

## ПОЧВЕННО-ГЕОБОТАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ВОСТОЧНО-БЕЙСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 11-04-90821 моб\_ст).*

Дано геоботаническое описание растительности пробных площадок в северо-восточном, юго-восточном, восточном, северном, западном, южном и юго-западном направлениях от Восточно-Бейского каменноугольного месторождения. Представлена динамика изменения проективного покрытия в зависимости от различной степени удаленности (50, 100, 150, 300, 500 м) от ООО «Восточно-Бейский угольный разрез». Приведены некоторые химические показатели почв техногенных ландшафтов Восточно-Бейского каменноугольного месторождения, краткое описание отвалов исследуемой территории и проектные решения, направленные на охрану почв и рекультивацию земель.

**Ключевые слова:** рекультивация; техногенные ландшафты; геоботаническое описание; технологии рекультивации; отвалы вскрышных пород.

При современных темпах отчуждения земель в связи с добычей полезных ископаемых открытым способом и дефиците земельных ресурсов проблема рекультивации почв и создания техногенных культурных ландшафтов является весьма актуальной [1–5]. Технологии рекультивации предусматривают интенсивные работы по восстановлению гумусированного почвенного слоя, в частности нанесение на спланированную поверхность отвала снятых на горно-техническом этапе рекультивации земель, гумусово-аккумулятивных горизонтов целинных, залежных и пахотных почв. Реабилитация техногенных ландшафтов носит «разовый» характер в виде проведения различных мелиоративных мероприятий и внесения удобрений. В дальнейшем работы по их экологическому мониторингу практически не проводятся [6].

Однако при создании различных почвенных конструкций часто не учитываются возможные отдаленные последствия, которые могут возникнуть в связи с особенностями климата, литологии, гидрологии и прочими условиями почвообразования. В результате функционирования конструкций происходят существенные изменения физических свойств и процессов, протекающих в рекультивационном корнеобитаемом слое, и возникает ряд проблем, связанных с дальнейшей эволюцией таких конструкций. В связи с этим возникает актуальная необходимость изучения свойств и процессов в рекультивационных почвенных конструкциях, анализа их современного состояния и прогноза эволюции с учетом целевого назначения почвенной конструкции и особенностей конкретных условий. Существует ряд публикаций, посвященный этим почвам [7], но их свойства, режимы и экологические функции, тем не менее, мало изучены.

Нет сведений о характере трансформации свойств и режимов субстрата ПСП, используемого для формирования почв техногенных ландшафтов на этапах технологической цепочки, и его изменениях по мере прохождения этапов биологической рекультивации, поэтому экологическая эффективность такой технологии рекультивации остается не оцененной. Однако известны случаи возникновения неблагоприятных экологических и хозяйственных последствий, проявившихся после формирования почв техногенных ландшафтов. В связи с этим исследование процессов,

протекающих в почвах техногенных ландшафтов в течение всех циклов создания и развития, а также их геоботаническая характеристика являются весьма важными и технологической, и экологически оправданными задачами.

### Материалы и методы исследования

На территории Хакасии располагаются четыре месторождения Минусинского каменноугольного бассейна (Бейское, Черногорское, Изыхское, Аскизское), в пределах которых сосредоточено 5,3 млрд т угля, из них 3,6 млрд т пригодны для открытой добычи. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка республиканской программы комплексного освоения угольных ресурсов, а также изучение вопросов добычи, переработки углей и воздействия угольной промышленности на окружающую среду.

Угольное предприятие ООО «Восточно-Бейский разрез» ведет добычу каменного угля на Бейском месторождении Минусинского бассейна.

С 1991 г. начались вскрышные работы, а с 1993 г. – добыча угля. Добыча осуществляется открытым способом, т.е. вскрытием горных пород путем взрывов. Отвалы расположены в северо-восточном направлении, площадь их составляет 1 млн 850 тыс. м<sup>3</sup>, масса горной породы, сосредоточенной в отвалах, – 4 млн 366 т. Площадь карьера и рекультивируемых земель 58 га. Срок службы разреза с развитием и затуханием горных работ составляет 19 лет.

Промышленная угленосность Минусинского бассейна сосредоточена в основном в двух свитах верхнего и среднего карбона (черногорская и побережная) и в двух свитах нижней перми. Наиболее древние породы в районе месторождения представлены отложениями девона, трансгрессивно залегающими на размытой поверхности пород кембрийского складчатого фундамента. Они сложены континентальными красноцветными терригенными и частично эффузивно-осадочными образованиями, среди которых различаются маломощные пачки сероцветных лагунно-морских и морских карбонатных терригенных осадков.

