

ПОДБОР ВИДОВ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ФИТОРЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТВАЛОВ ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КМА

Целенаправленное выращивание травянистых, кустарниковых и древесных растений на отвалах (фиторекультивация) является одним из наиболее эффективных путей восстановления земель, нарушенных горнорудными предприятиями с открытым способом добычи. При этом наиболее актуальными становятся следующие вопросы: оценка мелиоративной значимости растений, выявление особенностей их роста и развития, подбор новых видов рекультивантов. В настоящее время на отвалах произрастают до 10 видов растений; здесь важен подбор ассортимента наиболее пригодных для фиторекультивации растений в зависимости от их эколого-биологических свойств и породного состава отвалов.

Экспериментальным работам в этом направлении предшествовало натурное обследование самозаросших нерекультивированных отвалов Лебединского ГОКа; все они отличались породным составом и состояли из песчаных, глинистых, меловых и крупнокусковых скальных пород [1]. Объектами обследования были растительные группировки и виды растений, произрастающие на этих отвалах.

Для оценки состояния древесных растений применяли методики, используемые для древостоев, подверженных промышленному воздействию [2]. Основными диагностическими показателями служили: общий облик растения, степень повреждения его вредителями и болезнями, темп роста (прирост), способность к расселению по территории отвала. Зимостойкость и засухоустойчивость оценивали по пятибалльной шкале, где высший балл означает наиболее высокую степень данного свойства. Обобщающим инструментом обследования является комплекс методов, использующих ГИС-технологии и аппарат многомерной статистики [3].

По степени зарастания отдельных участков отвалов выделены следующие их разновидности:

- участки с недавно сформированным поверхностным слоем грунта и с неразвитым растительным покровом;
- участки с полностью сформировавшимся поверхностным слоем грунта, на которых закрепились преимущественно многолетние растения и отсутствует древесная растительность;
- участки, плотно покрытые разнообразными группировками многолетних и древесных растений.

В ходе обследования обнаружено отсутствие травянистых и древесных растений на отдельных участках отвалов. Это можно объяснить неблагоприятными агро- и гидрологическими режима-

В результате натурного обследования самозаросших отвалов Лебединского ГОКа выявлены растения, наиболее адаптированные к местным почвенно-климатическим условиям. Путем экспериментальной высадки и наблюдения предложены дополнительные виды растений, склонные к интенсивному росту и расселению именно в этих условиях.

Ключевые слова: фиторекультивация, отвалы, растения, растительные группировки, экспериментальный посев, эколого-биологические свойства растений.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.08.20>

ми верхнего слоя породы, ее высокой подвижностью и активностью проявления экзогенных геологических процессов. Существенное влияние на геодинамику отвалов и, следовательно, на их рекультивацию оказывают эрозия, суффозия, оползни, обвально-осыпные явления.

Обследования показали, что на участках с присутствием песка, глины и остатков чернозема происходит ускоренное самозарастание отвала, в отличие от участков, сложенных лишь одной скальной породой; к наименее подверженным самозарастанию территориям относятся также меловые, меломергельные участки отвалов. Поэтому самым дешевым и эффективным способом фиторекультивации таких медленно зарастающих участков является покрытие их тонким (5–10 см) слоем суглинистых или песчаных почв. В результате этого на поверхности отвала образуются смешанные субстраты, которые являются более пригодными для самозарастания растениями. Их создание позволяет существенно ускорить восстановительные процессы на отвале. Однако данный способ все же не гарантирует быстрого образования растительного покрова. Он перспективен для использования в локальных условиях отдельных территорий, требуя к тому же контроля возможного появления и спонтанного расселения на них нежелательных и сорных растений.

Опыт многолетних исследований авторов статьи показывает, что подбор трав для фиторекультивации нарушенных земель должен быть направлен на использование испытанных, желательных районированных сортов местных видов растений. Они более адаптированы к естественным почвенно-климатическим условиям, способны быстро создавать сомкнутый травостой и прочную дернину, устойчивую к смыву. К таким видам из злаков в услови-

як обследованных отвалов относятся: овсяница красная, кострец безостый, пырей бескорневищный. Из бобовых для этих целей целесообразно использовать двулетние растения, обладающие хорошим семенным возобновлением: люцерну посевную, донник белый, клевер ползучий.

Эффективный подбор растений, адаптированных к различным микроклиматическим условиям, должен осуществляться путем предварительной экологической оценки рекультивируемых объектов и соответствующих этим условиям биологических свойств растений [4]. При этом необходимо учитывать особенности самозарастания разнородных по генезису и хронологии отсыпки территорий отвалов, что позволяет скорректировать подбор растений для целей фиторекультивации в конкретных природно-климатических условиях среды.

