

Уголь 04 2019
**Результаты исследования условий развития
соснового бора в восточном секторе внутренних отвалов
угольного разреза «Бородинский»**

Зеньков Игорь Владимирович, доктор технических наук, Заслуженный эколог РФ, профессор ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», профессор ФГБУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва» (Россия, 660037, г. Красноярск)

Морин Андрей Степанович, зав. кафедрой, доктор технических наук, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (Россия, 660041, г. Красноярск)

Вокин Владимир Николаевич, профессор, кандидат технических наук, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (Россия, 660041, г. Красноярск)

Кирюшина Елена Васильевна, доцент, кандидат технических наук, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (Россия, 660041, г. Красноярск)

Жукова Валентина Владимировна, инженер, Институт вычислительных технологий СО РАН (Россия, 630090, г. Новосибирск)

Введение

В последние годы объем добычи энергетических углей в мировой экономике постоянно увеличивается. В Китае ежегодно добывают более 3,0 млрд., в странах Восточной Европы и на восточном побережье Австралии суммарный объем добычи угля открытым способом достиг 550 и 700 млн. т соответственно. Не исключением из этого списка являются США и ЮАР с объемами ежегодно добытого угля на уровне 800 и 250 млн. т соответственно. Анализ российской тенденции в изменении объемов добываемого угля открытым способом показывает, что этот показатель в ближайшие годы будет только увеличиваться [1]. Растущая динамика производственных показателей также просматривается в деятельности угольных разрезов, работающих на месторождениях Канско-Ачинского бассейна [2]. В мировом недропользовании на отработанных участках месторождений угольные разрезы восстанавливают экобаланс путем проведения работ по рекультивации нарушенных земель. Прикладные задачи в области рекультивации территорий горнопромышленных ландшафтов, созданных при разработке угольных месторождений открытым способом, решают российские и зарубежные экологи-исследователи с представлением результатов в специальной литературе [3-12]. Обзор этих источников и других аналогичных работ подтвердил актуальность и целесообразность наших исследований, поскольку до сих пор не исследовано состояние соснового бора, появившегося в результате лесной рекультивации на отвалах угольных разрезов Канско-Ачинского бассейна с выявлением факторов, влияющих на формирование и развитие деревьев хвойных пород, свойственных территориям Канско-Ачинской лесостепной географической зоны.

Результаты исследований и решение проблемы

Кратко остановимся на технологических особенностях отсыпки породных отвалов при разработке открытым способом месторождений Канско-Ачинского угольного бассейна. Как показывает многолетняя практика, существующие технологии и организация открытых горных работ, логистика вскрышных карьерных грузопотоков не способствуют селективной, послойной отсыпке породных отвалов. В технологиях отвалообразования также не предусмотрена отдельная отсыпка вскрышных пород, в результате которой вертикальный разрез отвала мог быть максимально схожим с вертикальным

разрезом вскрышного борта карьера. Это означает, что в поверхностный слой отвала мощностью 3 м и более, должны быть уложены горные породы четвертичного возраста – глины, суглинки, пески, супеси и т.п., мощность которых на месторождении достигает 20 м, а в тело отвала – горные породы, вынесенные из глубины разрабатываемого месторождения: алевролиты, песчаники, аргиллиты и др. Как показывает практика, отвалы, отсыпанные глубинными горными породами, заселяются растительным сообществом с большой задержкой по времени.

В открытых горных работах вскрышные породы четвертичного возраста отрабатывают экскаваторами, устанавливаемыми в карьере на нижней площадке верхнего уступа высотой до 15 м. Эти породы обладают высокой продуктивностью и являются пригодными для произрастания на них высших сосудистых растений. Все, что остается ниже 15 м экскавируется совместно с горными породами, при отсыпке которых в поверхностный слой отвала, на последних процессы восстановления всех видов растительного покрова протекают с большой задержкой во времени. Слои горных пород, находящиеся ниже первого уступа, являются непригодными для нормального развития на них всех видов растительного покрова. В существующих технологиях отсыпки отвалов в их поверхностный слой драглайном ЭШ-10/70 могут быть уложены: горные породы четвертичного возраста; горные породы, вынесенные из глубины карьера – алевролиты, песчаники и др.; горные породы четвертичного возраста в смеси с алевролитами и песчаниками.

В ходе полевой экспедиции по исследованию экологического состояния соснового бора, проведенной в период с 2015 по 2018 гг. на территории восточного сектора внутренних породных отвалов угольного разреза «Бородинский», коллективом научно-практической школы, созданной Зеньковым И.В., получены следующие результаты.