Для уменьшения образования выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при добыче угля предприятие осуществляет ряд мероприятий:

- применение взрывных веществ с кислородным балансом, близким к нулю;
- применение комбинированной водяной забойки;
- орошение взорванной массы после взрыва;
- ограничение количества взрывов до одного раза в неделю;
- производство взрывных работ в часы максимальной ветровой активности и с учетом направления ветра [7].

В процессе работы методом выборочных проб и маршрутным методом проводились исследования почв техногенных ландшафтов. Химическая характеристика почв техногенных ландшафтов проводилась по общепринятым методикам [8].

### Результаты исследования и обсуждение

При формировании почв техногенных ландшафтов большое влияние оказывают:

- 1) твердые осадочные породы угленосной толщи – песчаники, алевролиты, аргиллиты, углистые аргиллиты;
- 2) обожженные коренные породы;
- 3) выветренные породы угленосной толщи;
- 4) песчано-глинистые рыхлые породы – четвертичные суглинки, супеси;
- 5) аллювиальные отложения – супеси, песок, гравий, галечник.

Основными источниками воздействия на окружающую среду при развитии горных пород являются:

- выбросы от технического оборудования в карьере;
- выбросы при ведении погрузочно-разгрузочных работ;
- выбросы при ведении взрывных и буровых работ.

Основными загрязняющими веществами являются: пыльная порода и угольная, относящаяся к 4-му классу опасности; окислы азота и углерода, сероводорода (от взрывных работ и горящих отвалов).

Специфические выбросы, такие как бенз(а)пирен, оксиды углерода, углеводороды и другие образуются при сжигании топлива автотранспортом.

Почвы техногенных ландшафтов характеризуется следующими свойствами:

- реакция почвенного раствора от нейтральной до щелочной (рН 7,1–8,5);
- содержание подвижных форм фосфора 0,75–2,1 мг на 100 г почвы;
- обменного калия 11–46 мг на 100 г почвы;
- содержание натрия 1,1–9,3 мг-экв/л;
- содержание карбонатов 1,4–9,3%.

По гранулометрическому составу они относятся к суглинкам.

Основанием внутренних отвалов являются наклонно залегающие слои крепких пород – песчаников и алевролитов. Прочность пород достаточно высокая.

Рассчитанные в работе параметры отвалов верны при условии, что отвалы отсыплются на прочное сухое основание, а потому обводнение основания отвалов недопустимо.

Ввиду низкого уровня атмосферных осадков дополнительных мероприятий по защите отвалов от атмосферных осадков не требуется.

Почвы вскрываемых площадей разреза представлены в основном каштановыми карбонатными тяжело- и среднесуглинистыми почвами, черноземами южными малогумусными, обычно солонцеватыми с укороченным гумусовым горизонтом. Средняя мощность гумусового горизонта 0,25 м.

На первой площадке в северо-восточном направлении определено два доминанта – щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.) и осот полевой (*Sonchus arvensis* L.). Общее проективное покрытие составляет 40%, растения представлены весьма обильно. На второй площадке доминируют полынь серая (*Artemisia glauca* Pall. ex Willd) и мятлик сибирский (*Poa sibirica*). Общее проективное покрытие 45%, растения представлены обильно. На третьей площадке доминируют козелец лучистый (*Scorzonera radiata*), донник лекарственный (*Melilotus officinalis* L.) и мятлик сибирский. Общее проективное покрытие 55%, растения представлены обильно за исключением мятлика сибирского, который встречался редко. На четвертой площадке доминируют чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.) и тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) [9]. Общее проективное покрытие составляет 60%, чина луговая встречалась довольно обильно, тысячелистник обыкновенный был представлен обильно (табл. 1).

В юго-восточном направлении первая площадка представлена двумя доминантами – щирицей запрокинутой и осотом полевым. Общее проективное покрытие составляет 44%, растения представлены весьма обильно. На второй площадке доминирует полынь серая. Общее проективное покрытие 50%, растение представлено обильно. На третьей площадке доминантами являются козелец лучистый и тысячелистник обыкновенный. Общее проективное покрытие 66%, козелец лучистый представлен обильно, тысячелистник обыкновенный – довольно обильно. На четвертой площадке доминирует эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria*). Общее проективное покрытие составляет 74%, растение представлено обильно (табл. 2).

