

УДК 631.484

## БИОРЕМЕДИАЦИЯ УГОЛЬНЫХ ОТВАЛОВ КУЗБАССА ПРИ ПОМОЩИ ПРОДУКТОВ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФА

<sup>1</sup>Терещенко Н.Н., <sup>2</sup>Писарчук А.Д., <sup>1</sup>Алексеева Т.П., <sup>1</sup>Бурмистрова Т.И.

<sup>1</sup>ГНУ «Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа Россельхозакадемии», Томск, e-mail: sibniit@mail.tomsknet.ru;

<sup>2</sup>ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Томск, e-mail: dipoil@mail.ru

Исследовали эффективность применения продуктов глубокой переработки торфа (препарата оксигумат и торфяного мелиоранта) для ускорения процессов первичного почвообразования на отвале вскрышных пород угольного разреза в Кемеровской области. Однократное применение мелиорирующих продуктов в сочетании с высевом бобовых культур и многолетних трав за 4 года наблюдений способствовало инициированию в грунте процессов гумусообразования, что отразилось в увеличении в составе органического вещества грунта доли легко- и среднеокисляемых фракций. Внесение в составе торфяного мелиоранта свежего органического вещества способствовало росту численности микроорганизмов, участвующих в поддержании циклов азота и углерода. Высокая численность микроорганизмов-аммонификаторов в вариантах с внесением торфяных мелиорантов обеспечила усиление активности целлюлозолитической микрофлоры, осуществляющей трансформацию поступающей в грунт отмершей растительной биомассы. Усиление микробиологической активности грунта способствует повышению дегидрогеназной, полифенол- и пероксидазной активности грунта, что, в свою очередь, создает условия для активного течения реакций поликонденсации окисленных фенольных соединений и продуктов дегидрирования органических соединений с образованием первичных структур гумуса.

**Ключевые слова:** биоремедиация, грунт отвала угольных разрезов, торфяной мелиорант, оксигумат, углерод лабильного органического вещества, микробиологическая и ферментативная активность

## BIOREMEDIATION OF COAL DUMPS IN KUZBASS REGION WITH USING THE PRODUCTS OF DEEP PEAT PROCESSING

<sup>1</sup>Tereshchenko N.N., <sup>2</sup>Pisarchuk A.D., <sup>1</sup>Alekseeva T.P., <sup>1</sup>Burmistrova T.I.

<sup>1</sup>Siberian Research Institute of Agriculture and Peat of Russian Academy of Agricultural Sciences, Tomsk, e-mail: sibniit@mail.tomsknet.ru;

<sup>2</sup>National Research Tomsk State University, Tomsk, e-mail: dipoil@mail.ru

We have investigated the effectiveness of products of deep peat processing (preparation oksigumat and peat ameliorant) to accelerate the processes of soil formation on primary overburden dumps of coal mine in the Kemerovo region. Single application of ameliorating products combined with sowing legumes and perennial grasses within 4 years of observations contributed to the initiation of humification processes in the ground which is reflected in the increase in the proportion of light and medium oxidized fractions of organic matter. Adding fresh organic substances composed of peat ameliorant contributed to the growth of microorganisms involved in maintaining nitrogen and carbon cycles. The high number of ammonifying microorganisms in variants with the introduction of peat ameliorant provided increase of activity of cellulolytic microflora, performing transformation of dead plant biomass coming to the ground. Enhancing of soil microbial activity is accompanied by increased dehydrogenase, polyphenol and peroxidase activity of the ground, which, in turn, creates the conditions for the polycondensation reaction of oxidized phenolic compounds and products of dehydrogenation of organic compounds with the formation of the primary structures of humus.

**Keywords:** bioremediation, overburden dumps of coal mine, peat ameliorant, oksigumat, carbon of labile organic matter, microbiological and enzymatic activity

Одной из наиболее актуальных проблем угледобывающей отрасли является необходимость восстановления нарушенных при добыче угля ландшафтов. В Российской Федерации наибольшая доля нарушенных земель приходится на Кемеровскую область, где преимущественно используется открытый способ добычи угля. Вынос на поверхность больших объемов глубинных горных пород приводит к значительному изменению рельефа: образуются техногенные отвалы и карьерные выемки, депрессионные воронки, понижается уровень грунтовых вод [5, 7].