Отметим, что угольный разрез «Бородинский» для наших исследований был выбран не случайно, поскольку его коллективом накоплен многолетний, и во многом положительный опыт в проведении работ по лесной рекультивации. На поверхности отвалов в апреле-мае 2008 г. выполнены работы по горнотехнической рекультивации с использованием мощного бульдозера Komatsu D275A. Проведено выполаживание откосов породных отвалов железнодорожной вскрыши [13]. Отвалы, на которых проводились работы по горнотехнической рекультивации, отсыпаны драглайном ЭШ-10/70 в начале 2000-х гг. По окончании работ, включенных в горнотехнический этап, проведены работы, составляющие основу биологического этапа – произведена высадка саженцев сосны и ели.

На начальном этапе полевых исследований, в ходе визуального осмотра поверхности отвалов с лесной рекультивацией в целом отмечено экологически приемлемое состояние искусственного соснового бора. Это явилось в некоторой степени заблуждением, поскольку высота сосен, входящих в исследуемую совокупность, различалась между собой в разы, что было установлено в дальнейшем при измерении годовых темпов прироста стволовой части деревьев. Высота большинства елей оказалась весьма далекой от ана-

логичного показателя деревьев, произрастающих на природных ландшафтах, прилегающих к угольному разрезу. Контуры территории отвала с посадками сосен площадью 12 га обведены линией желтого цвета (рис. 1).

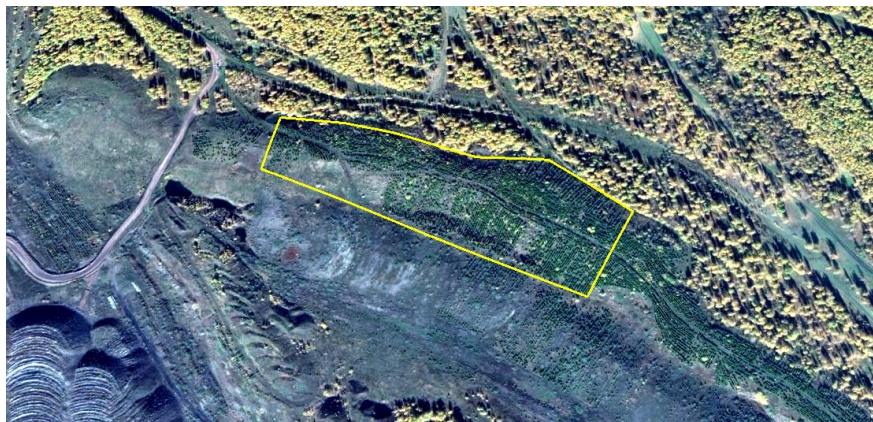


Рис. 1. Фрагмент космоснимка с нанесением границ исследуемого участка (август, 2017 г.)

Далее наш исследовательский потенциал был направлен на выявление и изучение факторов, способствующих, либо препятствующих нормальному формированию и развитию лесной экосистемы на породных отвалах. В этой связи необходимо было изучить: влияние качественных и фракционных показателей горных пород на участках с лесной рекультивацией на высоту деревьев; влияние ориентации откосов отвалов относительно сторон света на высоту сосен, высаженных в ходе проведения работ по лесной рекультивации.

В изучении состояния сосны обыкновенной, использованной в лесной рекультивации, в качестве основного показателя выбран годовой прирост стволовой части деревьев. Были выделены три типа участков поверхности отвала, верхний слой которых мощностью до 2 м сложен широким спектром горных пород: алевролитами серого цвета, техногенной смесью горных пород четвертичного возраста – суглинков, глин, супесей, песков, остатков гумуссодержащих почвенных слоев и техногенной смесью алевролитов с горными породами четвертичного возраста с преимущественным соотношением 2:1. В основном на этой территории откосы отвалов ориентированы на север и юг. Также здесь имеются небольшие по площади локальные участки с географической ориентацией на запад и восток.

Вся генеральная совокупность исследуемых деревьев, включающая 566 сосен в возрасте 14 лет, была условно поделена на три части. В основу такого деления положен состав горных пород, находящихся в верхнем слое отвала. На участках первого типа обследована 191 сосна, а на участках второго и третьего типа 182 и 193 соответственно.

Каждая из трех частей совокупности представлена в виде самостоятельного вариационного ряда. Совокупности в каждом ряду были разбиты дополнительно на группы, значения признаков в которых были объединены в

интервалы. В каждом ряду определены значения моды, модального интервала, а также установлен средний уровень ряда.

