

6. Синельников Э.П., Чеканникова Т.А. Сравнительный анализ баланса вещественного состава почв различной степени отбеленности равнинной части Приморского края // Вестник КрасГАУ. – 2011. – №12 (63). – С.87–92.
7. Синельников Э.П., Чеканникова Т.А. Сравнительная оценка интенсивности и направленности процессов трансформации вещественного состава профиля отбеленных почв равнинных территорий Приморского края и дерново-подзолистых почв южной тайги Западной Сибири // Вестник КрасГАУ. – 2012. – №10 (73). – С.28–34.
8. Чеканникова Т.А. Сравнительная характеристика строения аккумулятивно-элювиальной части профиля естественных и антропогенно-преобразованных буро-отбеленных почв Приморья // Ноосферные изменения в почвенном покрове. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2007. – С. 358–362.



УДК 631.618.40

В.А. Андроханов, А.Т. Лавриненко

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ ПОВЕРХНОСТИ ОТВАЛОВ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАТЭКа ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Проведены исследования плодородного слоя почв в районах расположения угледобывающих предприятий, потенциально плодородного слоя верхнего вскрышного уступа карьера и буртовых хранения с целью оптимизации состава корнеобитаемого слоя на поверхности отвалов для лесохозяйственного направления рекультивации.

Ключевые слова: рекультивация, техногенно нарушенные земли, корнеобитаемый слой отвалов, смеси плодородных и потенциально плодородных слоев почвы, направление рекультивации.

V.A. Androkhonov, A.T. Lavrinenko

THE TECHNOLOGY SUSTANTIATION FOR ROOT ZONE LAYER CREATION AND FORMATION OF THE KATEK COAL-MINING ENTERPRISE DUMP SURFACE FOR THE BIOLOGICAL RECULTIVATION

The research of the fertile soil layer in the areas of coal mining enterprises is conducted. The potentially fertile top layer of career stripping step and storage clamp in order to optimize the composition of the root zone layer on the dump surface for the forest cultivation direction is researched.

Key words: recultivation, anthropogenic disturbed land, dump root zone layer, mixture of fertile and potentially fertile soil layers, recultivation direction.

Введение. Традиционная технология рекультивации, которую используют при проектировании строительства, развития и корректировки угледобывающих предприятий, в соответствии с «Основными положениями о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы», утвержденными Приказом Минприроды России и Роскомзема от 22 декабря 1995 г. № 525/67 и ГОСТ 17.5.3.04-83, 17.5.1.01-83, осуществляется последовательно в два этапа: технический и биологический.

Технический этап предусматривает планировку поверхности отвалов, формирование откосов, снятие, хранение и нанесение плодородного слоя почвы (ПСП) и потенциально плодородных (подстилающих) слоёв (ППС), устройство гидротехнических и мелиоративных сооружений, а также проведение других работ, создающих необходимые условия для дальнейшего использования рекультивированных земель по целевому назначению.

Биологический этап включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на улучшение агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств вновь созданного корнеобитаемого слоя почвы.

Эта технология требует предварительного снятия, складирования и хранения плодородного слоя почвы в буртах до времени проведения рекультивации на нарушенных территориях. При этом срок хранения ПСП очень часто превышает 10–20 лет.

В настоящее время на горнодобывающих предприятиях России складывается достаточно напряженная ситуация с рациональным использованием ПСП. Последние годы, в связи с большими объемами снятия ПСП, невозможностью быстрого использования материала в целях рекультивации и отсутствием средств на повышение плодородия малопродуктивных сельскохозяйственных земель, на предприятиях скопилось большое количество снятого ПСП. При этом необходимо учитывать, что предусмотренное «Основным положением» обязательное использование ПСП для целей рекультивации при длительном хранении в буртах приводит к трансформации гумусного состояния и значительному снижению показателей плодородия ПСП, что снижает эффективность применения ПСП в целях рекультивации по этой технологии.

Кроме того, высокочрезвычайно затратная технология в условиях Средней Сибири зачастую малоэффективна. Поэтому разработка экологически обоснованных, малозатратных технологий рекультивации является актуальной, что требует проведения исследования лимитирующих факторов биологической рекультивации и пути рационального использования ПСП, а также выполнения работ по экологическому, правовому и экономическому обоснованию рекультивационных мероприятий.