За основу оценки биологических свойств видов растений приняты биоиндикационные экологические шкалы Г. Элленберга [5] и Э. Ландольта [6]. Важным критерием для подбора видов служит отношение растений к лимитирующим их рост и развитие факторам влажности и кислотности почвы, к освещенности-затенению, насыщению почвы элементами минерального питания, содержанию гумуса и гранулометрическому составу почвы; учитывается также зимостойкость растений.

Проведенные исследования позволили предложить 155 перспективных видов древесных растений различного географического происхождения, которые могут успешно использоваться для фиторекультивации отвалов на территории Белгородской области. В целом к наиболее перспективным относятся засухоустойчивые, нетребовательные к плодородию почв растения, способные расти на почвах с небольшим гумусовым горизонтом и достаточно высокими значениями pH.

Для подтверждения правильности подбора видов для фиторекультивации отвалов было проведено изучение состояния растений, отобранных для экспериментальной посадки. Они были высажены на опытных участках отвалов Лебединского ГОКа (рис. 1). За высаженными растениями проводили регулярные наблюдения в течение двух лет по общепринятым методикам [7]. Учитывали приживаемость растений, энергию роста, устойчивость к неблагоприятным факторам среды, способность к вегетативному и семенному размножению, общее экологическое состояние растений.

Установлено, что из высеванных травянистых растений хорошие всходы дают люцерна посевная, лен посевной, кострец безостый и клевер ползучий, но это происходит только на горизонтальных площадках отвалов. Весенние замеры всходов этих видов показали, что средняя высота люцерны посевной составила 30 см (рис. 2), клевера белого — 14, костреца — 5, льна — 10 см. У льна и люцерны отмечены фазы цветения, что свидетельствует об их успешной адаптации к условиям произрастания. Эти виды рекомендованы для создания травяного покрова санитарно-гигиенического назначения на отвалах для предотвращения пыления пород.

Травы, посеянные на откосах отвалов, не смогли удержаться на них и были смыты во время весенних и осенних дождей. Здесь



Рис. 1. Растения, высаженные на опытном участке изученных отвалов



Рис. 2. Люцерна посевная в условиях эксперимента на опытном участке горнорудных отвалов

рующими и стабилизирующими материалами, которые препятствуют смыву и выдуванию семян.

В ходе экспериментальных исследований установлено, что самым простым и наиболее дешевым способом фиторекультивации отвалов оказалось использование в качестве посадочного материала черенков некоторых быстрорастущих древесных растений. Из них успешнее всего прижились черенки разных видов ив и тополя Симона.

Следует отметить, что наиболее адаптированными к условиям отвалов оказались растения североамериканского происхождения. Такие разновидности, как сумах оленерогий, роза Вудса, лох обыкновенный, гледичия трехколючковая, обладают высокой энергией роста, способны давать обильную поросль. Они достаточно устойчивы к антропогенным факторам. Зимостойкость у всех растений составляет пять баллов, за исключением гледичии трехколючковой, у которой в молодом возрасте отмечено подмерзание части побегов. Средний годовой прирост сумаха оленерогого составил 9 см при средней высоте деревьев 60 см, у лоха обыкновенного — 14, розы Вудса — 13, гледичии трехколюч-

растений отмечен значительно меньший прирост — 3–4 см.

При фиторекультивации отвалов целесообразно ориентироваться на быстрорастущие листовые виды растений. Использование в качестве посадочного материала черенков растений упрощает и ускоряет работу по их высадке.

Расширение ассортимента растений, используемых при рекультивации нарушенных земель, позволит не только снизить антропогенное влияние на окружающую среду, но и существенно продвинуться в восстановлении природных экосистем в районах деятельности горнорудных предприятий [8–11].

Таким образом, в ходе исследований установлено, что эффективная фиторекультивация отвалов достигается поэтапным осуществлением ряда комплексных мероприятий. На предварительном эмпирическом этапе подбора растений для восстановления техногенных почвогрунтов целесообразно использование ГИС-методов

для выявления общей структуры и особенностей формирования территорий отвалов. Необходимо учитывать особенности их самозарастания в различных условиях. Это позволяет скорректировать подбор перспективных растений для фиторекультивации в реальных условиях среды. Наиболее важным этапом при направленном подборе ассортимента растений для фиторекультивации является, с одной стороны, изучение параметров почвогрунтов, а с другой — эколого-биологических индикаторных свойств растений по отношению к факторам, лимитирующим их развитие. Экспериментальные данные по проверке результатов, полученных с помощью эмпирических подходов, позволяют не только подтвердить или скорректировать эти результаты, но и выявить особенности наиболее эффективного размножения растений в конкретных условиях среды, разработать способы посадки растений, уменьшить трудозатраты и существенно удешевить сам процесс фиторекультивации.