На участках отвала, сложенных алевролитами, минимальный и максимальный прирост деревьев составили 11 и 24 см (рис. 2).

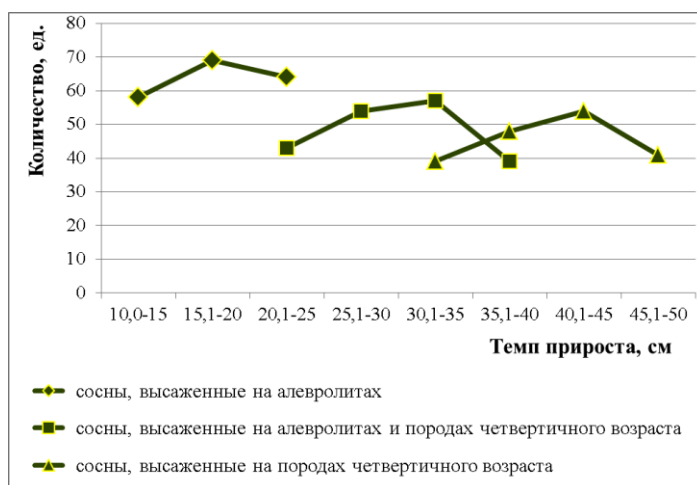


Рис. 2. Изменение высоты сосен в зависимости от состава горных пород в поверхностном слое породного отвала

Значение моды в этом ряду находится в центре его распределения в интервале с диапазоном 15,1-20 см. Сосны, входящие в группу с диапазоном от 10,1 до 15 см, были высажены на участках, в поверхностный слой которых уложены крупнофракционные горные породы, вынесенными из глубины месторождения. Достоверно установлено, что корневая система у этих сосен развивается с отклонением от нормы ввиду наличия крепких горных пород размером 90×90 см и более. Сосны, входящие в группу с диапазоном от 15,1 до 20 см, произрастают на микроучастках, сложенных обломочными горными породами размером 50×50 см с отклонением 12-15 % как в большую, так и в меньшую сторону. Под микроучастком в наших исследованиях понимается часть поверхности отвала в форме круга диаметром 2 м, в центре которого растет одна сосна или ель. В глубине таких участков существуют полости в промежутках между крупными кусками. Эти полости забиты мелкокусковыми горными породами, что облегчает формирование и развитие корневой системы деревьев. Сосны, входящие в группу с диапазоном от 20,1 до 25 см, находятся на микроучастках, сложенных обломочными горными породами размером 27×27 см и менее.

На участках отвала, сложенных техногенной смесью из горных пород четвертичного возраста, обследовано 182 сосны. В этом ряду выделено четыре группы. Минимальное и максимальное значение в этом вариационном ряду находятся на уровне 31 и 48 см (рис. 2). Значение моды в этом ряду смещено вправо от центра распределения и находится в диапазоне 40,1-45 см. Сосны, входящие в группу с диапазоном от 30,1 до 35 см, произрастают на откосе отвала, обращенном на юг, а входящие в группу с диапазоном от 45,1

до 50 см в 77 % случаев находятся на откосах, обращенных на север. Остальные сосны равномерно распределены в двух группах с диапазоном от 35,1 до 45 см и произрастают на откосах, обращенных на запад и восток. Причем, связь прироста деревьев с ориентацией склона в этом случае не прослежена.

Как было отмечено выше, часть сосен в количестве 193 находится на участках отвала, сложенных смесью алевролитов с горными породами четвертичного возраста. Минимальный и максимальный прирост деревьев в этом ряду составляют 21 и 38 см (рис. 2). Значение моды в этом ряду смещено вправо от центра его распределения в интервале с диапазоном 30,1-35 см. Сосны, входящие в группу с диапазоном от 20,1 до 25 см, были высажены на участках, поверхностный слой которых на 60-66 % состоит из крупнофракционных горных пород – алевролитов, вынесенных из глубины месторождения. Сосны, входящие в группу с диапазоном от 25,1 до 30 см, развиваются на участках, в поверхностный слой которых уложены алевролиты в объеме 45-55 %, а остальная часть – это горные породы четвертичного возраста. Оставшаяся часть сосен из этого ряда в количестве 96 деревьев находится на участках отвала с минимальным, в сравнении с другими группами ряда, включением алевролитов (25 %) в состав горных пород, отсыпанных в поверхностный слой. В этой группе 57 сосен находится на склоне северной экспозиции, а 39 – произрастают на склоне, обращенном на юг.

