. Мартынюка, С.А. Родина. М.: ВНИИЛМ, 2016. С. 143–154.
- [7] Моторина Л.В., Овчинников В.А. Промышленность и рекультивация земель. М.: Мысль, 1975. 240 с.
- [8] Stanturf J.A. Future landscapes: opportunities and challenges // *New Forests*, 2015, no. 46 (5–6), pp. 615–644.
- [9] Shin J.H. Forest damage history and future directions for forest landscape restoration in Korea // *IUFRO Conference on Forest Landscape Restoration*, Korea, Seoul, 14–19 May, 2007. Seoul, 2007, pp. 18–25.
- [10] Чибрик Т.С. Основы биологической рекультивации. Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. 172 с.
- [11] Родин А.Р., Родин С.А., Васильев С.Б., Силаев Г.В. Лесомелиорация ландшафтов / под общ. ред. А.Р. Родина. М.: МГУЛ, 2014. 192 с.
- [12] Ганеев И.Г., Кулагин А.А. Ремедиация и рекультивация техногенно деградированных земель // *Вестник ОГУ*, 2009. № 6 (100). С. 554–557.
- [13] Зарипов Ю.В., Залесова Е.С., Черных А.И., Магасумова А.Г. Опыт создания лесных культур на отвалах минерального сырья // *Аграрный вестник Урала*, 2017. № 8 (162). С. 23–29.
- [14] Трещевская Э.И., Трещевская С.В., Бобрецов К.В. Социальные насаждения в разных лесорастительных условиях нарушенных земель // *Лесотехнический журнал*, 2014. № 3 (15). С. 76–84.
- [15] ГОСТ Р 57446–2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия. URL: <https://docplan.ru/Index2/1/4293746/4293746178.htm> (дата обращения 05.09.2018).
- [16] Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ред. от 03.07.2016; с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2017). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/) (дата обращения 05.09.2018).
- [17] Сорокин Н.Д. Рекультивация нарушенных и загрязненных земель. Санкт-Петербург: Знание, 2016. 404 с.
- [18] Мухортов Д.И. Утилизация органических отходов при искусственном лесовосстановлении: автореф. дисс.... д-ра с.-х. наук. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. 44 с.
- [19] Тебенькова Д.Н., Лукина Н.В., Воробьев Р.А., Орлова М.А., Гагарин Ю.Н. Всхожесть и биометрические параметры семян, выращенных на субстратах из твердых отходов целлюлозно-бумажной промышленности // *Лесоведение*, 2014. № 6. С. 43–52.
- [20] Иваницкий В.В., Классен П.В., Новиков А.А. Фосфогипс и его использование. М.: Химия, 1990. 224 с.
- [21] Официальный сайт АО «ОХК «Уралхим». URL: [www.uralchem.ru](http://www.uralchem.ru) (дата обращения 10.11.2018).
- [22] Кураев В.Н., Мартынюк А.А. Использование органических отходов в лесном хозяйстве. М.: ВНИИЛМ, 2012. 126 с.
- [23] Мартынюк А.А., Коженков Л.Л., Кураев В.Н. Способ облесения отвалов промышленных отходов. Патент № 2186474 / Заявл. ВНИИЛМ. Опубл. 10.08.2002. М.: Гос. реестр изобретений РФ, 2002. 6 с.
- [24] Мартынюк А.А., Коженков Л.Л., Кураев В.Н., Жидков А.Н. Способ повышения плодородия лесных почв. Патент № 2407261 / Заявл. ВНИИЛМ. Опубл. 27.12.2010. М.: Гос. реестр изобретений РФ, 2010. 8 с.
- [25] Богач Е.В., Миронов В.Е., Мартынюк А.А., Коженков Л.Л., Жидков А.Н. Способ рекультивации отвалов и полигонов промышленных отходов. Патент № 2509457 / Заявл. ВНИИЛМ. Опубл. 20.03.2014. М.: Гос. реестр изобретений РФ, 2014. 9 с.

## Сведения об авторах

**Жидков Андрей Николаевич** — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник ФБУ ВНИИЛМ, [zhidkov\\_66@mail.ru](mailto:zhidkov_66@mail.ru)

**Коженков Леонид Леонидович** — кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом экологии леса ФБУ ВНИИЛМ, [zhidkov\\_66@mail.ru](mailto:zhidkov_66@mail.ru)

Поступила в редакцию 20.12.2018.

Принята к публикации 24.01.2019.

## BIOLOGICAL STAGE PECULIARITIES OF LANDFILLS RECLAMATION FOR SECONDARY INDUSTRIAL MATERIALS

A.N. Zhidkov, L.L. Kozhenkov

All-Russian Research Institute of Forestry and Mechanization of Forestry, 15, Institutskaya st., Pushkino, 141202, Moscow reg., Russia

zhidkov\_66@mail.ru

The article considers an important environmental problem of increasing the area of anthropogenically disturbed lands. The technologies of accelerated biological phytoremediation at the dumps of production facilities for the production of mineral fertilizers are considered, which reduce the adverse ecological consequences of alienation of technogenically disturbed lands. The ecological approaches described in the article allow to restore the potential of technogenic landscapes to solve the problems of creating an acceptable sanitary and hygienic situation in the region.