Грунт отвальной породы, как правило, характеризуется высокой каменистостью,

незначительным содержанием мелкоземных фракций и очень низкой биологической активностью, что существенно затрудняет проведение рекультивационных мероприятий. В соответствии с широко применяемыми в мировой практике теоретическими основами восстановления техногенно-нарушенных земель, главной задачей рекультивации угольных отвалов является инициирование почвообразовательных процессов и создание устойчивых фитоценозов [14, 15]. Как известно, одними из ведущих факторов почвообразования являются растения и сопутствующие им микробные сообщества, первоначально стимулирующие

рост растений, а по завершении вегетационного периода трансформирующие поступающие в грунт отмершие растительные остатки в гумусовые вещества за счет продуцирования комплекса активных ферментов. Велика также роль микроорганизмов в разрушении горных пород и переводе их в мелкозем.

Одним из распространенных способов восстановления угольных отвалов является высаживание древесной растительности, способной механически закреплять грунт даже на довольно крутых склонах [8, 13]. Однако при фиторемедиации угольных отвалов Кузбасса, как правило, возникает проблема с влагообеспечением из-за низкого среднегодового количества осадков и высокой порозности почв в данном регионе. Вероятным путем преодоления данной проблемы может стать использование в качестве влагоудерживающего и противозерозионного напочвенного субстрата продуктов глубокой переработки торфа, создающих благоприятные физико-химические условия для роста и развития высаживаемых растений. Внесение в составе торфосодержащего субстрата дополнительного источника органического вещества будет также способствовать возрастанию микробиологической активности грунта, что в целом ускорит процессы восстановления почвенного покрова [11].

Основной целью исследований, представленных в данной статье, было изучение влияния продуктов комплексной переработки торфа (оксигумата и торфяного мелиоранта) на характер и интенсивность процессов первичного почвообразования в грунте отвала угольного карьера.

### Материалы и методы исследования

Эффективность применения продуктов переработки торфа для стимулирования процессов первичного почвообразования в грунте угольного отвала исследовали в многолетнем полевом опыте, заложенном на территории восточного разреза «Краснобродский» Кемеровской области на делянках площадью 1 м<sup>2</sup> в 4-кратной повторности [4].

Полевой опыт включал следующие варианты:

Контроль – грунт отвала.

1. Грунт отвала + полное минеральное удобрение (NPK).

2. Грунт отвала + торфяной мелиорант (25 т/га).

3. Грунт отвала + торфяной мелиорант (50 т/га).

4. Грунт отвала + NPK + предпосевная обработка семян и вегетирующих растений оксигуматом.

Жидкий гуминовый препарат оксигумат был получен методом перекисно-аммиачного гидролиза торфа в присутствии катализатора (CoSO<sub>4</sub>) при температуре 125–130 °С [10]. Используемый в опыте торфяной мелиорант представляет собой органоминеральное удобрение, полученное на основе отхода производства оксигумата, содержащее твердый оста-

ток гидролиза торфа, обогащенный азотными, фосфорными и калийными минеральными солями, отличающийся нейтральными значениями pH.

Все варианты полевого опыта были выровнены по минеральному фону. Дозы минеральных удобрений (1,8 ц/га аммиачной селитры, 3 ц/га суперфосфата и 1,5 ц/га калия сернокислого), внесенных как в чистом виде, так и в составе торфяного мелиоранта, рассчитывались, исходя из потребностей высеваемых многолетних трав. В первый год исследований во всех вариантах опыта был произведен посев донника (*Melilotus albus*), способного обогащать почву азотом, усваивать питательные вещества из труднорастворимых соединений породы и формировать высокий урожай зеленой массы. В последующие годы проводили посев люцерны посевной (*Medicago sativa*) и смеси многолетних трав, включающей ежу сборную (*Dactylis glomerata*), костер безостый (*Bromus inermis*) и эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria*).

Образцы грунта отвала для химического и микробиологического анализов отбирались дважды за вегетационный сезон (в мае и в сентябре) с глубины 0–10 см. Определение углерода общего и лабильного органического вещества проводилось по Тюрину в соответствии с ГОСТ 26213-91. Для определения качественного состава органического вещества использовали метод Попова и Цыпленкова, основанный на разной устойчивости компонентов органического вещества к действию окислителей [1]. Ферментативную активность грунта определяли по методике [12]. Микробиологический анализ включал в себя определение аммонификаторов на среде МПА, микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, и актиномицетов – на КАА, целлюлозоразрушающих микроорганизмов – на среде Гетчинсона–Клейтона, сахаролитических грибов – на среде Чапека [9].