После сопоставления полученных замеров годовых темпов прироста сосен на участках породных отвалов был сделан вывод о том, что основным фактором, оказывающим решающее влияние на этот показатель, является качественный состав горных пород в месте произрастания группы деревьев. Важнейшим фактором на участках, сложенных алевролитами, является фракционный состав горных пород в месте произрастания отдельно взятого дерева. Действие этого фактора на высоту деревьев практически не проявляется на участках, сложенных техногенной смесью.

Итак, на основе анализа результатов многолетних полевых исследований установлена значимость факторов технологического характера, неизбежно присутствующих в открытых горных работах и оказывающих существенное влияние на развитие сосен, саженцы которых использованы в ходе проведения биологического этапа рекультивации на породных отвалах, отсыпанных при работе угольного разреза «Бородинский». Выявленные закономерности должны учитываться при формировании технического задания на проектирование открытых горных работ на угольных месторождениях со схожими горно-геологическим условиями, и в частности, территориально находящихся в границах Канско-Ачинского бассейна в разделах «технология и организация вскрышных работ», «технология отвалообразования», «рекультивация нарушенных земель».

Список литературы

1. Яновский А.Б. Основные тенденции и перспективы развития угольной промышленности России // Уголь. 2017. № 8. С. 10-14.

2. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2017 года // Уголь. 2018. № 3. С. 58-73.
3. Сафронова О.С., Ламанова Т.Г., Шеремет Н.В. Результаты исследования естественного восстановления растительного покрова на вскрышных отвалах, возникших в 1990-е годы в Республике Хакасия // Уголь. 2018, № 7, С. 68-77.
4. Сафронова О.С., Евсеева И.Н. Мониторинг техногенного воздействия разреза «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия» на территорию санитарно-защитной зоны // Уголь. 2018, № 9, С. 95-98.
5. Харионовский А.А., Франк Е.Я. Обоснование горнотехнической рекультивации в целях левостановления на Крутокачинском щебеночном карьере // Уголь. 2018. № 4. С. 75-77.
6. Харионовский А.А., Франк Е.Я. Обоснование горнотехнической рекультивации по созданию культурного ландшафта в карьере по разработке глиежей // Уголь. 2018. № 2. С. 100-102.
7. Щадов И.М., Франк Е.Я. О результатах и перспективах использования ресурсов ДЗЗ в решении прикладных задач угледобывающей отрасли в формате мировой экономики // Уголь. 2018. № 7. С. 58-61.
8. Зеньков И.В. и др. Информационное обеспечение мониторинга формирования растительного покрова на территории нарушенных земель угольными разрезами Приморского края // Экология и промышленность России. 2017. № 9. С. 22-27.
9. Eßer G., Janz S., Walther H. Promoting biodiversity in recultivating the rhenish lignite-mining area // World of Mining - Surface and Underground. 2017. Vol. 69 (6). P. 327–334.
10. Eyll-Vetter M. Significance of geotechnical boundary conditions in planning and designing residual lakes in the Rhenish lignite mining area illustrated by the example of the Inden opencast mine // World of Mining - Surface and Underground. 2015. Vol. 67(6). P. 371–378.
11. Ngugi M. R., Neldner V. J., Doley D., Kusy B., Moore D., Richter C. Soil moisture dynamics and restoration of self-sustaining native vegetation ecosystem on an open-cut coal mine // Restoration Ecology. 2015. Vol. 23(5). P. 615–624.
12. Boldt-Burisch K., Naeth M. A., Schneider B., Hüttl R. F. Linkage between root systems of three pioneer plant species and soil nitrogen during early reclamation of a mine site in Lusatia, Germany // Restoration Ecology. 2015. Vol. 23(4). P. 357–365.
13. [https:// Google Earth Pro](https://Google Earth Pro).

Аннотация. В статье представлены результаты многолетнего экологического мониторинга состояния соснового бора, появившегося на породных отвалах угольного разреза «Бородинский», в результате лесной рекультивации. Установлен прирост сосен в возрасте 14 лет, а также исследовано влияние основных факторов технологического характера на этот показатель. Представлены зависимости высоты деревьев от состава горных пород, уложенных в верхний слой породного отвала.

Ключевые слова: угольный разрез «Бородинский», породные отвалы, восстановление нарушенных земель, лесная рекультивация, экологические показатели, техногенная продуктивная смесь, лесные экосистемы, сосновый бор.