

**В.П. Середина, В.А. Андрюханов, Т.П. Алексеева,
Л.Н. Сысоева, Т.И. Бурмистрова, Н.М. Трунова**

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ КУЗБАССА

Аннотация. *В работе рассматриваются экологические условия формирования и свойства почв техногенных ландшафтов Кузбасса. Выявлены специфические особенности функционирования эмбриоземов в пределах Краснобродского угольного разреза. На основе полевых и экспериментальных исследований установлена эффективность торфяных препаратов в биологической рекультивации пород угольных отвалов.*

Ключевые слова: техногенный ландшафт, функционирование эмбриоземов, угольный разрез, биологическая рекультивация

Интенсивное техногенное воздействие на почвенный покров, вплоть до его полного уничтожения, наблюдается в районах горнодобывающей промышленности, особенно в Кузбассе, где преобладает карьерный способ добычи угля. Следовательно, рекультивация таких земель и возвращение их в народно-хозяйственное использование является весьма актуальной экологической проблемой, важнейшей в системе мероприятий по охране окружающей среды, оптимизации экологической обстановки как в целом по России, так и в отдельных ее регионах. Кемеровская область не является исключением. Более того, рекультивация нарушенных земель на ее территории является приоритетной при осуществлении природоохранных мероприятий. Это положение обусловлено наличием и дальнейшим развитием открытого способа добычи каменного угля, при котором происходит изъятие из оборота продуцирующих земель, находящихся непосредственно под угольными разрезами, а также нарушением площадей, связанным со складированием на них вскрышных пород.

Как известно, существует два этапа рекультивации нарушенных земель: горно-технический и биологический. Целью *горно-технического* этапа рекультивации считается создание местообитаний с заданными свойствами и режимами в субстрате, а главной целью *биологического* этапа – ускорение восстановления почвенно-экологических функций и экосистемы в целом [1].

Основным механизмом ускорения восстановления этих функций является активизация освоения субстрата живыми организмами. Показателем эффективности восстановленных почвенно-экологических функций служит образование органо-аккумулятивного горизонта в почве, формирование которого естественным путем идет очень медленно. Многие исследователи считают, что при рекультивации нельзя полностью восстановить первичный профиль бывшей типичной (зональной) почвы, поэтому выделяют такие техногенные образования в отдельную группу антропогенных почв [2, 3]. Появление профилльно-генетической классификации почв техногенных ландшафтов позволило выделить четыре типа эмбриоземов, отражающих наиболее важные эта-

пы самовосстановления почвенно-экологических функций в техногенном ландшафте [4, 5].

При открытой разработке каменноугольных месторождений на поверхность выносятся неплодородные почвы – так называемые породы отвала, представляющие собой смесь вскрышных и вмещающих пород, а также непромышленные прослои угля, что приводит к полному уничтожению на значительных территориях естественного биоценоза [6]. Более того, образующийся отвал представляет собой очень плотный грунт с высокой степенью щебнистости. Каменистость пород обуславливает низкую водоудерживающую способность и является механическим препятствием для развития корневой системы, т.е. отрицательно сказывается на росте и развитии растений. Необходим поиск малозатратных способов восстановления биологической продуктивности нарушенных земель без традиционного нанесения на рекультивируемую поверхность плодородного почвенного слоя.

Объекты и методы исследования

В качестве фоновых почв были исследованы выщелоченные, оподзоленные черноземы и лугово-черноземные почвы Беловского района Кемеровской области. В качестве техногенного субстрата исследован грунт отвала восточного разреза Краснобродский Кемеровской области. С целью ускорения биологической рекультивации поверхности грунта отвальной породы в полевом опыте на угольном отвале восточного разреза Краснобродский испытан торфяной препарат – органоминеральное удобрение (ОМУ), приготовленное на основе торфа низинного типа месторождения «Темное» Томской области.