### Результаты исследования и их обсуждение

Одним из ведущих факторов инициации первичных почвообразовательных процессов на поверхности отвалов является накопление и трансформация органического вещества. Поскольку органическое вещество грунта отвальной породы представлено в основном углистыми частицами, дополнительное образование органического вещества на поверхности отвала возможно только за счет разложения растительных остатков. Согласно результатам полевого опыта формирование устойчивого травостоя на поверхности отвала оказалось возможным только при использовании мелиорирующих композиций – торфяных мелиорантов (ТМ). В контрольном варианте без применения ТМ многолетние травы, высеваемые каждую весну, всходили и погибали. Из-за отсутствия растительности в грунте контрольного варианта на всем протяжении периода наблюдений изменений в содержании углерода лабильного органического вещества (C<sub>лов</sub>) отмечено не было. В вариантах опыта с использованием торфяных мелиорантов, напротив, было отмечено достоверное увеличение

содержания  $C_{\text{ЛОВ}}$ . При этом наибольшее количество  $C_{\text{ЛОВ}}$  (15,5% от  $C_{\text{ОБЩ}}$ ) было обнаружено в варианте с использованием максимальной дозы ТМ уже в конце 1-го вегетационного периода (табл. 1). В вариантах с использованием NPK и оксигумата содержание  $C_{\text{ЛОВ}}$  в этот период незначительно отличалось от

контрольного варианта (2,5–2,9% от  $C_{\text{ОБЩ}}$ ). Однако к концу 2-го года из-за выраженного стимулирующего воздействия на растения оксигумата и минеральных удобрений в данных вариантах наблюдалось заметное увеличение доли  $C_{\text{ЛОВ}}$  от общего количества органического вещества в грунте.

Таблица 1

Влияние торфяных мелиорантов, оксигумата и минеральных удобрений на содержание  $C_{\text{ЛОВ}}$  в грунте отвала

Вариант опыта	2007 г.	2008 г.	2009 г.			2010 г.				
	$C_{\text{ЛОВ}}, \%$ от $C_{\text{ОБЩ}}$	$C_{\text{ЛОВ}}, \%$ от $C_{\text{ОБЩ}}$	$C_{\text{ЛОВ}}, \%$ от $C_{\text{ОБЩ}}$	$C_{\text{ЛОК}}$	$C_{\text{СОК}}$	$C_{\text{ТОК}}$	$C_{\text{ЛОВ}}, \%$ от $C_{\text{ОБЩ}}$	$C_{\text{ЛОК}}$	$C_{\text{СОК}}$	$C_{\text{ТОК}}$
Контроль	2,0	1,8	1,8	6,9	19,5	73,6	1,7	8,5	19,1	72,4
1. NPK	2,9	7,9	–	9,8	21,9	68,3	7,1	23,8	24,1	52,1
2. ТМ (25 т/га)	9,9	10,2	14,8	18,0	22,6	58,3	10,9	31,3	37,2	31,4
3. ТМ (50 т/га)	15,5	12,3	16,4	22,8	25,5	51,7	12,6	27,3	27,2	45,5
4. NPK + обработка оксигуматом	2,5	8,3	–	15,0	19,8	65,6	6,2	30	16,0	54,0

Примечание.  $C_{\text{ЛОК}}$  – легкоокисляемая фракция орг. вещества;  $C_{\text{СОК}}$  – среднеокисляемая фракция орг. вещества;  $C_{\text{ТОК}}$  – трудноокисляемая фракция орг. вещества (% от  $C_{\text{ОБЩ}}$ ).

Образующееся на поверхности угольного отвала органическое вещество претерпевало также и качественные изменения. Через 4 года наблюдений в вариантах с использованием ТМ по сравнению с вариантом, где использовался оксигумат, суммарная доля легкоокисляемой и среднеокисляемой групп органического вещества оказалась заметно выше (68,6–54,4% против 46,0%), а трудноокисляемой, напротив, ниже (31,0–45,0% против 54,0%). Это связано, по всей вероятности, с активным разложением растительных остатков в вариантах с использованием ТМ и частичной деградацией углистых частиц, приводящим к накоплению первичных структур гумуса. Согласно данным В.Г. Двуреченского [3], в процессе развития первичного почвообразования в составе органического вещества эмбриоземов, формирующихся на отвалах угольных разрезов, наблюдается закономерное уменьшение доли негидролизующего остатка и возрастание количества лабильного гумуса. В соответствии с этим более заметное уменьшение доли трудноокисляемых фракций органического вещества грунта отвала в вариантах с применением ТМ и возрастание доли лабильного гумуса свидетельствует о более активном по сравнению с контролем и вариантами без ТМ протекании процессов первичного почвообразования.