Таблица 1

Геоботаническое описание растительности пробных площадок северо-восточного направления

Расстояние от источника воздействия, м	Доминант	Ярусность, балл	Высота, см	Проективное покрытие, %		Обилие	Стадия дигрессии
				видовое	общее		
50	Щирица запрокинутая	2	25	20	40	об <sup>3</sup>	5
	Осот полевой	1	30	30		об <sup>3</sup>	
150	Полынь серая	2	20	10	45	об <sup>2</sup>	5
	Мятлик сибирский	2	45	15		об <sup>2</sup>	
300	Козелец лучистый	3	15	45	55	об <sup>2</sup>	5
	Донник лекарственный	1	30	15		об <sup>2</sup>	
	Мятлик сибирский	2	53	8		Р	
500	Чина луговая	1	45	15	60	об <sup>1</sup>	4
	Тысячелистник обыкновенный	1	30	30		об <sup>2</sup>	

Геоботаническое описание растительности пробных площадок юго-восточного направления

Расстояние от источника воздействия, м	Доминант	Ярусность, балл	Высота, см	Проективное покрытие, %		Обилие	Стадия дигрессии
				видовое	общее		
50	Щирица запрокинутая	2	26	14	44	об <sup>3</sup>	5
	Осот полевой	1	20	30		об <sup>3</sup>	
150	Полынь серая	2	15	23	50	об <sup>2</sup>	5
300	Козелец лучистый	3	20	45	66	об <sup>2</sup>	4
	Тысячелистник обыкновенный	1	30	15		об <sup>1</sup>	
500	Эспарцет песчаный	1	35	22	74	об <sup>2</sup>	4

В восточном направлении первая площадка представлена двумя доминантами – щирицей запрокинутой и осотом полевым. Общее проективное покрытие составляет 48%, растения представлены обильно. На второй площадке доминируют полынь серая и мятлик сибирский. Общее проективное покрытие 60%, полынь серая представлена обильно, мятлик сибирский – довольно обильно. Третья

площадка представлена одним доминантом – крупкой перелесковой (*Draba nemorosa* L.). Общее проективное покрытие 65%, растение представлено обильно. На четвертой площадке доминируют пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.) и осот полевой. Общее проективное покрытие составляет 69%, пырей ползучий довольно обильно, а осот полевой встречался редко (табл. 3).

Таблица 3

Геоботаническое описание растительности пробных площадок восточного направления

Расстояние от источника воздействия, м	Доминант	Ярусность, балл	Высота, см	Проективное покрытие, %		Обилие	Стадия дигрессии
				видовое	общее		
50	Щирица запрокинутая	2	23	15	48	об <sup>2</sup>	5
	Осот полевой	1	35	10		об <sup>2</sup>	
150	Полынь серая	2	25	15	60	об <sup>2</sup>	4
	Мятлик сибирский	2	50	15		об <sup>1</sup>	
300	Крупка перелесковая	2	10	23	65	об <sup>2</sup>	3
500	Пырей ползучий	1	100	15	69	об <sup>1</sup>	2
	Осот полевой	1	90	5		р	

В северном направлении первая площадка представлена двумя доминантами: щирицей запрокинутой и осотом полевым. Общее проективное покрытие составляет 40%, щирица запрокинутая представлена весьма обильно, осот полевой – довольно обильно. На второй площадке доминируют полынь серая и пырей ползучий. Общее проективное покрытие 50%. Полынь серая встречается обильно, пырей ползучий – весьма обильно. Третья

площадка представлена доминантами: донник лекарственный, мятлик сибирский, эспарцет песчаный. Общее проективное покрытие 75%. Растения представлены довольно обильно, за исключением донника лекарственного, который представлен обильно. На четвертой площадке доминирует эспарцет песчаный. Общее проективное покрытие составляет 90%, эспарцет песчаный встречается весьма обильно (табл. 4).