В традиционной технологии рекультивации, которая широко используется при проектировании, сохраненный ПСП отсыпается на спланированную поверхность отвалов и выколаживается. При этом создаются искусственные почвы – технозёмы. Мощность отсыпки ПСП в них изменяется от 20 и более см [Андроханов и др., 2000].

На этапах технологической цепочки формирования технозёмов происходит трансформация свойств ПСП, отвечающих за уровень плодородия в материале ПСП. В ходе технического этапа рекультивации в основном изменяется физическое и гумусное состояние ПСП. Степень трансформации зависит от исходного уровня плодородия и свойств ПСП, что в свою очередь определяет тип почвы и почвообразующих пород, с которых снимается ПСП.

Цель исследований. Изучить динамику состояния потенциально плодородного слоя верхнего вскрышного уступа карьера и буртов хранения с целью оптимизации состава корнеобитаемого слоя на поверхности отвалов для лесохозяйственного направления рекультивации.

Объекты и методы исследований. В ходе проведения исследовательских работ в районах расположения угледобывающих предприятий было выполнено изучение имеющихся материалов по характеристикам почвенного покрова. Проведен анализ агрохимических и агрофизических свойств основных типов почв, распространенных на прилегающей к угольным разрезам ненарушенной территории. Проведенные исследования позволили выявить специфику почвообразования основных почв этих территорий.

Так, на выровненных участках филиала ОАО «СУЭК-Красноярск», «Разрез Назаровский» на бывшей пашне и пастбищах распространены маломощные и среднемощные выщелоченные чернозёмы. Длительное развитие естественных почв в условиях с отрицательными и низкими положительными температурами и дефицитом влаги приводит к формированию в них специфических признаков, свойственных почвам, распространенным на изученной территории. К числу этих особенностей, на которые указывают и некоторые исследователи почв Красноярского края [Бугаков, 1981; Вередченко, 1961], следует отнести наличие признаков слоеватости и текстурной дифференцированности в нижней части профиля, пониженную гумусированность и укороченность гумусово-аккумулятивного горизонта, резкий переход к безгумусовому горизонту и языковатость этого перехода, слабо выраженную макроструктуру.

Большая изменчивость мощности гумусово-аккумулятивного горизонта, карманистость и языковатость границы между гумусовым горизонтом и переходным создают определенные трудности для качественного снятия ПСП и на других предприятиях компании. На этапе снятия ПСП происходит примешивание нижележащих слоев с пониженными показателями плодородия к гумусово-аккумулятивному горизонту. При этом естественно происходит заметное понижение содержания гумуса и некоторых других показателей плодородия в материале ПСП (табл. 1).

Содержание углерода и нитратов на этапах формирования техноземов

Этап	Глубина, см	pH	Углерод, %	NO ₃ , мг/100 г	NO ₃ /Nx10 ²
Бурт, время хранения: 1-й год	0-10	7,4	4,36	3,44	1,39
	>200	7,7	4,69	2,56	1,00
Более 10 лет	0-10	7,0	6,16	3,52	0,37
	>200	7,8	5,03	1,69	1,36
ПСП после отсыпки	0-20	7,6	4,54	2,6	1,35
Контроль: чернозем выщелоченный	0-10	6,5	5,85	4,68	0,32
	10-26	6,4	5,13	2,37	0,27
	26-40	6,8	2,56	0,86	0,24
	40-50	6,9	0,76	0,41	0,18

На исследуемых участках угольных разрезов основная масса ПСП снимается с распространенных на земледелии выщелоченных черноземов. Несмотря на рекомендуемые нормы снятия ПСП, в реальных условиях проведения горных работ, как указывалось выше, происходит механическое смешивание различных по уровню плодородия горизонтов почв естественного сложения. Это приводит к разубоживанию материала гумусового горизонта. Кроме того, при снятии ПСП многократно усиливается насыщение гумусовой массы кислородом воздуха. Повышенная аэрация способствует интенсивной минерализации органического вещества ПСП. Именно этой причиной объясняется значительное повышение нитратов в первый год хранения ПСП в буртах (см. табл. 1). Совокупность действия механических и физико-химических факторов на первом этапе трансформации ПСП в период снятия и транспортировки снижает содержание органического углерода в субстрате на 1–2 %. Также примешивание к гумусовому горизонту нижележащих слоев приводит к активизации процессов минерализации в снятом субстрате, заметно повышаются показатели pH. При длительном хранении в поверхностных слоях значения pH снижаются и могут понижаться до контрольных значений, а внутри бурта повышенные значения pH сохраняются весь период хранения, что свидетельствует о своеобразной консервации материала.