Полученные закономерности подтверждаются результатами микробиологического анализа: максимальная численность микроорганизмов, потребляющих как органические, так и минеральные источники азота, на протяжении всего периода наблюдений отмечалась в вариантах с внесением ТМ. Причем, как видно из рис. 1, численность аммонификаторов напрямую обусловлена внесением доступного органического вещества в составе ТМ. Минимальная численность данных групп микроорганизмов на протяжении всего периода наблюдений фиксировалась в контроле. В варианте с использованием оксигумата и минеральных удобрений численность данных групп микроорганизмов была несколько ниже, но все же значительно выше, чем в контроле (рис. 1 а, б).

Несмотря на то, что внесение ТМ способствовало 4–6-кратному росту численности аммонификаторов и почти 10–15-кратному увеличению количества микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, уже к концу 3-го года наблюдений было отмечено резкое снижение микробиологической активности, что, очевидно, обусловлено исчерпанием ресурса внесенного в грунт органического вещества в составе ТМ, и для дальнейшего стимулирования микробиологических процессов необходимо повторное внесение торфяного мелиоранта.

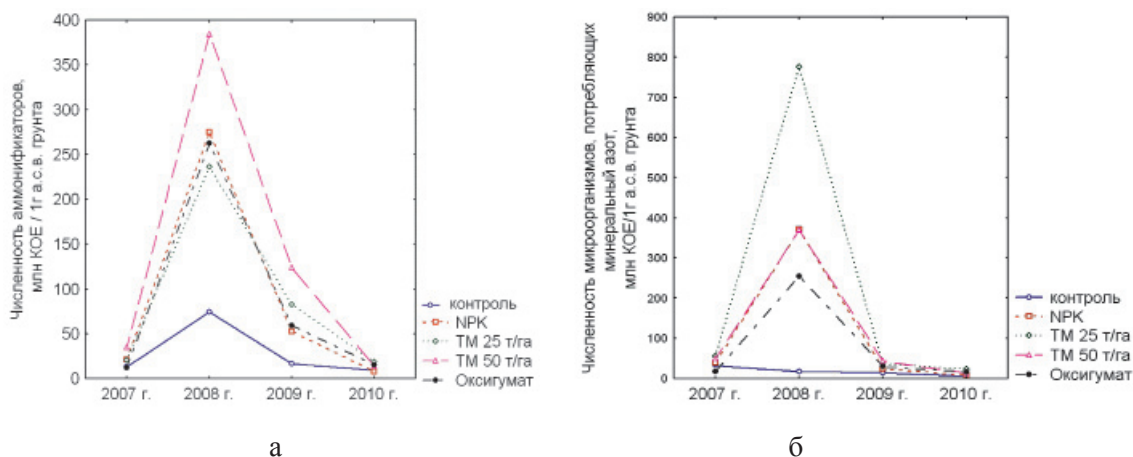


Рис. 1. Влияние различных доз торфяного мелиоранта, а также оксигумата на динамику численности аммонификаторов (а) и микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота (б), в грунте вариантов опыта

В вариантах с использованием торфяных мелиорантов на протяжении всех 4-х вегетационных периодов также была отмечена и более высокая численность сахаролитических грибов – основных потребителей продуктов деструкции растительных остатков

при максимальном уровне активности каталазы, что свидетельствует о более высокой скорости протекания окислительно-восстановительных процессов, сопровождающих трансформацию труднодоступных органических соединений (рис. 2).

