

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

С.Б. ВАСИЛЬЕВ, доц. МГУЛ, канд. с.-х. наук⁽¹⁾,

А.Р. РОДИН, проф. МГУЛ, д-р с.-х. наук⁽¹⁾

svasilyev@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ ФБГОУ ВПО «Московский Государственный Университет Леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д.1, МГУЛ

Во всем мире для нормального функционирования и развития производства требуется огромный объем сырья, добываемого из недр земли разными способами. Самым болезненным для окружающей среды является открытый способ добычи, ведущий к нарушению экологии района раскопок и разрушению биогеоценозов поверхности. Целью многих работ, в том числе и нашей, является изучение возможности восстановления техногенно-нарушенных ландшафтов после столь варварского изъятия природных ресурсов. Одним из основных способов восстановления является биологическая рекультивация, которая состоит из нескольких этапов. Первый этап – создание экологически обоснованного пахотного слоя и нейтрализация в нем канцерогенных веществ. Второй этап – обогащение корнеобитаемого слоя микрофлорой для нормализации обменных процессов в системе «почва–растение». Третий этап – применение совокупности мелиорантов разного направления с учетом особенностей местного нарушенного грунта. Четвертый этап – посадка лесных культур для создания насаждений искусственного происхождения, устойчивых к агрессивной среде и выполняющих роль экологического буфера в районе проведенной ранее добычи. По всем этим этапам были предложены оптимальные и научно-обоснованные решения с использованием различных мелиорантов. К ним относятся глауконитовый песок (агромелиорант), улучшающий агрохимические и физические показатели пахотного горизонта, куда он был внесен. Некоторая древесно-кустарниковая растительность, например, ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench), облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides* L.) являются биомелиорантами. Эти растения повышают плодородие и оказывают влияние не только на почву, но и на основную породу непосредственно.

Ключевые слова: рекультивация, техногенные ландшафты, мелиоранты, микоризация, биопрепараты, глауконитовый песок, микрофитоценозы.

При добыче полезных ископаемых открытыми горными разработками и подземными способами происходит серьезное нарушение ландшафтов. В этом случае образуются техногенные ландшафты (нарушенные земли), утратившие первоначальную хозяйственную ценность и являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду. Сельскохозяйственные, лесные и другие ценные земли деградируют, окружающая среда загрязняется отходами процессов добычи и переработки полезных ископаемых, нарушаются сложившиеся биогеотические связи и экологические закономерности. Отрицательное влияние прежде всего проявляется при добыче полезных ископаемых открытым способом. Открытыми горными разработками в России нарушено около 200 тыс. га. Площадь этих земель постоянно увеличивается [1]. Нарушенные земли подлежат рекультивации, что позволяет осуществить целенаправленное преобразование техногенного ландшафта. Эта проблема

должна решаться в срок не более одного года после завершения работ по добыче полезных ископаемых. [2].

Техногенные ландшафты являются динамическими системами, находящимися в постоянном изменении под влиянием различных природных, антропогенных, абиотических и других факторов, что следует учитывать при рекультивации [3]. При проведении рекультивации должен применяться экологический подход, имеющий целью организацию и создание сбалансированных ландшафтов, наиболее полно отвечающих потребностям общества. Это предполагает проведение комплекса мероприятий, направленных на восстановление, целенаправленное преобразование, сохранение и повышение природоохранной, хозяйственной и эстетической ценности техногенных ландшафтов.

Восстановление и целенаправленное преобразование техногенных ландшафтов должно идти по пути экологической оптимизации и научно обоснованного обустройства

территории, путем создания взаимосвязанной системы биотопов искусственного и естественного происхождения. Пространственно организованная система искусственных и естественных участков способна поддерживать устойчивость экосистемы в течение длительного периода, сохранять и приумножать биоразнообразие, предотвращать дальнейшую деградацию ландшафта, образовавшегося на техногенной территории.

В поддержании экологической стабилизации техногенного ландшафта главная роль принадлежит древесной и травянистой растительности. Интенсивность влияния лесных и травяных фитоценозов на основные факторы экологической стабилизации преобразованных ландшафтов определяется не только их мелиорирующими свойствами, но и их фитомассой и фауной. Рекультивация нарушенных земель будет успешной только в том случае, если предварительно будет выполнено тщательное изучение лесопригодности образовавшихся грунтов. При этом сначала в плановых материалах, а затем в натуре должны быть выделены участки с различными лесорастительными условиями.