В дальнейшем изменение гумусового состояния ПСП зависит от месторасположения материала и от условий, складывающихся в различных частях бурта. Исследования показывают, что процессы минерализации преобладают над процессами гумификации в течение всего первого года хранения ПСП в буртах ($NO_3/Nx10^2 - 1,39$). Этому также способствует отсутствие на поверхности буртов растительности и, соответственно, свежего органического опада. Учитывая полученные знания, можно заключить, что на этапах снятия ПСП, формирования бурта и первого года его хранения происходит деградация гумусового состояния ПСП.

В последующие годы хранения в результате дифференциации толщи буртов, обычно высотой более 2 метров, происходит интенсивное зарастание его поверхности. По мере развития растительности и поступления органического вещества в виде опада корневых систем отмечается восстановление общего количества органического вещества в ПСП в верхнем слое бурта, а при длительном воздействии растительности на материал ПСП – и некоторое накопление в верхнем слое бурта.

Во внутренней части бурта картина изменения гумусового состояния несколько иная. В первый год хранения во внутренней части гумусового склада по мере расходования здесь кислорода и воды происходит затухание процессов минерализации. Однако, по-видимому, можно предположить, что условия трансформации гумуса в этой части бурта должны напоминать явления диагенеза.

В целом преобразования гумусового состояния ПСП, отмечаемые на стадии сохранения в буртах, направлены на дифференциацию материала по его гумусовому состоянию, когда свойства органического вещества (например, способность к минерализации в аэробных условиях) материала верхних слоев ПСП резко

отличаются от внутренних. Поэтому качество материала ПСП, сохраненного в поверхностных слоях (около 1 м), значительно отличается от ПСП, хранящегося на глубине 2 м и более.

На следующем этапе технологической цепочки, в процессе погрузки, перевозки и отсыпки ПСП на рекультивационные участки, т.е. при разрушении бурта, происходит перемешивание внутренних и внешних слоев бурта. При этом вновь создаются условия повышенной аэрации, что вызывает интенсивную минерализацию органического вещества в материале ПСП. Доля нитратного азота увеличивается в 2–3 раза по сравнению с контрольным выщелоченным черноземом (см. табл.), что также свидетельствует об интенсивном окислении гумусовых веществ и их минерализации, что ведет, в конечном счете, к уменьшению гумуса в материале ПСП.

Результаты исследований и их обсуждение. Таким образом, хотя процессы минерализации органического вещества почвы на этапах технологической цепочки способствуют высвобождению элементов питания, однако без активизации процессов восстановления гумусного состояния ПСП его материал быстро деградирует и в значительной степени теряет свое плодородие и ценность как материал для рекультивации. Поэтому для рационального сохранения и использования материала ПСП предлагается технология рекультивации, которая предполагает совместное снятие ПСП и ППС и нанесение смешанного материала на поверхность отвалов мощностью не менее современного профиля естественных почв. В районах разработки угольных месторождений на КАТЭКе в большинстве случаев эта мощность составляет 2 и более метра.

При внедрении такой технологии из технологической цепочки исключаются этапы отдельного снятия ПСП, складирования, хранения, погрузки, транспортировки и нанесения ПСП на поверхность отвалов, с последующей планировкой поверхности. При организации вскрышных работ на разрезах рекомендуется снимать всю мощность почвенного профиля одновременно и вывозить на поверхность отвалов. При этом сразу формируется корнеобитаемый слой из смеси плодородного слоя и потенциально плодородного слоя (мелкозём почвообразующих пород) примерно одного состава, что в дальнейшем благоприятно сказывается на развитии процессов почвообразования. Однако при использовании такой технологии поверхность корнеобитаемого слоя оказывается менее плодородной, чем при отсыпке «чистым» ПСП, но однородной на всю глубину. Поэтому для увеличения плодородия на поверхности корнеобитаемого слоя необходимо проведение мелиоративных мероприятий на биологическом этапе рекультивации (табл. 2).