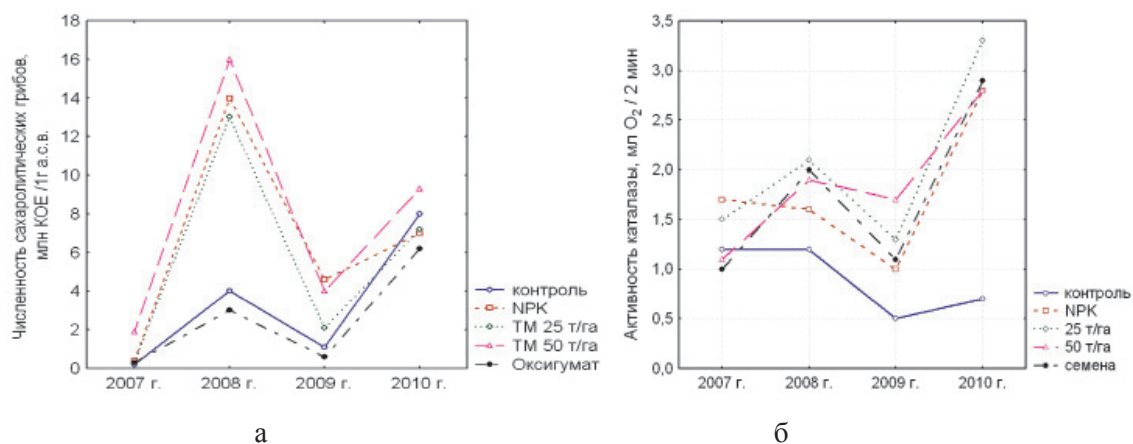


Рис. 2. Динамика по годам численности сахаролитических грибов и активности каталазы в вариантах опыта

В целом все исследуемые варианты опыта отличались невысокой численностью разрушителей целлюлозы (рис. 3, а). Причем основу целлюлозолитического микробного сообщества (98% от общей численности) составляли актиномицеты (рис. 3, б). Низкая доля в составе целлюлозолитического сообщества миксобактерий – наиболее активных деструкторов целлюлозы, вероятнее всего, связана как с недостатком в грунте минерального азота, так и с дефицитом легкодоступного органического вещества. Не случайно максимальные значения численности разрушителей целлюлозы на всем протяже-

нии наблюдений фиксировались именно в вариантах с внесением источников азота как в составе 50 т/га ТМ, так и в составе полного минерального удобрения. Однако нужно отметить, что во все сроки наблюдений численность миксобактерий в вариантах с использованием ТМ (7,1–11,4 тыс. КОЕ/1 г грунта) была выше, чем в контроле (1,2–4,0 тыс. КОЕ/1 г грунта).

Примечательно, что пик численности разрушителей целлюлозы пришелся на 3-й год наблюдений, тогда как максимум активности аммонификаторов и микроорганизмов, усваивающих минеральный азот, – на 2-й год после внесения ТМ. Данный факт



является дополнительным подтверждением ранее высказанного предположения о тесной зависимости между активностью микробной деградации лигноцеллюлозного комплекса поступающих в грунт раститель-

ных остатков, а также органического вещества самих торфяных мелиорантов и аммонифицирующей микрофлорой, являющейся основным поставщиком доступного для разрушителей целлюлозы азота (рис. 1, а, 3, а).

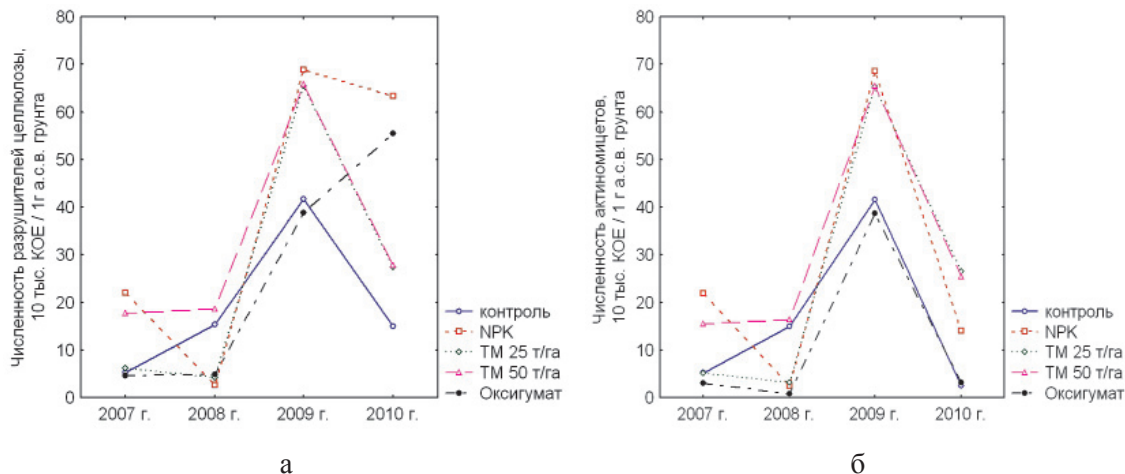


Рис. 3. Динамика по годам численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов (а) и актиномицетов (б) в грунте вариантов опыта