Гранулометрический состав рассматриваемых почв определяли по Н.А. Качинскому [7]. Агрохимический анализ почв и образцов грунта отвальной породы проводили по общепринятым методикам [8]. Общую численность и отдельные виды микроорганизмов основных физиологических групп грунта определяли методом посева на агаризованную питательную среду [9] в лаборатории микробиологических исследований ГНУ СибНИИ СХ и торфа (г. Томск). Ферментативную активность грунта исследовали по общепринятой методике [10].

Полевой опыт заложен по методике [11] на делянках площадью 1 м² в 4-кратной повторности. Опыт предполагает разное количество внесения органоминерального удобрения (ОМУ) на 1 га – 25 и 50 т. Рассматриваемые варианты выравнены по внесению минеральных удобрений – доза их внесения как таковых, так и в составе ОМУ, одинакова и необходима для роста и развития травяной культуры. Органоминеральное удобрение содержит нативный торф, азотные, фосфорные, калийные минеральные соли и активированный торф, являющийся отходом производства стимулятора роста растений [12]. Полевой опыт включал следующие варианты:

- 1) грунт отвала (ГО) – контроль;
- 2) ГО + НРК;
- 3) ГО + ОМУ, 25 т/га;
- 4) ГО + ОМУ, 50 т/га.

Во всех вариантах произведен посев злаково-бобовой культуры донника.

Результаты и их обсуждение

Краснобродский угольный разрез расположен в основном в Беловском районе Кемеровской области. Согласно почвенно-географическому районированию он входит в почвенный округ «островной» лесостепи и лесостепи Кузнецкой котловины. На территории района расположено около десяти угольных разрезов и шахт. Кемеровская область лежит в центре азиатского материка и характеризуется континентальным климатом с продолжительной морозной и ветреной зимой и коротким, но жарким летом. Кузнецкая котловина находится на стыке двух геоморфологических провинций – Западно-Сибирской равнинной низменности и Горной системы Алтая и Саян.

В строении Кузнецкой котловины и окаймляющих ее горных кражей принимают участие породы, разнообразные по возрасту, составу и происхождению. Кузнецкая котловина сложена главным образом осадочными породами палеозойского, мезозойского, третичного и послетретичного возраста. При замедленном движении и ослаблении сноса с прилегающих горных систем на дне котловины накапливались мощные толщи органических остатков, давших начало богатейшим залежам каменного угля.

Вся территория Кузнецкой котловины характеризуется значительным разнообразием почвообразующих пород, представленных карбонатными буровато-желтоватыми лессовидными иловато-пылеватыми тяжелыми суглинками, обладающими повышенной чувствительностью к особенностям биоклиматических условий, под воздействием которых они превращаются в почву. Современный рельеф Кузнецкой котловины может быть охарактеризован как эрозионно-аккумулятивный, равнинный, слабовсхолмленный, с широкими и совсем пологими водоразделами и общим уклоном территории в юго-западном направлении. Однообразие равнинного рельефа нарушается лишь в центральной части котловины рядом возвышенностей, ориентированных в широтном направлении. Техногенный рельеф часто неупорядочен, представлен гребнями, осыпями [2].

Структура почвенного покрова Кузнецкой котловины складывается из сложного сочетания эволюционно сопряженных автоморфных, полугидроморфных и гидроморфных почв: серых лесных, черноземов, лугово-черноземных и луговых [13], однако фоновыми почвами территории угольного разреза являются черноземные. Черноземы оподзоленные и выщелоченные приурочены к плакорам водоразделов и выпуклым склонам преимущественно южной, юго-восточной и юго-западной экспозиций, к выровненным и относительно хорошо дренированным открытым безлесным или слабо залесенным участкам. Почти все они распаханы и лишь небольшие целинные участки сохранились по склонам логов или на водоразделах под редким березовым лесом. Почвообразующими породами для черноземных почв являются лессовидные карбонатные суглинки.