Одной из основных задач, решаемых при рекультивации земель, является создание экологически обоснованного пахотного горизонта. При наличии в исходных техногенных грунтах канцерогенных веществ необходимо провести их нейтрализацию. Одним из эффективных путей нейтрализации этих веществ является внесение цеолитов (сорбентов). Они обладают уникальными сорбционными качествами, ионнообменными и биологически активными свойствами. Цеолиты способствуют эвакуации тяжелых металлов и радионуклидов, повышают иммунологическую сопротивляемость и биологическую защиту растений, регулируют кислотность почвы.

Создаваемый при рекультивации техногенных земель пахотный горизонт должен иметь оптимальный для данной климатической зоны гранулометрический состав [4]. Важность этого мероприятия подтверждается профессором Г.Ф. Морозовым. Он говорил: «Что касается почвы, то большее внимание должно быть обращено на хорошие свойства ее, чем на состав,

который легче восполнить ... супеси и легкие суглинки – следует предпочитать другим, из которых песчаные опять-таки можно предпочесть глинистым» [5]. Такие почвы обеспечивают растениям оптимальный водный, воздушный, тепловой и питательный режимы, активизируется микробиологическая деятельность полезной почвенной микрофлоры.

В пахотном горизонте, образуемом на техногенных землях, отсутствует полезная почвенная микрофлора, которая характеризует биологические свойства почвы. Последние определяются интенсивностью и направленностью микробиологических и биохимических процессов, обусловленных жизнедеятельностью почвенного биоценоза. Основную часть его составляют микроорганизмы в виде бактерий, вирусов, водорослей, микроскопических грибов, простейших и т. п. – их следует рассматривать как важнейший элемент почвенной экологии. Благодаря этому в почве образуются питательные вещества, необходимые для растений, утилизируются многие токсичные соединения, образующиеся в процессе метаболизма или попадающие в почву извне.

Вырастить на бесплодных техногенных субстратах высокопроизводительные насаждения невозможно без активизации микробиологических и биохимических процессов. Для этого используются высокоэффективные биопрепараты на основе молочнокислых бактерий и полезных почвенных микроорганизмов (активатор почвенной микрофлоры, активатор фотосинтеза, азотовит, бактофосфин) [6]. Многолетние исследования кафедры искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ МГУЛ убедительно показали, что применение этих биопрепаратов повышает биологическую активность почвы, численность полезной почвенной микрофлоры в 2,5...3,8 раза, при одновременном сокращении фитопатогенов. Активизация почвенной микрофлоры способствует накоплению в почве биологического азота и растворимого фосфора, полностью усваиваемых растением, в результате чего обменные процессы в системе «почва–растение» значительно улучшаются.

Одним из приемов рекультивации техногенных ландшафтов является микоризация

создаваемого пахотного горизонта. Микориза способствует более полному использованию растениями питательных веществ почвы, интенсифицирует их биохимические реакции и физиологические процессы, повышает содержание сахаров и свободных аминокислот, улучшает рост и ускоряет развитие культивируемых растений. Благодаря огромной всасывающей поверхности почвенного мицелия гриба-симбионта и его выносливости к высокому осмотическому давлению микориза в условиях недостаточной влажности почв имеет большое значение. Растения, имеющие мицелий, лучше снабжаются водой и легче переносят недостаток влаги в почве. Древесные породы являются микотрофными, и без наличия на их корнях микоризы растут и развиваются плохо [7]. Одновременно с микоризацией создаваемого пахотного горизонта необходимо проводить этот прием и для корневых систем посадочного материала в лесных питомниках. При выращивании посадочного материала в условиях *in vitro* растения при пересадке в почву без микоризации приживаются плохо. После микоризации улучшается снабжение растений азотом, приживаемость при их пересадке на постоянное место жизни увеличивается в 1,5–2,0 раза, прирост надземной биомассы повышается [8].

