УДК 630*233:631.618

Э. И. Трещевская,
С. В. Трещевская,
К. В. Бобрешов

ФОРМИРОВАНИЕ СЛОИСТЫХ СУБСТРАТОВ ПРИ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

В статье обоснован один из способов повышения плодородия бедных субстратов промышленных отвалов Курской магнитной аномалии — формирование слоистых субстратов с погребенным плодородным слоем. Он имеет значительные преимущества по сравнению с землеванием для лесной рекультивации нарушенных земель.

Ключевые слова: *лесная рекультивация, сосна обыкновенная, погребенные почвы, песчано-меловая смесь, плодородный слой, слоистые субстраты.*

UDK 630* 233:631.618

E. I. Treshchevskaja,
S. V. Treshchevskaja,
K. V. Bobreshov

FORMATION OF LAYERED SUBSTRATA AT THE WOOD REKULTIVATSY OF THE BROKEN LANDS KURSK MAGNETIC ANOMALY

In article one of ways of increase of fertility of poor substrata of industrial dumps of Kursk magnetic anomaly — formation of layered substrata with a buried fertile layer is reasonable. It has considerable advantages in comparison with a zemlevaniye for a wood rekultivatsiya of the broken lands.

Key words: *wood rekultivatsiya, pine ordinary, buried soils, sand-cretaceous mix, fertile layer, layered substrata.*

Курская магнитная аномалия (КМА) — самый большой и богатый железорудный бассейн мира, где добыча железистых кварцитов производится открытым способом. В результате возникают техногенные комплексы, характеризующиеся экстремальными условиями для жизни всего живого.

Учитывая, что естественное преобразование нарушенных земель в устойчивые природно-техногенные комплексы идет очень медленно, для быстрейшего возвращения их в хозяйственный оборот необходимо проводить рекультивацию. Одним из способов предотвращения вредного экологического воздействия горнорудного производства на природу, защиты отвалов от водной эрозии и дефляции является биологическая рекультивация, из которой на крутосклонных отвалах наиболее перспективной является лесная.

Однако не все породы, складируемые в отвалы, являются пригодными для выращивания даже защитных насаждений. Пески и песчано-меловые смеси характеризуются неблагоприятными для произрастания растений агрохимическими и водно-физическими свойствами. Для повышения плодородия бедных субстратов промышленных отвалов на их поверхность возможно нанесение плодородного слоя, представляющего собой смесь почвы нескольких генетических горизонтов чернозема типичного, снятого и складированного в бурты в процессе разработки карьера. Мощность плодородного слоя может колебаться от 20 до 80 и более см.

Исследования показали, что покрытие песчаной массы маломощным плодородным слоем нельзя признать удачным видом мелиорации отвально-техногенных субстратов, подлежащих облесению. Несмотря на высокое содержание в плодородном слое гумуса и биологически важных химических элементов, общие запасы их в 20–40-санти-

метровой толще не велики и не могут обеспечить нормального роста и развития древесных пород и кустарников. Увеличение мощности плодородного слоя до 80–100 см, с одной стороны, приводит к повышению запасов химических элементов в корнеобитаемом слое, а с другой, — способствует образованию более плотного утрамбованного плодородного слоя с плохими физическими и водными свойствами, который слабо осваивается корнями растений. Кроме того, этот прием является экономически невыгодным.

Поэтому предлагаем более эффективный способ, который основан на том, что после землевания на поверхность плодородного (черноземного) или потенциально-плодородного (суглинистого) слоя наносится слой песка или песчано-меловой смеси. Этот мульчирующий слой предохраняет погребенный слой от потери влаги на физическое испарение и позволяет древесным породам более эффективно использовать плодородие трехслойных субстратов.

Основанием для такого заключения послужили исследования, проведенные в культурах сосны Хреновского бора, произрастающих на погребенных и непогребенных песчаных и супесчаных почвах. Поскольку сосна является одной из основных пород, применяемых при лесной рекультивации нарушенных земель во многих регионах нашей страны и за рубежом, этот способ изучался на примере сосновых насаждений, заложенных в 1982 г. у основания гидроотвала Березовый лог по договору с Лебединским ГОКом КМА.