Черноземы оподзоленные характеризуются проявлением процессов интенсивного гумусонакопления, выщелачивания карбонатов и слабой элювиально-иллювиальной дифференциацией почвенного профиля под влиянием нисходящих почвенных растворов. Карбонаты в профиле оподзоленных чер-

ноземов залегают глубже, чем в профиле выщелоченных. Черноземы оподзоленные имеют среднемощный (до 50 см) гумусовый горизонт; в горизонте *AB* отмечается наличие остаточного кремнезема, заметно выраженного на структурных агрегатах. Для данных черноземов характерно присутствие уплотненного текстурного горизонта *B*, обогащенного илом в результате вымывания из вышележащего горизонта. Структурные агрегаты педогенной массы в этом горизонте имеют темноокрашенные кутаны, что свидетельствует о наличии процессов лессиважа.

Основными морфологическими признаками выщелоченных черноземов являются наличие достаточно мощного гумусового горизонта (45–60 см) темно-серой окраски и языковатость его нижней границы. Характерной особенностью данного подтипа черноземов считаются выщелоченность карбонатов из верхней части профиля и образование иллювиально-карбонатного горизонта, в котором наблюдается максимальное содержание CaCO_3 (по сравнению с нижележащими горизонтами).

Обыкновенные черноземы отличаются от оподзоленных и выщелоченных несколько меньшей мощностью гумусового горизонта, повышенным уровнем вскипания и худшей оструктуренностью. Данные отличия являются следствием формирования этого подтипа в условиях большей засушливости, меньшей промачиваемости почвенной толщи атмосферными осадками.

Черноземы Кузнецкой котловины по своим свойствам и морфологическому строению отличны от аналогичных почв Западно-Сибирской низменности. Они характеризуются повышенным гумусонакоплением, несколько большей мощностью гумусового горизонта, а также хорошей оструктуренностью. В лесостепной зоне Кузнецкой котловины, в частности в Беловском районе, наряду с черноземными почвами по депрессионным элементам рельефа незначительной выраженности, приуроченных к конечным аккумулятивным позициям геохимических ландшафтов, отмечаются лугово-черноземные почвы. У последних хорошо развит зернисто-комковатый или комковатый гумусовый горизонт, наблюдается постепенный переход в нижележащие горизонты. Одновременно в полугидроморфных почвах обнаруживаются признаки, не свойственные черноземам, но характерные для почв гидроморфного ряда: растянутость гумусового горизонта, оглеение нижних горизонтов и повышенная увлажненность.

Гранулометрический состав рассматриваемых черноземных почв имеет признаки лессовидности материнской породы. Об этом свидетельствует преобладание фракции крупной пыли, доля которой в верхних горизонтах составляет 46,8–51,9%. Содержание песчаной фракции незначительно. Доля илистой фракции изменяется в пределах 22,2–30,3%. Преобладание в гранулометрическом составе исследуемых почв крупной пыли и ила заметно отличает их от аналогичных почв других регионов Западной Сибири, в которых доминируют песчаные и иловатые фракции. Выделяющийся визуально иллювиальный горизонт в черноземных почвах выражен по гранулометрическому составу слабо: наблюдается небольшое обогащение его илистой фракцией, что можно объяснить перемещением ила вглубь почвенного профиля в процессе лессиважа. Признак обогащения илистой фракцией в иллювиальном

горизонте выщелоченных черноземов относят к унаследованному, поскольку радиальное перераспределение высокодисперсных частиц было возможным лишь при промывном водном режиме прошлой, доземледельческой стадии развития этих почв [14, 15]. В лугово-черноземных почвах можно также отметить некоторое перемещение илистых частиц из верхних горизонтов в нижние. Распределение тонких фракций по профилю во многих случаях отражает привнос их талыми водами и ливневыми потоками с более возвышенных элементов рельефа.