Таблица 2

Основные агрофизические и агрохимические характеристики смеси ПСП и ППС

Субстрат	Глубина, см	Плотность г/см ³ т.ф.	Содержание частиц физ. глины, %	pH	Углерод, %	N, %	P, %	K, %
Смесь ПСП и ППС	0-10	2,68	49,5	7,1	4,6	0,254	0,389	2,58
	>100	2,63	53,6	7,3	6,2	0,315	0,348	2,12

Для восстановления гумусного состояния в насыпном слое техноземов необходимо использовать биологические и мелиоративные приемы, которые выполняются на биологическом этапе рекультивации. На этом этапе, если необходимо быстро восстановить гумусное состояние поверхности корнеобитаемого слоя, рекомендуется вносить органические удобрения или возделывать многолетние травы на сидераты. Главной целью рекультивации, которая успешно выполняется при нанесении смеси ПСП и ППС на поверхность отвалов, является создание благоприятных агрофизических условий в корнеобитаемом слое. Как показали проведенные исследования, при нанесении смеси ПСП и ППС сохраняется среднесуглинистый состав субстрата, который является почвенно-экологической нормой для лесостепной зоны Красноярского края. Плотность твердой фазы субстрата также сильно не изменяется и остается в допустимых пределах. Плотность сложения смеси на поверхности отвала будет зависеть от техники, которая будет использоваться для планировки отсыпанного гори-

зонта. Для уменьшения уплотнения поверхностных слоев необходимо рекомендовать частичную планировку провалов и железнодорожных призм.

В ходе совместного снятия наиболее сильно изменяется содержание гумуса в корнеобитаемом слое. Общее содержание гумусовых веществ может снижаться в 2–3 раза. Однако общее содержание питательных веществ NPK остается на достаточно высоком уровне. Если же рекультивированные участки планируется использовать под создание продуктивных древостоев, то плодородия созданных техноземов будет вполне достаточно для создания лесных насаждений различного назначения.

Для более надежного биологического освоения рекультивированных участков и восстановления их плодородия можно рекомендовать применение различных почвоулучшителей типа гуматов или других биологически активных препаратов, например «Байкал-М». Данные препараты основаны на использовании эффективных микроорганизмов (ЭМ-технологии). Использование ЭМ-технологии значительно ускоряет восстановление гумусового состояния и повышает плодородие за счёт движения микробиоты с корнями растений в глубину корнеобитаемого слоя, обеспечивая долготлетие защитной функции фитомелиорации.

Выбор технологии восстановления нарушенных земель должен определяться целью рекультивации – что мы хотим получить в результате восстановления и как будут использоваться рекультивированные участки в посттехногенный период. Несмотря на кажущуюся простоту данного вопроса, на практике очень часто заказчики и органы власти, отвечающие за соблюдение природоохранных требований, затрудняются с формулированием целей рекультивации. Это связано, с одной стороны, с ответственностью за принятие решения, а с другой стороны – с затратами на выполнение поставленных целей рекультивации. Поэтому при проектировании рекультивационных работ ограничиваются лишь определением направления рекультивации по ГОСТ17.5.1.01-83. Однако следует признать, что из рекомендуемых ГОСТом направлений рекультивации выбор делается в основном на сельскохозяйственную рекультивацию. Такой подход к использованию нарушенных земель устарел и не способствует эффективному, экологически обоснованному восстановлению техногенно нарушенных территорий и их последующему использованию. Отвалы, состоящие из пород, нанесённых на угольные пласты в прошлые века, чужды современному миру. Сравнительно тонкий плодородный слой почвы, нанесённый на поверхность искусственно созданных полей, не обеспечит конкурентоспособность продовольственной продукции, полученной на проблемной территории.

В практическом плане при рекультивации нарушенных земель необходимо стремиться к тому, чтобы в какой-то мере восполнить хозяйственный и экологический ущерб, наносимый нарушениями естественного почвенного покрова, и значительному снижению негативного влияния техногенных ландшафтов на прилегающие территории. Для этого есть возможность использовать предусмотренное ГОСТом направление рекультивации как лесохозяйственное и рекреационное, подбирать такие технологические приемы, которые позволяют сформировать благоприятный корнеобитаемый слой для растений или почвоподобное образование на поверхности техногенного объекта, свойства и режимы которого должны быть в максимально возможной степени приближены к уровню ненарушенных почв. Такие искусственно сформированные почвы называются технозёмами [Курачев, Андроханов, 2002].