Для рекультивации песчаных грунтов, состоящих из кварцевого песка, эффективным мелиорантом является глауконитовый песок, который обладает лучшими физическими и агрохимическими свойствами, чем кварцевый песок. Его внесение улучшает агрохимические свойства субстрата, в результате этого в образующем пахотном горизонте увеличивается содержание подвижных форм азота, фосфора и калия. Одновременно повышается приживаемость и рост различных культур: сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ели европейской (*Picea abies* L.), лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.), березы карельской (*Betula pendula* Roth var. *carelica* (Mercklin)) [9].

На техногенных субстратах желательно выращивать искусственные биоценозы, образующие всю совокупность растительного и животного мира, свойственного образовавшимся типам условий местопроизрастания. При этом

следует применять наиболее благоприятное пространственное размещение выращиваемых растений с учетом энергии их роста и взаимовлияния. Главные породы размещаются на оптимальном удалении друг от друга с заполнением пространства между ними мелиорантами, которые одновременно являются подгоном для целевой породы. В качестве мелиорантов следует использовать древесные породы, кустарники, полукустарники и травы, улучшающие плодородие пахотного горизонта. Такими породами, например, являются: ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench), облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides* L.) Из кустарников можно использовать карагану древовидную (*Caragana arborescens* Lam.), иву черную (*Salix nigra* Marshall), иву серую (*Salix cinerea* L.), свидину белую (*Thelycrania alba* L.).

Рост главной породы в окружении мелиорантов происходит в благоприятных экологических условиях. Это обеспечивает формирование устойчивых микрофитоценозов, ядром которых является главная порода, которая будет устойчивой, долговечной и иметь усиленный рост.

Кустарники на техногенных субстратах не только повышают их плодородие, но и в результате хемотропизма изменяют направление проводящих корней. Наши исследования роста сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) на песчаных техногенных субстратах показали, что ее проводящие корни достигают корневых систем кустарников (ивы черной (*Salix nigra* Marshall), ивы серой (*Salix cinerea* L.), свидины белой (*Thelycrania alba* L.)) проникают в них и углубляются до капиллярной каймы. Это объясняется повышенным плодородием в микроне зоне корней кустарника и наличием хемотропизма корней. При этом протяженность корней кедра превышает расстояние между рядами [10].

Процесс выращивания искусственных насаждений на техногенных ландшафтах должен охватывать два наиболее важных и динамичных по своей природе взаимосвязанных этапа, от которых непосредственно зависит конечный результат облесения. Первый этап – это приживание и индивидуальный рост

лесных культур; длится от посадки до перевода их в покрытые лесом земли.

Второй этап – индивидуальный рост и формирование искусственных молодняков, которые станут фундаментом будущих древостоев. Хозяйственная деятельность лесовода в этот период должна быть направлена на скорейшее завершение лесокультурного производства, с окончанием которого обеспечивается гарантия выращивания древостоя требуемого состава и с получением желаемого окончательного эффекта в более короткие сроки. Введение в лесокультурное дело понятия «завершенное лесокультурное производство» дает новую теоретическую и практическую основу для комплекса технических приемов создания лесных культур, осуществляемых в наиболее важные и динамичные по своей природе этапы, от которых непосредственно зависит конечный результат искусственного лесовозобновления [11].

Процесс выращивания лесных культур до наступления завершенного лесокультурного производства является управляемым и зависит от качества исходного лесокультурного материала, используемого при закладке культур, агротехники их выращивания, а также активного, своевременного, направленного хозяйственного воздействия на формирование искусственных молодняков.

Теоретические положения завершенного лесокультурного производства показывают, что успешность прохождения этого периода, сокращение его сроков и повышение надежности искусственного лесовозобновления находятся в непосредственной зависимости от совокупности технологических процессов и агроприемов.

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что эффективная и экологически оправданная биологическая рекультивация техногенных ландшафтов возможна только при выполнении комплекса взаимосвязанных организационно-хозяйственных, лесомелиоративных и агротехнических мероприятий, направленных на нейтрализацию токсичных субстратов; повышение их плодородия путем оптимизации гранулометрического состава, реакции среды [12];

активизацию микробиологических и биохимических процессов создаваемого пахотного горизонта путем внесения биопрепаратов, структурообразователей, цеолитов, микоризации. Это позволяет создать устойчивую и взаимосвязанную систему биотопов и целенаправленно превратить техногенные земли в экологически целесообразные ландшафты.