Библиографический список

1. Голусов П. В., Лисецкий Ф. Н. Воспроизводство почв в антропогенных ландшафтах. — Белгород : Изд-во БелГУ, 2005. — 232 с.
2. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
3. Голусов П. В., Тохтарь В. К., Афанасьев Е. Г. Анализ структуры почвенного покрова антропогенно нарушенных территорий в разработке проектов по их экологической реставрации (на примере ботанического сада БелГУ) // Проблемы региональной экологии. 2011. № 2. С. 67–71.
4. Мартынова Н. А., Тохтарь В. К. Некоторые подходы к направленному подбору видов при создании устойчивых культурфитоценозов в антропогенно нарушенных экотопах // Научные ведомости БелГУ. Серия «Естественные науки». 2011. № 9(104). Т. 15/1. С. 308–312.
5. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas // Scripta Geobotanica (Gottingen: Goltze). 1974. Vol. 9. — 97 p.
6. Landolt E. *Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora* // Veroff. Geobot. Inst. ETH. 1977. No. 64. P. 1–208.
7. Огородников А. Я. Методика визуальной оценки биозоологических свойств древесных растений в населенных пунктах степной зоны // Интродукция растений. 1993. С. 50–58.
8. Тохтарь В. К. Прогнозирование формирования флор техногенных экотопов в степной зоне // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер.: Естественные науки. 2010. № 15(86). Вып. 12. С. 13–19.
9. Kloet S. P. V., Avery T. S., Kloet P. J. V. and Milton G. R. Restoration ecology: aiding and abetting secondary succession on abandoned peat mines in Nova Scotia and New Brunswick, Canada // Mires and Peat, 2012, Vol. 10, P. 1–20.
10. Hu Zhenqi, Wang Peijun and Li Jing. Ecological Restoration of Abandoned Mine Land in China // Journal of Resources and Ecology, 2012, 3(4), P. 289–296.
11. Myga-Piatek U. Landscape management on post-exploitation land using the example of the Silesian region, Poland // Environmental & Socio-economic Studies, 2014, Vol. 2 (1), P. 1–8. **dx**

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2015, № 8, pp. 96–99

Title	Selection of cultures for phyto-rehabilitation of mine dumps in the Kursk Magnetic Anomaly
DOI:	http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.08.20
Author 1	Name & Surname: Tokhtar V. K. Company: Botanical Garden, Belgorod State National Research University (Belgorod, Russia) Work Position: Director Scientific Degree: Doctor of Biological Sciences Contacts: tokhtar@bsu.edu.ru
Author 2	Name & Surname: Martynova N. A. Company: Botanical Garden, Belgorod State National Research University (Belgorod, Russia) Work Position: Head of Department Scientific Degree: Candidate of Biological Sciences
Abstract	Purposeful cultivation of herbaceous, shrubby and woody plants on overburden dumps (phyto-rehabilitation) is one of the most efficient ways of restoration of lands disturbed by mining. The relevant questions are: estimate of reclamative value of plants, characterization of plant growth and development, selection of cultures best suitable for phyto-rehabilitation depending on their eco-biological features and on properties of rocks composing dumps. The research had two stages. The first stage was inspection of self-overgrown dumps at Lebedinsky Mining-and-Processing Integrated Works and definition of best-naturalized plants. To expand the assortment of plants selected for phyto-rehabilitation based on their eco-biological properties, the species were seeded on test sites on Lebedinsky MPIW dumps. The vegetation observations were carried out for two years. A list of species of plants recommended for phyto-rehabilitation of mine dumps in the Belgorod Region was compiled as a result.
Keywords	Phyto-rehabilitation, dumps, plants, primitive plant aggregations, experimental seeding, eco-biological properties of plants.
References	1. Goleusov P. V., Lisetskiy F. N. <i>Vospriazvodstvo pochv v antropogennykh landshaftakh</i> (Soil reproduction in anthropogenic landscapes). Belgorod : Publishing House of Belgorod State University, 2005. 232 p. 2. Alekseev V. A. Diagnostika zhiznennogo sostoyaniya derevev i drevostoev (Diagnostics of life state of trees and tree stands). <i>Lesovedenie = Russian Forest Sciences</i> . 1989. No. 4. pp. 51–57. 3. Goleusov P. V., Tokhtar V. K., Afanasev E. G. Analiz struktury pochvennogo pokrova antropogennyykh territoriy v razrabotke proektov po ikh ekologicheskoy restavratsii (na primere botanicheskogo sada Belgoroskogo Gosudarstvennogo Universiteta) (Analysis of structure of soil cover of anthropogenically disturbed territories in the development of their ecological restoration projects (on the example of botanic garden of Belgorod State University)). <i>Problemy regionalnoy ekologii = Problems of regional ecology</i> .