Черноземы исследуемой территории имеют интенсивно покрашенный гумусом горизонт. Содержание гумуса в биогенно-аккумулятивных горизонтах находится в пределах 7,04–7,21%, что позволяет отнести их к среднегумусным. Высокое содержание гумуса в слое 0–20 см и довольно резкое понижение на глубине 50 см связано с особенностями климатических условий региона. Поступающие с опадом растительные остатки разлагаются и минерализуются в год выпадения не полностью. При недостаточном количестве осадков основной влагооборот совершается в толще небольшой мощности, поэтому и корневая система сосредоточивается главным образом в верхней части профиля.

Для лугово-черноземных почв подтверждается их основной диагностический признак – относительно большая растянутость гумусового горизонта при значительном содержании гумуса в верхнем горизонте (9,32%). Сумма обменных катионов увеличивается от 40,4–45,3 мг-экв./100 г в черноземах выщелоченных до 47,2 мг-экв./100 г в лугово-черноземных почвах. Для верхних горизонтов характерно биогенное накопление кальция, а нижний максимум можно объяснить высокой карбонатностью материнских пород. В соотношении состава обменных катионов наблюдается следующая закономерность: количество поглощенного магния почти в 6 раз меньше поглощенного кальция, что обусловлено не только различиями в литологии материнских пород, но и тем, что черноземы этой зоны испытали в прошлом более длительное воздействие лесной растительности. Реакция почвенного раствора закономерно изменяется от нейтральной в верхних гумусово-аккумулятивных горизонтах до слабощелочной в нижних.

Одной из важнейших фациальных особенностей черноземов лесостепной зоны является резкое проявление признаков палеогидроморфизма и палеогалогенеза, отражающихся в современных свойствах почв [16–19]. Эти черноземы отличаются языковатостью гумусового горизонта, повышенной гидрофильностью органического вещества, способностью глинистых минералов приобретать супердисперсное состояние под влиянием слабоминерализованных содовых растворов [20]. Все это свидетельствует о былой более гидроморфной стадии почвообразования, сочетающейся одновременно с процессами осолонцевания.

Фоновые почвы территории угольного разреза обладают рядом благоприятных свойств, что позволяет отнести их к потенциально плодородным. Содержание валового азота колеблется от 0,408% в черноземе, выщелоченном до 0,453% в лугово-черноземной почве. Почвы с таким содержанием валового азота считаются богатыми данным элементом, в то же время его гидроли-

зуемые формы представлены сравнительно низкими величинами (4,06–4,48 мг/100 г почвы). В черноземах азот закреплен в большей степени и менее подвижен, чем, например, в серых лесных и дерново-подзолистых почвах. Несмотря на достаточно высокое количество валового фосфора (0,184–0,196%), подвижных его соединений в почвах данного региона содержится сравнительно мало. По величине обменного калия исследуемые почвы относятся к среднеобеспеченным.

Таким образом, ненарушенные естественные экосистемы находятся в состоянии динамического равновесия. И хотя основными особенностями почв техногенных экосистем является общая положительная направленность изменения их свойств, период восстановления техногенно нарушенных почв, как указывалось выше, достаточно длительный.

В настоящее время в результате сложившейся неселективной технологии проведения вскрышных работ на Краснобродском угольном разрезе состав субстрата отвалов представляет собой хаотичную смесь вскрышных и вмещающих пород, состоящую в основном из обломков осадочных пород (песчаников, алевролитов, аргиллитов) с различной степенью дисперсности (от нескольких миллиметров до десятков и более сантиметров).

Полевое почвенное обследование выявило, что основу почвенного покрова, сформировавшегося на поверхности отвала, составляют эмбриоземы инициальные и органо-аккумулятивные. При этом время после окончания горно-технического этапа формирования отвала превышает 20 лет. Такая структура почвенного покрова, сформировавшегося посредством развития естественных почвообразовательных процессов, свидетельствует о неудовлетворительном почвенно-экологическом состоянии данного техногенного объекта [6].