Как известно, почвообразовательные процессы протекают при обязательном участии ферментов, значительно увеличивающих скорость течения биохимических реакций. При этом среди различных классов ферментов важное место принадлежит окислительно-восстановительным, которые участвуют в том числе и в процессах «самоочищения» почв от экзогенных веществ, трансформируя, нейтрализуя, разрушая не свойственные почвам вещества, которые могут быть токсичными на начальных этапах трансформации органических веществ [6].

Активность каталазы во всех исследуемых вариантах опыта на протяжении 4-х вегетационных периодов находилась на низком уровне. Однако если по окончании 1-го и 2-го вегетационных периодов она незначительно различалась по вариантам опыта, то к окончанию 3-го и 4-го оказалась достоверно выше в вариантах с использованием торфяных мелиорантов. Активность дегидрогеназы в конце 1-го вегетационного периода была также низкой, а более высокие ее значения в вариантах с использованием ТМ можно объяснить присутствием в составе мелиоранта низкомолекулярных органических соединений, способных к дегидрированию. В конце последующих вегетационных периодов на контрольном варианте дегидрогеназная активность по-прежнему оставалась на минимальном уровне, в вариантах же с использованием ТМ она значительно выросла (табл. 2).

Максимальные значения полифенолоксидазной и пероксидазной активности в 1-й и 2-й вегетационные периоды были отмечены в контрольном варианте, без использования мелиорирующих композиций, что свидетельствует о процессе деградации самой угольной фракции, находящейся в грунте отвальной породы с образованием веществ фенольной природы, которые являются субстратом для данных ферментов. Более низкая в сравнении с контрольным вариантом активность этих ферментов в вариантах с использованием ТМ может быть связана с адсорбцией ферментов на частицах грунта при нарушении состояния равновесия в системе грунт-фермент, имеющем место при перекопке, внесении удобрений и торфяного мелиоранта (табл. 2).

К окончанию 3-го вегетационного периода во всех вариантах опыта было отмечено значительное снижение полифенолоксидазной активности. Активность пероксидазы также снизилась, что может быть обусловлено значительной ролью пероксидаз в активировании перекисей, участвующих в окислении полифенолов. Поэтому низкая активность каталазы в этот вегетационный период на всех вариантах опыта обуславливает также невысокую активность пероксидазы. К окончанию 4-го года наблюдений пероксидазная активность, как и ранее, оставалась практически одинаковой как в вариантах с использованием торфяных мелиорантов, обеспечивающих рост

и развитие растений, так и в контроле, где высеваемые травы гибли. Поэтому можно предположить, что пероксидазная активность не связана напрямую с ростом и развитием растений, и единственным источником субстрата для пероксидазы являются, вероятно, включения угля, присутствующего в отвальной породе, который подвергается деградации под действием внешних факторов (температура, влага, солнечная

радиация) с образованием полифенолов (табл. 2). Высокая дегидрогеназная, полифенол- и пероксидазная активность грунта в вариантах с использованием торфяных мелиорантов создают условия для активного течения реакций поликонденсации окисленных фенольных соединений и продуктов дегидрирования органических соединений с образованием первичных структур гумуса [2].