**Keywords:** environmental technogenic impact, industrial landfill, reclamation, restoration of degraded sites, forest innovation

**Suggested citation:** Zhidkov A.N., Kozhenkov L.L. *Osobennosti biologicheskogo etapa rekul'tivatsii poligonov skladirovaniya vtorichnykh materialov promyshlennosti* [Biological stage peculiarities of landfills reclamation for secondary industrial materials]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2019, vol. 23, no. 2, pp. 92–97. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-2-92-97

### References

- [1] Barannik L.P. *Bioekologicheskie printsipy lesnoy rekul'tivatsii* [Bioecological principles of forest remediation]. Novosibirsk: Nauka, 1998, 88 p.
- [2] Zhidkov A.N., Kozhenkov L.L. *Fitoremediatsiya kak kompleks sanitarno-ozdorovitel'nykh meropriyatiy dlya poligonov skladirovaniya vtorichnykh materialov promyshlennosti* [Phytoremediation as a complex of sanitary and recreational measures for landfill storage of recycled materials industry]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry information], 2016, no. 1, pp. 19–24.
- [3] Zhidkov A.N., Kozhenkov L.L., Martynyuk A.A. *Opyt sovershenstvovaniya lesomeliorativnykh tekhnologiy rekul'tivatsii poligonov skladirovaniya vtorichnykh materialov promyshlennosti* [Experience in improving forest reclamation technologies for the reclamation of landfill sites for recycled materials in industry]. *Biologicheskaya rekul'tivatsiya narushennykh zemel'* [Biological reclamation of disturbed lands]. Materials of the X All-Russian Scientific Conference with international participation. Yekaterinburg, UGLTU, September 4–7, 2017. Yekaterinburg: UGLTU, 2017, pp. 99–107.
- [4] Zalesov S.V., Zalesova E.S., Opletaev A.S., Terin A.A. *Opyt lesnoy rekul'tivatsii narushennykh zemel'* [Experience of forest reclamation of disturbed lands]. *Vosstanovlenie i rekul'tivatsiya degradirovannykh lesov: Materialy Mezhdunar. nauchn. foruma* [International Scientific Forum of Rehabilitation & Restoration of Degraded Forests]. Astana, S Seifullin Kazakh Agrotechnical University, June 9–10, 2015. Astana: S Seifullin Kazakh Agrotechnical University, 2015, pp. 29.
- [5] Martynyuk A.A., Kuraev V.N., Kozhenkov L.L. *Lesobiologicheskaya rekul'tivatsiya poligonov skladirovaniya fosfogipsa* [Forest biological reclamation of phosphogypsum storage sites]. Moscow: VNIILM, 2006, 120 c.
- [6] Martynyuk A.A., Zhidkov A.N., Kozhenkov L.L. *Ekologicheskie problemy v issledovaniyakh VNIILM* [Environmental Issues in Research Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry]. VNIILM – 80 let nauchnykh issledovaniy [80 years of scientific research at the Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry]. Ed. A.A. Martynyuk, S.A. Rodin. Moscow: VNIILM, 2016, pp. 143–154.
- [7] Motorina L.V., Ovchinnikov V.A. *Promyshlennost' i rekul'tivatsiya zemel'* [Industry and land reclamation]. Moscow: Mysl', 1975, 240 p.
- [8] Stanturf J.A. Future landscapes: opportunities and challenges. *New Forests*, 2015, no. 46 (5–6), pp. 615–644.
- [9] Shin J.H. Forest damage history and future directions for forest landscape restoration in Korea. IUFRO Conference on Forest Landscape Restoration, Korea, Seoul, 14–19 May, 2007. Seoul, 2007, pp. 18–25.
- [10] Chibrik T.S. *Osnovy biologicheskoy rekul'tivatsii* [The Basics of Biological Reclamation]. Ekaterinburg: UGLTU, 2002, 172 p.
- [11] Rodin A.R., Rodin S.A., Vasil'ev S.B., Silaev G.V. *Lesomelioratsiya landshaftov* [Forest landscaping]. Ed. A.R. Rodin. Moscow: MSFU, 2014. 192 p.
- [12] Ganeev I.G., Kulagin A.A. *Remediatsiya i rekul'tivatsiya tekhnogenno degradirovannykh zemel'* [Remediation and recultivation of technologically degraded sites]. *Vestnik OGU* [Bulletin of the Orenburg State University], 2009, no. 6 (100), pp. 554–557.
- [13] Zaripov Yu.V., Zalesova E.S., Chermnykh A.I., Magasumova A.G. *Opyt sozdaniya lesnykh kul'tur na otvalakh mineral' nogo syr'ya* [The experience of creating forest cultures on the dumps of mineral raw materials]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2017, no. 8 (162), pp. 23–29.
- [14] Treshchevskaya E.I., Treshchevskaya S.V., Bobreshov K.V. *Sosnovye nasazhdeniya v raznykh lesorastitel'nykh usloviyakh narushennykh zemel'* [Pine plantations in different forest conditions of disturbed land]. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry magazine], 2014, no. 3 (15), pp. 76–84.
- [15] *GOST R 57446–2017. Nailuchshie dostupnye tekhnologii. Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' i zemel'nykh uchastkov. Vosstanovlenie biologicheskogo raznoobraziya* [GOST R 57446–2017. Best available technology. Reclamation of disturbed land and land. Restoration of biological diversity]. Available at: <https://docplan.ru/Index2/1/4293746/4293746178.htm> (accessed 05.09.2018).