Библиографический список

1. Панков, Я.В. Защитные лесонасаждения на техногенно нарушенных землях / Я.В. Панков // Агролесомелиорация. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. – С. 502–517.
2. Российская Федерация. Законы. Лесной кодекс Российской Федерации: [федер. закон № 200-ФЗ от 04.12.2006: принят Государственной Думой 8 ноября 2006 г., одобрен Советом Федерации 24 ноября 2006 г.]. Офиц. текст по состоянию на 1 октября 2015 г. – М.: Проспект, 2015. – 80 с.
3. Сабо, Е.Д. Виды и динамика уплотнения и разуплотнения почв на вырубках / Е.Д. Сабо, О.В. Кормилицына, В.В. Бондаренко // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2012. – № 3 (86). – С. 42–45.
4. Кормилицына, О.В. Оценка свойств гранулометрических элементов как основа для создания почвенно-грунтовых смесей заданного качества / О.В. Кормилицына, В.В. Бондаренко, И.М. Палий // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2007. – № 7. – С. 97–102.
5. Морозов, Г.Ф. Очерки по лесокультурному делу / Г.Ф. Морозов. – М.: Гослесбумиздат, 1950. – 239 с.
6. Родин, А.Р. Рекомендации по использованию новых экологически чистых биопрепаратов при выращивании посадочного материала хвойных пород в лесных питомниках / А.Р. Родин, Н.Я. Попова, Е.В. Кандыба, М.Н. Стукушин, Г.П. Аболкина. – М.: ВНИИЛМ, 2001. – 13 с.
7. Калашникова, Е.А. Получение посадочного материала древесных, цветочных и травянистых растений с использованием методов биотехнологии: учебное пособие – 3-е изд. испр. и доп. / Е.А. Калашникова, А.Р. Родин. – М.: МГУЛ, 2004. – 84 с.
8. Бойко, Т.А. Эффективность дополнительной микоризации у сеянцев хвойных / Проблемы озеленения городов и развитие лесного комплекса: сб. науч. тр. научно-технической конференции, посвященной 60-летию Ф.А. Теплоухова / Т.А. Бойко. – Пермь: ПГСХА, 2005. – С. 122–128.
9. Васильев, С.Б. Виды и агрономическая характеристика субстратов Егорьевского месторождения фосфоритов / С.Б. Васильев, О.В. Мартыненко, В.Н. Карминов, Н.Н. Горбунова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2013. – № 2(94). – С. 47–50.
10. Васильев, С.Б. Типы лесных культур на промышленных отвалах Подмоскovie (на примере Егорьевского месторождения фосфоритов): дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 / С.Б. Васильев. – М., 2000 – 119 с.
11. Родин, А.Р. Эффективность культур сосны и ели на вырубках зоны смешанных лесов / А.Р. Родин // Возобновление леса: сб. науч. работ ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1975. – С. 175–194.
12. Кормилицына, О.В. Мелиорация кислых почв / О.В. Кормилицына, В.В. Бондаренко // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2007. – № 7. – С. 84–89.

THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF RECULTIVATION
OF TECHNOGENIC LANDSCAPESVasilyev S.B., Assoc. Prof., Ph.D. (Agricultural)⁽¹⁾; Rodin A.R., Prof. MFSU, Dr. Sci. (Agricultural.)⁽¹⁾

svasilyev@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytishi, Moscow reg., Russia

All over the world a huge amount of raw materials extracted from the earth in different ways is required for normal functioning and development of production. The most damaging one for the environment is open-cast mining, which leads to the damaged ecology in the area of extraction as well as to the destruction of surface ecosystems. Many studies, including this one, are aimed at studying the possibility of restoration of anthropogenically damaged landscapes after the barbaric extraction of natural resources. One of the main methods of restoration is biological recultivation, which consists of several stages. The first stage is the creation of environmentally sound topsoil and the neutralization of carcinogenic substances in it. The second stage is the enrichment of the root zone with microflora to normalize the metabolic processes in the «soil-plant» system. The third stage is the application of different ameliorants with regard to the local damaged soil. The fourth stage is the planting of forest plantations to create the stands of artificial origin, which are resistant to the aggressive environment and which perform the role of ecological buffer in the area of previous extractions. Certain optimal and research-based suggestions were proposed, including the use of different ameliorants. They include glauconitic sand (agroameliorant), which improves agrochemical and physical indicators of arable areas, where it was used. Certain trees and bushes, such as alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), speckled alder (*Alnus incana* (L.) Moench), sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) are biameliorants. These plants increase fertility and have the effect not only on soil but also on the basic breed.