Исследование агрохимических свойств пород отвала Краснобродского разреза показало, что практически все агрохимические показатели не имеют явно выраженных дифференциации и закономерностей (табл. 1). Значительные колебания агрохимических свойств обусловлены в большей мере неоднородностью слагающих отвалы грунтосмесей, а также незначительным, в рамках эволюции почв, периодом времени воздействия гипергенных и биогенных факторов на материал отвалов. Реакция среды (рН) исследованных образцов в основном нейтральная, с небольшими отклонениями в ту или иную сторону. При этом в большинстве образцов зафиксировано отклонение в область щелочной реакции.

Материал отвалов угольных разрезов в той или иной степени обогащен углеродистым материалом, причем вмещающие породы в большинстве случаев содержат больше углистых частиц. Естественно, в сравнении с естественными почвами, наибольшее количество углерода содержится в каменных и окисленных углях, а также в углистых аргиллитах. Однако сопоставления такого рода для сравнительной биогенности почв и пород неправомерны, т.к. углеродистые вещества каменных углей и других пород практически не участвуют в формировании сорбционных свойств и плодородия развивающихся на поверхности отвалов почв. Об этом свидетельствуют и в корне различные отношения углерода к валовому содержанию азота, которое показывает в породах степень окисленности и минерализации органического вещества, а

также их азотонасыщенность. Поэтому материал отвалов характеризуется очень широким отношением C:N (19–65). В естественных почвах это соотношение регулируется процессами гумификации и минерализации и не превышает 13.

Как известно, об интенсивности процессов минерализации и разложения органических веществ можно судить по выраженности процессов аммонификации и нитрификации. В данном случае образование аммиака и нитратов происходит практически во всех образцах пород, однако интенсивность этих превращений в каждом случае своя и зависит от эдафических свойств конкретного местообитания и от степени развитости биогенных процессов. В целом же содержание валового азота и подвижных форм его в породах и грунтосмесях отвалов, по сравнению с естественными почвами, очень мало и недостаточно для развития основных видов культурных растений.

По содержанию валового и подвижного фосфора породы вскрыши можно отнести к слабо- и среднеобеспеченным; чем больше в отвальных грунтосмесях содержится лессовидных суглинков, тем выше содержание подвижных форм фосфора. Не смотря на высокое содержание в грунтосмесях отвалов первичных и вторичных минералов, имеющих в своих кристаллических решетках значительное количество калия, обменными формами, которые могут быть использованы в формировании питательного режима, данные отвалы обеспечены в недостаточной степени.

Таблица 1

Агрохимические свойства эмбриоземов на отвале Краснобродского разреза

Глубина, см	pH _{водн.}	C _{орг.} , %	Азот, %	Фосфор, %	Калий, %	C : N
Эмбриозем инициальный						
0–5	7,4	4,51	0,113	0,205	2,52	39,9
5–10	7,8	6,36	0,101	0,276	1,95	63,0
10–20	7,5	5,08	0,078	0,197	2,76	65,1
Эмбриозем органо-аккумулятивный						
0–5	6,9	3,95	0,207	0,259	3,46	19,1
5–10	7,4	4,76	0,168	0,243	2,76	28,3
10–20	7,7	4,89	0,098	0,197	3,08	49,9
Чернозем выщелоченный						
0–10	6,5	7,6	0,608	0,423	3,45	12,5
20–30	6,7	6,8	0,531	0,369	2,97	12,8

Проведенные нами агрохимические исследования показали, что материал отвала Краснобродского разреза характеризуется удовлетворительными агрохимическими свойствами и не содержит фитотоксичных веществ, серьезно препятствующих развитию растительности на поверхности отвала. Однако даже после 20-летнего естественного преобразования субстрата отвала на его поверхности не сформировался ни растительный, ни почвенный покров. Это обусловлено лимитирующими факторами, препятствующими развитию процессов естественного самовосстановления нарушенной экосистемы. Для улучшения экологического состояния техногенного ландшафта необходимо

проведение рекультивационных мероприятий, направленных на ускорение биогенных и педогенных процессов на поверхности отвала.