References

4. Martynova N. A., Tokhtar V. K. Nekotorye podkhody k napravlenomu podboru vidov pri sozdanii ustoychivyykh kultur fitotsenozov v antropogенно наруshennykh ekotopakh (Some approaches to directed choice of types during creation of stable cultures of phytocenosis in anthropogenically disturbed ecotopes). *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya «Estestvennye nauki» = Scientific bulletin of Belgorod State University. Series "Natural sciences"*. 2011. No. 9(104), Vol. 15/1. pp. 308–312.
5. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica* (Gottingen: Goltze). 1974. Vol. 9. 97 p.
6. Landolt E. Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veroff. Geobot. Inst. ETH. 1977. No. 64. pp. 1–208.
7. Ogorodnikov A. Ya. Metodika vizualnoy otsenki bioekologicheskikh svoystv drevesnykh rasteniy v naselennykh punktakh stepnoy zony (Method of visual assessment of bioecological properties of woody plants in inhabited steppe zone areas). *Introduktsiya rasteniy = Introduction of plants*. 1993. pp. 50–58.
8. Tokhtar V. K. Prognozirovanie formirovaniya flor tekhnogennykh ekotopov v stepnoy zone (Forecasting of formation of floras of anthropogenic ecotopes in steppe zone). *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki = Scientific Bulletin of Belgorod State University. Series: Natural Sciences*. 2010. No. 15(86), Iss. 12. pp. 13–19.
9. Kloet S. P. V., Avery T. S., Kloet P. J. V. and Milton G. R. Restoration ecology: aiding and abetting secondary succession on abandoned peat mines in Nova Scotia and New Brunswick, Canada. *Mires and Peat*. 2012. Vol. 10. pp. 1–20.
10. Hu Zhenqi, Wang Peijun and Li Jing. Ecological Restoration of Abandoned Mine Land in China. *Journal of Resources and Ecology*. 2012. No. 3(4). pp. 289–296.
11. Myga-Plątek U. Landscape management on post-exploitation land using the example of the Silesian region, Poland. *Environmental & Socio-economic Studies*. 2014. Vol. 2 (1). pp. 1–8.

УДК 681.5:574:622:669

О. А. ИВАЩУК, проф., д-р техн. наук (Белгородский государственный национальный исследовательский университет), olga.ivashuk@mail.ru
И. С. КОНСТАНТИНОВ, проф., д-р техн. наук (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИЕЙ В ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КЛАСТЕРАХ

Одним из быстроразвивающихся регионов России является Белгородская область, где функционируют крупные промышленно-территориальные кластеры: горно-металлургический, обрабатывающий, строительный, агропромышленный и др.

Область, располагающая более чем 50 % разведанных запасов железорудного сырья страны, по видам экономической деятельности «добыча полезных ископаемых и «обрабатывающие производства» стабильно занимает ведущее место среди субъектов Центрального федерального округа. В структуре валового регионального продукта на эти виды приходится около 20 и 25 % соответственно [1].

Такие ведущие предприятия горно-металлургического кластера Белгородской области, как Лебединский и Стойленский ГОКи, комбинат «КМАруда», Оскольский электрометаллургический комбинат, в значительной мере определяют стабильность социально-экономического развития в регионе, представляют собой крупнейшие источники занятости населения.

Однако с другой стороны, указанные предприятия являются и важнейшими источниками негативного воздействия на природную среду региона. Так, суммарно они выбрасывают более 70 % всего объема загрязняющих веществ в атмосферу, поступающих от стационарных объектов Белгородской области, а также являются основными источниками образования отходов производства (более 95 %) [2].

Изложены представления авторов статьи о возможности регулирования экологической ситуации в горнопромышленном районе с помощью средств автоматизации.

Ключевые слова: экологическая ситуация, горно-металлургический кластер, автоматизированная система, информационные потоки.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.08.21>

Решение проблемы развития промышленных кластеров на принципах биосферной совместимости возможно при построении и эффективном функционировании современных систем мониторинга и управления экологической ситуацией.

Известно, что в России и за рубежом на различных территориальных уровнях ведется регулярный или выборочный контроль состояния окружающей среды, а также осуществляется производственно-экологический мониторинг на предприятиях. При этом даже на территориях, где функционируют системы автоматизированного мониторинга с развитой сетью стационарных и мобильных станций, не наблюдается принципиального улучшения экологической ситуации. Это во многом связано с тем, что подобные системы, адекватно оценивая текущее состояние природной среды и выявляя источники загрязнения, наделены очень слабыми функциями

* Работа выполнена в рамках исполнения государственного задания в сфере научной деятельности по проекту № 671 «Разработка интеллектуальной технологии мониторинга и прогнозирования экотехногенных рисков и управления техносферной безопасностью территорий» (Заказчик — Министерство образования и науки РФ).