В условиях Центрально-Черноземного региона погребенных почв с лесными насаждениями встречается мало, хотя они представляют определенный экологический и лесохозяйственный интерес. Уникальным в этом отношении объектом является урочище «Зеленая дубрава» в Хреновском бору (Семено-Александровское участковое лесничество Бобровского лесничества) в Воронежской области. Здесь известным лесоводом Суходским Н. Д. были созданы чистые культуры сосны обыкновенной. Рельеф на отдельных участках урочища изменяется от равнинного до волнистого и мелкобугристого. Почвы — преимущественно глубоко гумусированные, непогребенные и погребенные под различным слоем песка или супеси.

Таблица 1

Характеристика почв в урочище «Зеленая дубрава» Хреновского бора

Показатели	Непогребенная почва	Погребенная почва		
	мощность горизонтов, см			
	0–100	0–40	40–100	0–100
1. Содержание фракций (%) при диаметре частиц, мм: меньше 0,01 больше 0,01	 7,55 92,45	 5,40 94,60	 8,45 91,55	 7,23 92,77
2. Плотность сложения, г/см^3	1,43	1,62	1,52	1,56
3. Твердость в слое 0–25 см, кг/см^2	0–43	0–37	-	-
4. Скважность, %	45	43	44	44
5. pH солевой вытяжки	4,8	4,3	5,2	4,8
6. Запасы гумуса, т/га	234	23	155	178
7. Запасы азота: общего, т/га легкогидролизуемого, кг/га	 14 416	 1 291	 7 554	 8 845
8. Запасы фосфора, кг/га	411	96	150	245
9. Запасы калия, кг/га	845	301	677	978
10. Максимальная гигроскопическая влага, %	1,19	0,40	1,63	1,15
11. Влага завядания, %	1,79	0,60	2,48	1,73
12. Запасы продуктивной влаги, мм: во влажный период (06.08.1982) в засушливый период (09.08.1983) в засушливый период (15.08.2010)	 64 23 20	 26 10 11	 44 35 34	 70 45 45

Культуры сосны создавались в большинстве случаев по сплошь обработанной почве с размещением посадочных мест 0,71 х 1,42 м, уход за культурами проводился в течение 2–4 лет. На погребенных почвах посадка проводилась без обработки почвы и без ухода.

На участках с погребенными почвами верхний песчаный слой мощностью 32–42 см представлен крупно — и среднезернистыми песками с небольшим содержанием гумуса — до 0,36 %. Исследования показали, что верхний песчаный слой имеет определенные отрицательные и положительные свойства. К отрицательным экологическим свойствам следует отнести то, что он снижает содержание гумуса и общего азота в основном корнеобитаемом слое, который принят равным I м. На погребенной почве в два раза меньше общего и легкогидролизуемого азота (табл. 1).

Однако положительные свойства погребенных почв компенсируют этот недостаток. На песчаном слабо гумусированном слое почти отсутствует злостная осоково-злаковая растительность, здесь только в пониженных элементах рельефа в 85-летних культурах сосны встречается моховой покров и разнотравье, масса которого в воздушно-сухом состоянии не превышает 3 ц/га.

Известно, что песчаные почвы даже при меньшей скважности в результате наличия крупных пор имеют худшую капиллярность. На пробных площадях с погребенными почвами, где верхний слой песка имеет более крупные поры, капиллярные связи с погребенными слоями нарушены, что уменьшает потери влаги на физическое испарение из них. После подсыхания верхнего песчаного горизонта капиллярное поднятие воды уменьшается, а затем прекращается.

Влияние смены гранулометрического состава на высоту капиллярного подъема определяется разностями капиллярных давлений на границах слоев [1]. В результате этого в слоеных грунтах наблюдается снижение скорости капиллярного подъема воды, приводящее к образованию значительных ее запасов в подстилающем суглинке.