Основная задача рекультивации угольных отвалов – интенсификация почвообразовательных процессов, создание на рекультивируемой поверхности плодородного горизонта. Ведущие факторы почвообразования – растения и сопутствующий комплекс микроорганизмов, способных трансформировать органическое вещество отмерших растений во фрагменты гумуса, а также разрушать горные породы, переводя их в мелкозем.

С целью создания благоприятных условий роста и развития растений можно использовать торф и препараты на его основе. Торф обладает высокой водоудерживающей способностью, содержит гуминовые вещества, под влиянием торфа должны активизироваться почвенные микроорганизмы и повыситься активность осуществляемых ими метаболических процессов, что обеспечит создание в короткие сроки на поверхности рекультивируемых грунтов устойчивого биоценоза. Используемый в полевом опыте торфяной препарат – органоминеральное удобрение (ОМУ) – будет обеспечивать корнеобитаемый слой доступным для растений и микроорганизмов органическим веществом и элементами минерального питания, стимулировать рост и развитие растений.

Эффективность торфяных препаратов оценивалась микробиологической и ферментативной активностью, а также ростом и развитием культуры донника.

Согласно результатам микробиологического анализа в начале опыта (06.05.2007 г.) все рассматриваемые варианты отличались весьма низкой численностью микроорганизмов, в особенности усваивающих органический азот (аммонификаторы) (табл. 2). Внесение ОМУ в грунт отвальной породы способствовало некоторому увеличению количества микроорганизмов, потребляющих как органические, так и минеральные формы азота (учитываемых на МПА и КАА соответственно), возможно, из-за высокого содержания в составе торфяного препарата источников азотного питания.

Численность деструкторов целлюлозы (см. табл. 2) в вариантах с использованием ОМУ в начале опыта (06.05.2007 г.) оказалась ниже, чем в грунте отвальной породы, что, вероятно, связано с недоступностью для микроорганизмов лигно-целлюлозного комплекса торфа.

Незначительное увеличение численности целлюлозолитиков в вариантах с использованием ОМУ отмечалось в конце летнего периода (28.08.2007 г.), причем основу этого микробного сообщества во всех исследуемых вариантах опыта и на всем протяжении периода наблюдений составляют не миксобактерии, а менее активные, приспособленные к более труднодоступным субстратам актиномицеты.

Внесение в грунт отвальной породы ОМУ, особенно в дозе 50 т/га, обусловило увеличение (по сравнению с исходным грунтом) численности сахаролитических грибов. Учитывая низкую численность целлюлозолитиков в вариантах с внесением ОМУ, источником доступных для грибов сахаров в этом случае могут служить низкомолекулярные углеводы, присутствующие в самом торфяном препарате, или корневые выделения, рост которых стимулировало его внесение. Отсутствие азотобактера во всех вариантах опыта

может быть связано с резким дефицитом доступных для него источников углерода или повышенной токсичностью грунта.

Таблица 2

Микробиологическая активность грунта отвальной породы при выращивании донника

Группы микроорганизмов	Дата отбора	Варианты опыта				
		0	1	2	3	4
Численность некоторых групп микроорганизмов, $N \cdot 10^n$ клеток/г						
Аммонификаторы, $N \cdot 10^5$ (микроорганизмы на МПА)	06.05	248	121	468	586	315
	28.08	260	134	484	565	395
Микроорганизмы на КАА, $N \cdot 10^5$	06.05	334	184	280	342	710
	28.08	350	245	570	714	515
Сахаролитические грибы, $N \cdot 10^3$	06.05	26	7	12	14	30
	28.08	28	2	24	27	48
Численность разрушителей целлюлозы, $N \cdot 10^3$ клеток/г						
Общая численность	06.05	12	118	–	64	42
	28.08	–	224	120	220	456
Миксобактерии	06.05	4	90	–	37	19
	28.08	–	27	8	15	29
Актиномицеты	06.05	0	28	–	27	19
	28.08	29	196	109	204	426
Грибы	06.05	8	0	–	0	4
	28.08	–	1	3	1	1

Примечание. 0 – зональная почва; 1 – грунт отвала (ГО); 2 – ГО+NPK; 3 – ГО+ОМУ, 25т/га; 4 – ГО+ОМУ, 50 т/га.