- [16] *Federal'nyy zakon ot 10.01.2002 № 7-FZ «Ob okhrane okruzhayushchey sredy» (red. ot 03.07.2016)* [Federal Law «On Environmental Protection»]. Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/) (accessed 05.09.2018).
- [17] Sorokin N.D. *Rekul'tivatsiya narushennykh i zagryaznennykh zemel'* [Reclamation of disturbed and contaminated land]. Sankt-Peterburg: Znanie, 2016, 404 p.
- [18] Mukhortov D.I. *Utilizatsiya organicheskikh otkhodov pri iskusstvennom lesovosstanovlenii* [Utilization of organic waste during artificial reforestation]: Avtoref. Diss. ... Dr. Sci. (Agric.). Yoshkar-Ola: PGTU, 2013, 44 p.
- [19] Teben'kova D.N., Lukina N.V., Vorob'ev R.A., Orlova M.A., Gagarin Yu.N. *Vskhozhest' i biometricheskie parametry sey-antsev, vyrashchennykh na substratakh iz tverdykh otkhodov tsellyulozno-bumazhnoy promyshlennosti* [Germination and biometric parameters of seedlings grown on substrates from solid waste from the pulp and paper industry]. *Lesovedenie* [Forest Studies], 2014, no. 6, pp. 43–52.
- [20] Ivanitskiy V.V., Klassen P.V., Novikov A.A. *Fosfogips i ego ispol'zovanie* [Phosphogypsum and its use]. Moscow: Khimiya [Chemistry], 1990, 224 p.
- [21] *Official site AO «OKhK «URALKHIM»*. Available at: [www.uralchem.ru](http://www.uralchem.ru) (accessed 10.11.2018).
- [22] Kuraev V.N., Martynyuk A.A. *Ispol'zovanie organicheskikh otkhodov v lesnom khozyaystve* [The use of organic waste in forestry]. Moscow: VNIILM, 2012, 126 p.
- [23] Martynyuk A.A., Kozhenkov L.L., Kuraev V.N. *Sposob obleseniya otvalov promyshlennykh otkhodov* [The method of afforestation dumps of industrial waste]. Pat. Russian Federation no. 2186474. Applicant VNIILM. Publ. 10.08.2002. Moscow: Gos. reestr izobreteniy RF, 2002, 6 p.
- [24] Martynyuk A.A., Kozhenkov L.L., Kuraev V.N., Zhidkov A.N. *Sposob povysheniya plodorodiya lesnykh pochv* [The way to improve the fertility of forest soils]. Pat. Russian Federation no. 2407261. Applicant VNIILM. Publ. 27.12.2010. Moscow: Gos. reestr izobreteniy RF, 2010, 8 p.
- [25] Bogach E.V., Mironov V.E., Martynyuk A.A., Kozhenkov L.L., Zhidkov A.N. *Sposob rekul'tivatsii otvalov i poligonov promyshlennykh otkhodov* [The method of reclamation dumps and landfills of industrial waste]. Pat. Russian Federation no. 2509457. Applicant VNIILM. Publ. 20.03.2014. Moscow: Gos. reestr izobreteniy RF, 2014, 9 p.

## Authors' information

**Zhidkov Andrey Nikolaevich** — Cand. Sci. (Biological), Senior Researcher, Leading Researcher All-Russian Research Institute of Forestry and Mechanization of Forestry, [zhidkov\\_66@mail.ru](mailto:zhidkov_66@mail.ru)

**Kozhenkov Leonid Leonidovich** — Cand. Sci. (Agricultural), Head of the Department of Forest Ecology All-Russian Research Institute of Forestry and Mechanization of Forestry, [zhidkov\\_66@mail.ru](mailto:zhidkov_66@mail.ru)

Received 20.12.2018.

Accepted for publication 24.01.2019.