Исследования показали, что на погребенных гумусированных песчаных почвах лесная подстилка вместе с нанесенным песком создает мощный мульчирующий слой, обеспечивающий в этих почвах большие запасы влаги. Во влажные периоды запасы продуктивной влаги в метровом слое здесь составляли 70 мм. В засушливую погоду песчаный слой просыхает до мертвого запаса влаги только до глубины 8–10 см. Благодаря лучшему увлажнению запасы легкогидролизуемого азота в погребенной почве в 2 раза больше, чем в непогребенной.

На непогребенных почвах наблюдается обильное зарастание осоково-злаковой растительностью, масса которой в воздушно-сухом состоянии составляет 4,6 ц/га. Здесь под подстилкой сформировалась мощная дернина, все почвенные горизонты пронизаны корнями злаков, которые являются злостными конкурентами для сосны. Даже после осадков влажность отдельных горизонтов на этом участке колебалась от 4,67 до 2,35 %. Общие запасы продуктивной влаги в метровом слое в засушливые периоды как в 1982 так и в 2010 гг. колебались от 20 до 23 мм, что на 25 мм меньше, чем на погребенных почвах.

Водно-физические свойства оказывают влияние на воздухообеспеченность. Во влажный период в верхнем 40-сантиметровом слое воздухообеспеченность на непогребенной почве составляла 31,4 %, а в песчаном слое погребенной почвы — 35,5 %. В погребенных горизонтах воздухообеспеченность колебалась от 32,8 % во влажный период до 34,4 % — в засушливый. В целом для метрового слоя воздухообеспеченность была выше на непогребенной почве в связи с более низкой влажностью.

Таким образом, нанесенный песчаный слой на погребенных почвах создает более благоприятные экологические условия, что подтверждается состоянием и продуктивностью культур сосны обыкновенной (табл. 2).

На погребенных почвах, где верхний слой мощностью 32–42 см представлен рыхлыми песками, а почвенный покров — мхами и разнотравьем, культуры сосны имеют наилучшие таксационные показатели. Здесь общий запас древесины составляет 438 м^3/га, что на 37 % больше, чем на непогребенных почвах, если запас привести к возрасту 88 лет.

Больших различий по высоте и диаметру не наблюдается, но на погребенной по-

Таблица 2

Основные таксационные показатели культур сосны в урочище «Зеленая дубрава» Хреновского бора

Почва	Тип усл. местопроизрастания	Возраст культур, лет	$Н_{ср}$, м	$Д_{ср}$ ± м, см*	Полнота	Общий запас, $м^3$/га	Бонитет
Погребенная	$А_2/С_2$	88	28	32,4 ± 0,52	0,82	438	I
Непогребенная	$С_2$	81	27	32,5 ± 0,44	0,56	293	I

чве значительно выше полнота древостоя. В условиях непогребенных почв наблюдается сильная конкуренция между осокозлаковой растительностью и сосной, что привело к её отпаду и формированию изреженных насаждений.

Таким образом, на основании исследований, проведенных в Хреновском бору, установлено, что почвы, погребенные под слоем песка, обладают лучшими экологическими свойствами, которые позволяют выращивать культуры сосны с большими запасами древесины.

Этот вывод подтверждается исследованиями, проведенными в условиях нарушенных земель КМА. С целью изучения запасов продуктивной влаги в слоистых субстратах, был заложен специальный микроделяночный опыт с различной глубиной залегания плодородного слоя: 0–30 см, 10–40 см, 20–50 и 30–60 см. Его мощность в каждом варианте равна 30 см. Мощность поверхностного слоя песка принята от 0 до 30 см.