Почвообразовательный процесс протекает при участии ферментов, увеличивающих скорость биохимических реакций. Среди различных классов ферментов важное место принадлежит окислительно-восстановительным.

Использование обеих доз ОМУ не повлияло на каталазную активность – она оказалась одинаковой во всех вариантах опыта, включая контрольный, и в 3,5–4,0 раза ниже, чем в зональной почве. Полученная закономерность характерна для любого срока наблюдений (табл. 3).

Органоминеральное удобрение оказало влияние на дегидрогеназную активность. Если в грунте отвальной породы активность дегидрогеназы на всем протяжении опыта находилась на минимальном уровне, то внесение ОМУ, особенно высокой его дозы (50 т/га), привело к возрастанию дегидрогеназной активности, что обусловлено, по всей вероятности, присутствием в составе торфа низкомолекулярных органических соединений, способных к дегидрированию (см. табл. 3).

Самая высокая полифенолоксидазная и пероксидазная активность на протяжении всего времени исследований отмечена для грунта отвальной породы

без внесения ОМУ, что свидетельствует о процессе деградации самой угольной фракции, находящейся в составе грунта отвала с образованием веществ фенольной природы, являющихся субстратом для данных ферментов. Снижение активности полифенолоксидазы и пероксидазы на вариантах с внесением ОМУ, возможно, обусловлено их адсорбцией на торфе.

Наиболее оптимальные условия для роста и развития растений обеспечены внесением в грунт отвала ОМУ в дозе 25 т/га. В этом случае получены максимальная всхожесть семян и урожайность зеленой массы донника – 9,0 т/га по сравнению с 6,5 т/га в варианте с внесением только минеральных удобрений. На варианте грунта отвальной породы взшедшие растения погибли.

Таблица 3

**Ферментативная активность грунта отвальной породы
при выращивании донника**

№ п/п	Варианты опыта	Активность ферментов							
		Каталаза, мл О ₂ /мин		Дегидрогеназа, мг ТТХ/ 10 г за сут		Полифенолоксидаза, мг 1,4-п-бензохинона / 10 г за 30 мин		Пероксидаза, мг 1,4-п-бензохинона / 1,0 г за 30 мин	
		06.05	28.08	06.05	28.08	06.05	28.08	06.05	28.08
0	Зональная почва	3,2	–	4,5	–	1,5	–	11,4	–
1	ГО	0,9	1,2	0	0	4,8	4,6	15,0	17,3
2	ГО+НПК	0,9	1,7	1,2	1,5	1,8	2,4	9,3	10,8
3	ГО+ОМУ, 25 т/га	0,9	1,5	15,5	3,8	1,0	2,9	10,4	13,3
4	ГО+ОМУ, 50 т/га	0,8	1,1	20,3	7,4	0,9	0,3	12,1	8,4

Заключение

Достаточное количество осадков, равнинный, слабовсхолмленный характер рельефа, лессовидность и карбонатность пород, лугово-степная растительность с примесью березово-осиновых лесов – все это создает условия для образования в пределах Краснобродского угольного разреза почв черноземного типа. Исследованные фоновые черноземы по гранулометрическому составу относятся к тяжелосуглинистым иловато-крупнопылеватым разновидностям. По содержанию и запасам гумуса их можно отнести к среднегумусным, однако в целом они характеризуются более выраженным гумусонакоплением и несколько большей мощностью гумусового горизонта по сравнению с аналогичными почвами центральной части Западно-Сибирской равнины. Фоновые почвы угольного разреза Краснобродский являются потенциально плодородными. Они характеризуются достаточно высоким содержанием валового азота и фосфора и сравнительно низким содержанием доступных для растений и микроорганизмов соединений азота, фосфора и калия.