**Таблица 2**

Динамика по годам активности ферментов в грунте вариантов опыта

Вариант опыта	Год исследования	Ферменты			
		Каталаза, мл O <sub>2</sub> /2 мин	Дегидрогеназа, мг трифенилформазана /10 г за сутки	Полифенолоксидаза, 1,4-п-бензохинона /10 г за 30 мин	Пероксидаза, 1,4-п-бензохинона/10 г за 30 мин
1. Контроль	2007	1,2 ± 0,03	0	4,6 ± 1,2	17,3 ± 3,6
	2008	1,2 ± 0,03	2,9 ± 0,1	7,9 ± 3,0	51,3 ± 13,9
	2009	0,5 ± 0,03	0,5 ± 0,06	0	6,2 ± 1,4
	2010	0,7 ± 0,04	1,7 ± 0,09	0,5 ± 0,07	16,1 ± 6,7
2. NPK	2007	1,7 ± 0,07	1,5 ± 0,07	2,4 ± 0,09	10,8 ± 3,7
	2008	1,6 ± 0,08	8,5 ± 1,3	5,7 ± 0,07	11,0 ± 2,1
	2009	1,0 ± 0,02	8,9 ± 2,0	0,1 ± 0,02	5,8 ± 1,1
	2010	2,8 ± 0,6	34,5 ± 6,3	11,0 ± 1,4	16,2 ± 6,6
3. ТМ, 25 т/га	2007	1,5 ± 0,08	3,8 ± 0,9	2,9 ± 0,05	13,3 ± 2,8
	2008	2,1 ± 0,09	11,1 ± 2,1	8,3 ± 0,09	12,8 ± 3,3
	2009	1,3 ± 0,04	19,4 ± 6,1	0,1 ± 0,01	5,8 ± 0,8
	2010	3,3 ± 0,2	37,4 ± 8,8	13,6 ± 1,6	22,9 ± 5,3
4. ТМ, 50 т/га	2007	1,1 ± 0,09	7,4 ± 1,5	0,3 ± 0,05	8,4 ± 2,0
	2008	1,9 ± 0,1	24,5 ± 5,3	5,3 ± 0,8	23,8 ± 9,6
	2009	1,7 ± 0,1	21,7 ± 6,1	0,5 ± 0,04	5,2 ± 1,0
	2010	2,8 ± 0,07	39,7 ± 3,9	7,5 ± 0,9	21,5 ± 7,2
5. NPK + обработка оксигуматом	2007	1,0 ± 0,03	0,2 ± 0,07	1,0 ± 0,03	5,2 ± 0,8
	2008	2,0 ± 0,02	25,5 ± 4,1	7,5 ± 1,4	13,8 ± 2,2
	2009	1,1 ± 0,04	10,7 ± 2,1	0,3 ± 0,06	5,5 ± 0,7
	2010	2,9 ± 0,3	38,2 ± 11,5	7,7 ± 1,3	20,7 ± 3,2

**Заключение**

Таким образом, отмеченное в течение нескольких лет наблюдений увеличение микробиологической и ферментативной активности грунта, а также качественные изменения в составе органического вещества формируемого эмбриозема, в частности, увеличение доли легкоразлагаемого лабильного органического вещества, свидетельствует о перспективности применения торфяных мелиорантов для повышения эффективности биоремедиации грунта отвала угольных карьеров.

**Список литературы**

1. Авад А.Р., Донских И.Н., Мязин Н.Г. Метод хемотекстурного фракционирования для оценки качественно-

го состава органического вещества черноземов // Агробиохимический вестник. – 2008. – № 2. – С. 8–10.

2. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы трансформации. – Л.: Наука. – 1980. – 510 с.

3. Двуреченский В.Г. Групповой состав железа и гумуса в почвах техногенных ландшафтов Кузбасса // Сибирский экологический журнал, 2009. – № 2 – С. 171–177.

4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1968 – 351 с.

5. Захаров А.П. Практика биологической рекультивации в Кузбассе // Рекультивация нарушенных земель в Сибири. – Кемерово. – 2005. – вып. 1. – С. 86–89.

6. Исмаилов Н.М. Микробиология и ферментативная активность нефтезагрязненных почв // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 42–56.

7. Красавин А.П. Защита окружающей среды в угольной промышленности. – М.: Недра, 1991. – 221с.

8. Махнев А.К., Махнева Н.Е. Ландшафтно-экологические и популяционные аспекты стратегии восстановления

нарушенных земель // Сибирский экологический журнал. – 2010. – № 3. – С. 453–459

9. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.

10. Патент РФ 2282607, МПК C05G 1//00 «Органоминеральное удобрение» / Алексеева Т.П., Сысоева Л.Н., Трунова Н.М., Бурмистрова Т.И. Оpubл. 27.08.06 г.

11. Середина В.П., Андроханов В.А., Алексеева Т.П., Сысоева Л.Н., Бурмистрова Т.И., Трунова Н.М. Экологические аспекты биологической рекультивации техногенных систем Кузбасса // Вестник Томского государственного университета. Биология. – Томск: Изд-во ТГУ, 2008. – № 2(3). – С. 61–71.

12. Хазиев Ф. Х. Ферментативная активность почв. – М.: Наука, 1976. – 179 с.