Наибольший эффект был получен при поверхностном слое песка 30 см, который лучше защищает погребенный слой от потерь влаги на физическое испарение. Даже в засуху 2010 г. запасы продуктивной влаги в нем составляли около 54 мм, что в 8 раз больше, чем при поверхностном размещении насыпного плодородного слоя. При захоронении его на глубину 30 см под слоем песка выявлены следующие положительные свойства трехслойных субстратов:

– песчаный слой предохраняет плодородный слой от потерь влаги, в результате чего в засушливые и влажные периоды вегетации в метровом слое запасы продуктивной влаги всегда выше, чем при поверхностном расположении плодородного слоя; величина мульчирующего песчаного слоя

Таблица 3

Основные почвенно-экологические показатели субстратов при трехслойном сложении в насаждении сосны разного возраста

Показатели	Субстраты			
	песчано-меловая смесь (0–40 см)		суглинок (40–100 см)	
	Возраст, лет			
	2	30	2	30
1. Содержание фракций (%) при диаметре частиц, мм: меньше 0,01 больше 0,01	 5,79 94,21	 5,61 94,39	 44,65 55,35	 18,91 81,09
2. Плотность сложения, $г/см^3$	1,53	1,52	1,28	1,35
3. Твердость в слое 0–25 см, $кг/см^2$	0–35	0–34	40	38
4. Скважность, %	42	43	53	50
5. pH	8,6(вод.)	8,1 (сол.)	7,4 (вод.)	7,4 (сол.)
6. Запасы гумуса, т/га	5	32	190	149
7. Запасы общего азота, т/га	следы	3	8	7
8. Запасы фосфора, кг/га	24	35	54	42
9. Запасы калия, кг/га	61	115	768	484
10. Максимальная гигроскопическая влага, %	0,59	0,60	9,50	9,00
11. Влага завядания, %	0,88	0,90	14,25	13,50

должна быть не менее 30 см, так как при меньшей величине потери влаги на физическое испарение из погребенного плодородного слоя продолжаются;

– в связи с тем, что в трехслойных субстратах погребенный плодородный слой в течение всего периода вегетации имеет большие запасы продуктивной влаги, питательные элементы этого слоя будут использоваться древесными породами более эффективно;

– песчаный слой полностью исключает появление обильного растительного покрова, что благоприятно сказывается на агротехнике выращивания насаждений.

Для подтверждения этого вывода проводились исследования в насаждении сосны, заложенном у основания гидроотвала Березовый лог. Посадка производилась двухлетними сеянцами под меч Колесова с размещением посадочных мест 1,5 х 0,5 м. Уход за насаждением не проводился, так как в верхней части субстрат представлен песчано-меловой смесью слоем в среднем 40 см, ниже которого залегает суглинистый потенциально-плодородный субстрат мощностью в среднем 60 см. Ниже метрового слоя — песчано-меловая смесь. Основные показатели суглинистого и песчано-мелового субстратов приводятся в таблице 3.

Из приведенных данных видно, что в песчано-меловой смеси под 2-летним насаждением сосны содержалось всего 5 т/га гумуса. Только через 28 лет оно увеличилось более, чем в 6 раз. Этот субстрат плохо обеспечен азотом, фосфором и калием. Благодаря наличию крупных пор верхний слой песчано-меловой смеси имеет хорошую аэрацию и плохие капиллярные свойства. Например, при полевой влажности, превышающей влажность завядания на 0,05 %, воздухообеспеченность песчано-мелового слоя равна 40,56 %, а суглинистого — 34,70 %. Песчано-меловая смесь, так же как и песок, является хорошим мульчирующим субстратом, предохраняющим подстилающий суглинистый слой от потерь влаги.

Приживаемость и показатели роста сосны приводятся в таблице 4. В варианте с землеванием более низкая приживаемость сосны связана с высокой твердостью плодородного слоя и плохими водно-физическими свойствами, хотя показатели роста несколько выше. Повторные исследования, проведенные в насаждении сосны в возрасте 30 лет, показали, что на трехслойных субстратах с погребенным потенциально-плодородным слоем средняя высота сосны равна 17 м, а средний диаметр — 18 см. На насыпном плодородном слое они ниже и равны соответственно 15 м и 16 см.