Показано, что грунт отвала Краснобродского угольного разреза характеризуется удовлетворительными агрохимическими свойствами, не содержит фитотоксичных веществ, серьезно препятствующих развитию растительности. Однако даже после 20-летнего естественного преобразования субстрата отвала на его поверхности не сформировался ни растительный, ни почвенный покров. В связи с этим для улучшения экологического состояния территории необходимо проведение рекультивационных мероприятий.

В полевом опыте, организованном с целью создания условий для ускоренной биологической рекультивации угольных отвалов, показано, что использование торфяного препарата ОМУ обеспечило активизацию биологических процессов: по окончании вегетационного периода возросла численность микроорганизмов, потребляющих органические и минеральные формы азота, сахаролитических грибов и разрушителей целлюлозы. При наличии высокой полифенолоксидазной и пероксидазной активности самого грунта отвальной породы и высокой дегидрогеназной активности, обусловленной внесением ОМУ, создаются условия для реакций поликонденсации окисленных фенольных соединений и продуктов дегидрирования низкомолекулярных соединений с образованием первичной структуры гумуса. Активация биологических процессов на вариантах с использованием ОМУ обеспечила рост и развитие культуры донника.

Литература

1. *Курачев В.М.* Рекультивация почв техногенных ландшафтов: проблемы и перспективы исследований // Вестник с.-х. науки. 1994. № 1. С. 98–104.
2. *Трофимов С.С., Таранов С.А.* Особенности почвообразования в техногенных экосистемах // Почвоведение. 1987. № 11. С. 95–99.
3. *Зонн С.В., Травлев А.П.* Географо-генетические аспекты почвообразования, эволюции и охраны почв. Киев: Наукова думка, 1989. 216 с.
4. *Экология и рекультивация техногенных ландшафтов.* Новосибирск: Наука, 1992. 305 с.
5. *Курачев В.М., Андроханов В.А.* Классификация почв техногенных ландшафтов // Сиб. экол. журн. 2002. № 3. С. 255–261.
6. *Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М.* Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 151 с.
7. *Качинский Н.А.* Механический и микроагрегатный состав почвы. Методы его изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 188 с.
8. *Арицушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 478 с.
9. *Методы почвенной микробиологии и биохимии* / Под ред. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
10. *Хазиев Ф.Х.* Ферментативная активность почв. М.: Наука, 1976. 179 с.
11. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1968. 336 с.
12. Патент. 2282607 РФ, МПК С05G 1/00 «Органоминеральное удобрение» / Алексеева Т.П., Сысоева Л.Н., Трунова Н.М., Бурмистрова Т.И. Оpubл. 27.08.06 г.
13. *Середица В.П.* Особенности почвообразования и свойства почв техногенных ландшафтов Кузнецкой котловины // Природные условия, история и культура Западной Монголии и сопредельных регионов: Материалы V11 Междунар. конф. 19–23 сентября 2005 г. Кызыл: Тув. ИКОПР СО РАН, 2005. Т. 1. С. 286–289.

14. Хмелев В.А. Лессовые черноземы Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1988. 201 с.
15. Хмелев В.А., Танасиенко А.А. Черноземы Кузнецкой котловины. Новосибирск: Наука. 1983. 256 с.
16. Горшенин К.П. Почвы южной части Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 592 с.
17. Базилевич Н.И. Геохимия почв содового засоления. М.: Наука, 1965. 351 с.
18. Богданов Н.И. Особенности почвенного покрова и эволюция почв Западной Сибири. Омск, 1977. 60 с.
19. Елизарова Т.Н., Казанцев В.А., Магаева Л.А., Устинов М.Т. Эколого-мелиоративный потенциал почвенного покрова Западной Сибири. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999. 240 с.
20. Чижикова Н.П., Градусов Б.П., Травникова Л.С. Минералогический состав глинистого материала почв // Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Новосибирск: Наука, 1974. Т. 1. С. 159–183.