Одинакового или близкого результата при выполнении рекультивационных работ на техногенно нарушенных участках можно добиться с помощью реализации различных технологических схем, поэтому проекты рекультивации могут разрабатываться в многовариантном исполнении. При этом окончательный выбор одного из нескольких вариантов должен обосновываться величиной, характеризующей хозяйственную и экологическую эффективность, и стоимостью работ.

Поскольку почва является базисом любой наземной экосистемы, то скорость ее формирования определяет также и скорость формирования всех других компонентов экосистемы и качество их функционирования (фитоценозов, микробиоценозов, зооценозов и т.д.). Однако скорость формирования почвы можно считать и параметром, характеризующим почвенно-экологический потенциал техногенного ландшафта. То есть и названный потенциал, в свою очередь, зависит от качества литологических условий и рельефа поверхности, создаваемых в стадию техногенеза, и определяется, следовательно, свойствами литогенных ресурсов и технологией отвалообразования. Исходя из вышесказанного, наибольшего почвенно-экологического и экономического эффекта при выполнении рекультивационных работ можно достичь путем размещения смеси ПСП и ПСП на поверхности отвала.

Для природно-экологических условий лесостепной зоны Красноярского края наиболее важными местными ресурсами рекультивации являются субаэральные лёссовидные суглинки и плодородный слой почвы. Однако практика показывает, что эти ресурсы практически полностью губятся при существующих схемах открытой разработки месторождений. Вскрышные породы, которые представлены указанными субаэральными лёссовидными суглинками, при отвалообразовании перемешиваются с вмещающими породами, в той или иной степени метаморфизированными древними осадочными отложениями – песчаниками, алевролитами и аргиллитами, что значительно снижает перспективы восстановления нарушенных территорий. Это связано с тем, что активность биологических, точнее биохимических, процессов лимитируется отсутствием или наличием в субстрате корнеобитаемого слоя фракций физической глины. Поэтому совместное нанесение смеси ПСП и ППС на поверхность отвалов позволяет создавать наиболее благоприятные условия для восстановления разрушенных экосистем, значительно сократить материальные затраты на рекультивацию и сроки восстановления нарушенных земель.

Выводы. Таким образом, проведенные исследования позволяют рекомендовать выполнение горнотехнической рекультивации путём формирования отвалов террасами, без вылаживания откосов, гребнистой и/или частично спланированной поверхностью корнеобитаемого слоя, сформированного из смеси потенциально плодородных (подстилающих) слоёв и верхнего плодородного слоя почвы, полученной в процессе снятия верхнего вскрышного уступа совместно с плодородным слоем и укладки его на поверхность отвалов. Биологическую рекультивацию рекомендуется проводить сплошным или очаговым способом, посевом трав и посадкой древесно-кустарниковых пород с использованием биопрепаратов, лесонасаждением для рекреационных целей.

Литература

1. *Андроханов В.А., Овсянникова С.В., Курачев В.М.* Техноземы: свойства, режимы, функционирование. – Новосибирск: Наука, 2000. – 200 с.
2. *Бугаков П.С.* Особенности почвенного покрова западной зоны КАТЭКа // Почвы зоны КАТЭКа. – Красноярск: Изд-во ИЛИД СО АН СССР, 1981. – С. 19–25.
3. *Верещенко Ю.П.* Агрофизическая характеристика почв центральной части Красноярского края. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 176 с.
4. *Гаджиев И.М., Курачев В.М., Андроханов В.А.* Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель. – Новосибирск: ЦЭРИС, 2001. – 36 с.
5. *Курачев В.М., Андроханов В.А.* Классификация почв техногенных ландшафтов // Сиб. экол. журн. – 2002. – № 3. – С. 255–261.
6. *Андроханов В.А., Лавриненко А.Т.* Ускорение процессов рекультивации техногенных ландшафтов на угольных предприятиях КАТЭКа и Хакасии // Уголь.– 2012. – №7.