Таким образом, исследования в насаждении сосны также показали значительные преимущества трехслойных субстратов с поверхностным песчано-меловым слоем, который улучшает почвенно-экологические условия [2]. Однако недостатком поверхностного рыхлого субстрата является подверженность его сильной дефляции, поэтому за год до создания насаждений или одновременно требуется закрепление песков

Таблица 4

Характеристика сосны на слоистых субстратах КМА

Вариант опыта	Приживаемость, %	$Н_{ср}$, см	Средний прирост по высоте, см	$Д_{ср}$, см
Возраст — 2 года				
Песчано-меловая смесь на суглинке (трехслойные субстраты)	55,33	14,49 ± 0,57	7,34	0,37 ± 0,02
Насыпной плодородный слой на песке (землевание)	53,20	20,70 ± 0,60	5,90	0,60 ± 0,02
Возраст — 30 лет				
Песчано-меловая смесь на суглинке (трехслойные субстраты)	-	1700,00 ± 0,59	56,67	18,00 ± 0,40
Насыпной плодородный слой на песке (землевание)	-	1500,00 ± 1,10	50,00	16,00 ± 0,32

травами или другими средствами, которые широко применяются на практике при лесоразведении на песчаных почвах в лесостепи и более южных районах.

Для обоснования мощности поверхностного песчаного слоя были использованы показатели запасов продуктивной влаги, так как влажность субстратов является основным лимитирующим фактором на нарушенных землях. При этом было установлено, что под 30–50-сантиметровым слоем песка влажность даже в засушливые периоды не опускается ниже влаги завядания.

Вторым фактором, определяющим плодородие субстратов, является запас органических веществ и минеральных элементов. В связи с этим для определения мощности погребенного плодородного/потенциально-плодородного слоя в качестве основного показателя целесообразно использовать содержание гумуса в метровом слое. Это связано с тем, что даже при меньшем содержании гумуса на погребенных почвах продуктивность культур в Хреновском бору была выше.

Однако при анализе запаса насаждений в зависимости от содержания гумуса в метровой толще следует учитывать и другие факторы. К ним относятся: полнота, масса напочвенного покрова, содержание продуктивной влаги в основном корнеобитаемом слое. В связи с этим была разработана математическая модель анализа мощности погребенного слоя в зависимости от содержания в нем гумуса при максимальном значении запаса насаждения с учетом приведенных выше факторов. Математическая модель представляет собой уравнение регрессии, полученное на основе экспериментальных исследований, проведенных в Хреновском бору.

Для анализа математической модели был разработан алгоритм вычисления мощности погребенного плодородного слоя при разном содержании в нем гумуса. Для лучшего варианта — насаждение сосны на погребенной почве, кроме того учитывалась мощность поверхностного слоя песка (30 см) и погребенного плодородного слоя (70 см). Расчет проводился при содержании гумуса в плодородном слое от 1 до 5 % через 0,1 %. Вычисление коэффициентов уравнения регрессии осуществлялось по стандартной программе решения систем линейных уравнений с неизвестным методом Гаусса.

На основания проведенных исследований и выполненного расчета установлено:

1. Более эффективным способом повышения плодородия бедных грунтосмесей по сравнению с землеванием является формирование трехслойных субстратов с погребенным плодородным слоем.

2. Для выращивания насаждений сосны с запасом 438 м^3/га мощность погребенного плодородного слоя может колебаться от 122 см при содержании гумуса в субстрате 1 % до 25 см при содержании гумуса около 5 %.

3. Учитывая, что в своих рекомендациях мы предусматриваем формирование трехслойных субстратов с верхним песчаным слоем от 30 до 50 см, оптимальными вариантами будут плодородные слои мощностью от 50 см при содержании гумуса в них 2,4 % до 25 см при содержании гумуса 4,9 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Качинский, Н. А. Физика почв [Текст]: учеб. Ч. II. Водно-физические свойства и режимы почв / Н. А. Качинский. — М.: Высшая школа, 1970. — 358 с.

2. Рекомендации по повышению плодородия песков и песчано-меловых смесей при лесной рекультивации отвалов Курской магнитной аномалии [Текст] / Э. И. Трещевская [и др.]. — Воронеж-Губкин: Воронежский ЦНТИ-филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2012. — 18 с.