Key words: recultivation, technogenic landscapes, ameliorants, mycorrhization, biologicals, glauconitic sand, microphytocenosis.

References

1. Pankov Ya.V. *Zashchitnye lesonasazhdeniya na tekhnogenno narushennykh zemlyakh* [Protective afforestation of technologically disturbed lands]. Volgograd: VNIILMI, 2006, pp. 502–517.
2. *Rossiyskaya Federaciya. Zakony. Lesnoy kodeks Rossiyskoy Federacii* [Russian Federation. Laws. The forest code of the Russian Federation]. Moscow: Prospekt, 2015. 80 p.
3. Sabo E.D., Kormilitsyna O.V., Bondarenko V.V. *Vidy i dinamika uplotneniya i razuplotneniya pochv na vyrubkakh* [Forms and dynamics of compression and decompression of soil in clearings]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, no 3 (86), 2012, pp. 42–45.
4. Kormilitsyna O.V., Bondarenko V.V. *Otsenka svoystv granulometricheskikh elementov kak osnova dlya sozdaniya pochvenno-gruntovykh smesey zadannogo kachestva* [Evaluation of the properties of particle-size elements as the basis for the creation of soil and ground mixtures specified quality]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, no 7, 2007, pp. 97–102.
5. Morozov G.F. *Ocherki po lesokul'turnomu delu* [Essays on multicultural business]. Moscow: Goslesbumizdat, 1950, p. 239.
6. Rodin A.R., Popova N.Ya., Kandyba E.V., Stukushin M.N., Abolkina G.P. *Rekomendatsii po ispol'zovaniyu novykh ekologicheskikh chistykh biopreparatov pri vyrashchivaniy posadochnogo materiala khvoynykh porod v lesnykh pitomnikakh* [Recommendations on the use of new environmentally friendly biological products for growing planting material of coniferous species in forest nurseries]. Moscow: VNIILM, 2001, 13 p.
7. Kalashnikova E.A. *Poluchenie posadochnogo materiala drevesnykh, tsvetochnykh i travyanistykh rasteniy s ispol'zovaniem metodov biotekhnologii* [Preparation of planting material of woody, floral and herbaceous plants using biotechnological methods]. Moscow: MGUL, 2004, p. 84.
8. Boyko T.A. *Effektivnost' dopolnitel'noy mikorizatsii u seyantsy khvoynykh* [Efficiency further mycorrhization conifer seedlings]. Problems of urban greening and development of forestry complex: Sat. scientific. tr. scientific and technical conference dedicated to the 60th anniversary of the FA Teploukhova. Perm': PGSKhA, 2005, pp. 122–128.
9. Vasil'ev S.B., Martynenko O.V., Karminov V.N., Gorbunova N.N. *Vidy i agronomicheskaya kharakteristika substratov Egor'evskogo mestorozhdeniya fosforitov* [Types and agronomic characteristics of substrates Egorievsk phosphorite deposits]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, no 2 (94), 2013, pp. 47–50.
10. Vasil'ev S.B. *Tipy lesnykh kul'tur na promyshlennykh otvalakh Podmoskov'ya (na primere Egor'evskogo mestorozhdeniya fosforitov)* [Types of forest plantations in industrial dumps region (on the example of Egorievsk phosphorite deposits)]. dis. kand. d-ra s.-kh. nauk: 06.03.01, Moscow, 2000, 119 p.
11. Rodin A.R. *Effektivnost' kul'tur sosny i eli na vyrubkakh zony smeshannykh lesov* [The effectiveness of pine and spruce crops in clearings of the mixed forest]. Vozobnovlenie lesa: sb. nauch. rabot VASKhNIL [Reforestation: Sat. scientific. Works of Agricultural Sciences]. Moscow: Kolos, 1975, pp. 175–194.
12. Kormilitsyna O.V., Bondarenko V.V. *Melioratsiya kisl'nykh pochv* [Reclamation of acid soils]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, no 7, 2007, pp. 84–89.