13. Hazarika P., Talukdar N.C., Singh Y.P. Natural colonization of plant species on coal mine spoils at Tikak // Colliery, Assam Tropical Ecology. – 2006. – № 47(1). – P. 37–46.

14. Pikon K. Recultivation of mining waste dumps – environmental aspects // 8th International Scientific Conference – SGEM2008, Conference Proceedings, June 16–20. – 2008, – Vol. 1. – P. 773–780.

15. Strzyszcz Z. Recultivation and landscaping in areas after brown-coal mining in middle-east European countries // Water, Air, & Soil Pollution. – 1996, September. – Vol. 91. – Iss. 1–2. – P. 145–157.

### References

1. Avad A.R., Donskih I.N., Mjazin N.G. Metod hemodestrukcionnogo frakcionirovanija dlja ocenki kachestvennogo sostava organicheskogo veshhestva chernozemov, *Agrohimičeskij vestnik – Agrochemical Journal*, 2008, no 2, pp. 8–10.

2. Aleksandrova L.N. *Organicheskoe veshhestvo pochvy i processy transformacii* [Soil organic matter and transformation processes], L.: Nauka, 1980, 510 p.

3. Dvurechenskij V.G. Gruppovoj sostav zheleza i gumusa v pochvah tehnogennyh landshaftov Kuzbassa, *Sibirskij jekologičeskij zhurnal – Siberian Ecological Journal*, 2009, no 2, pp. 171–177.

4. Dosphehov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Technique of field experience], Moscow, 1968, 336 p.

5. Zaharov A.P. Praktika biologičeskoj rekul'tivacii v Kuzbasse, *Rekul'tivacija narushennyh zemel' v Sibiri. Kemerovo – Reclamation of disturbed lands in Siberia. Kemerovo*, 2005, no.1, pp. 86–89.

6. Ismailov N.M. Mikrobiologija i fermentativnaja aktivnost' neftezagrijazennyh pochv, Vosstanovlenie neftezagr-

jazennyh pochvennyh jekosistem – Restoration of the petropolluted soil ecosystems, Moscow, 1988, pp. 42–56.

7. Krasavin A.P. Zashhita okruzhajushhej sredy v ugol'noj promyshlennosti [Environmental protection in the coal industry], Moscow, 1991, 221 p.

8. Mahnev A.K., Mahneva N.E. Landshaftno-jekologičeskije i populjacionnye aspekty strategii vosstanovlenija narushennyh zemel', *Sibirskij jekologičeskij zhurnal – Siberian Ecological Journal*, 2010, no 3, pp. 453–459.

9. *Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii* [Methods of soil microbiology and biochemistry], pod red. Zvjaginčeva, Moscow, 1991, 304 p.

10. Seredina V.P., Androhanov V.A., Alekseeva T.P., Sysoeva L.N., Burmistrova T.I., Trunova N.M. Jekologičeskije aspekty biologičeskoj rekul'tivacii tehnogennyh sistem Kuzbassa, *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologija. Tomsk – Tomsk State University Journal of Biology*, Izd-vo TGU, 2008, no 2(3), pp. 61–71.

11. Alekseeva T.P., Sysoeva L.N., Trunova N.M., Burmistrova T.I. Organomineral'noe udobrenie. Patent RF 2282607 МПК S05G 1//00. 27.08.06 g.

12. Haziev F.H. *Fermentativnaja aktivnost' pochv* [Enzymatic activity of soils], Moscow, 1976, 179 p.

13. Hazarika P., Talukdar N.C., Singh Y.P. Natural colonization of plant species on coal mine spoils at Tikak, *Colliery, Assam Tropical Ecology*, 2006, no 47(1), pp. 37–46.

14. Pikon K. Recultivation of mining waste dumps – environmental aspects, 8th International Scientific Conference – SGEM2008, Conference Proceedings, June 16–20, 2008, Vol. 1, pp. 773–780.

15. Strzyszcz Z. Recultivation and landscaping in areas after brown-coal mining in middle-east European countries, *Water, Air, & Soil Pollution*, 1996, September, V. 91, Iss. 1–2, pp. 145–157.

### Рецензенты:

Середина В.П., д.б.н., профессор кафедры почвоведения и экологии почв, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск;

Ульянова О.А., д.б.н., профессор кафедры почвоведения и агрохимии, ФГБОУ ВПО «Красноярский аграрный университет», г. Красноярск.

Работа поступила в редакцию 17.01.2014.