Таблица 4

Геоботаническое описание растительности пробных площадок северного направления

Расстояние от источника воздействия, м	Доминант	Ярусность, балл	Высота, см	Проективное покрытие, %		Обилие	Стадия дигрессии
				видовое	общее		
50	Щирица запрокинутая	2	23	10	40	об <sup>3</sup>	5
	Осот полевой	1	25	28		об <sup>1</sup>	
150	Полынь серая	1	15	30	50	об <sup>2</sup>	5
	Пырей ползучий	1	65	20		об <sup>3</sup>	
300	Донник лекарственный	1	43	10	75	об <sup>2</sup>	4
	Мятлик сибирский	1	40	15		об <sup>1</sup>	
	Эспарцет песчаный	2	40	10		об <sup>1</sup>	
500	Эспарцет песчаный	2	80	22	90	об <sup>3</sup>	2

В западном направлении, на первой площадке, доминантами являются щирица запрокинутая, полынь серая и осот полевой. Общее проективное покрытие составляет 50%, растения представлены довольно обильно, за исключением щирицы запрокинутой, которая встречалась весьма обильно. На второй площадке доминируют крупка перелесковая и мятлик сибирский. Общее проективное покрытие 60%, крупка перелесковая представлена обильно, мятлик сибирский – весьма обильно. Третья

площадка представлена доминантами: донник лекарственный, тысячелистник обыкновенный. Общее проективное покрытие 65%. Донник лекарственный представлен обильно, тысячелистник обыкновенный встречается довольно обильно. На четвертой площадке доминируют чина луговая и клевер ползучий (*Trifolium repens* L.). Общее проективное покрытие составляет 69%. Чина луговая встречается довольно обильно, клевер ползучий представлен весьма обильно (табл. 5).

Геоботаническое описание растительности пробных площадок западного направления

Расстояние от источника воздействия, м	Доминант	Ярусность, балл	Высота, см	Проективное покрытие, %		Обилие	Стадия дигрессии
				видовое	общее		
50	Щирица запрокинутая	2	25	10	50	об <sup>3</sup>	5
	Осот полевой	1	30	20		об <sup>1</sup>	
	Полынь серая	1	15	13		об <sup>1</sup>	
150	Крупка перелесковая	3	7	15	60	об <sup>1</sup>	5
	Мятлик сибирский	1	50	20		об <sup>3</sup>	
300	Донник лекарственный	1	35	10	65	об <sup>2</sup>	4
	Тысячелистник обыкновенный	2	20	15		об <sup>1</sup>	
500	Клевер ползучий	5	35	15	69	об <sup>3</sup>	2
	Чина луговая	1	90	20		об <sup>1</sup>	

В южном направлении первая площадка представлена двумя доминантами: щирицей запрокинутой и осотом полевым. Общее проективное покрытие составляет 45%. Щирица запрокинутая представлена довольно обильно, осот полевой – обильно. На второй площадке доминируют полынь серая и козелец лучистый. Общее проективное покрытие 60%, растения представ-

лены весьма обильно. Третья площадка представлена мятликом сибирским. Общее проективное покрытие 69%. Растения представлены весьма обильно. На четвертой площадке доминируют донник лекарственный и донник белый (*Melilotus albus*). Общее проективное покрытие составляет 65%, растения на площадках представлены обильно (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Геоботаническое описание растительности пробных площадок южного направления

Расстояние от источника воздействия, м	Доминант	Ярусность, балл	Высота, см	Проективное покрытие, %		Обилие	Стадия дигрессии
				видовое	общее		
50	Щирица запрокинутая	2	25	30	45	об <sup>1</sup>	5
	Осот полевой	1	25	35		об <sup>2</sup>	
150	Полынь серая	2	25	15	60	об <sup>3</sup>	4
	Козелец лучистый	3	15	20		об <sup>3</sup>	
300	Мятлик сибирский	1	60	24	60	об <sup>3</sup>	3
500	Донник лекарственный	1	120	30	65	об <sup>2</sup>	2
	Донник белый	1	160	28		об <sup>2</sup>	

В северо-западном направлении на первой площадке доминантами также являются щирица запрокинутая и осот полевой. Общее проективное покрытие составляет 50%. Щирица запрокинутая встречалась довольно обильно, осот полевой был представлен обильно. На второй площадке доминируют полынь серая, козелец лучистый и тысячелистник обыкновенный. Общее проективное покрытие 60%, полынь серая представлена довольно обильно, козелец лучистый – весьма обильно,

тысячелистник обыкновенный – обильно. Третья площадка представлена доминантами: чина луговая, донник лекарственный. Общее проективное покрытие 65%. Чина луговая представлена весьма обильно, донник лекарственный встречался обильно. На четвертой площадке доминируют клевер ползучий, крупка перелесковая. Общее проективное покрытие составляет 74%, клевер ползучий представлен обильно, крупка перелесковая – довольно обильно (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Геоботаническое описание растительности пробных площадок северо-западного направления

Расстояние от источника воздействия, м	Доминант	Ярусность, балл	Высота, см	Проективное покрытие, %		Обилие	Стадия дигрессии
				видовое	общее		
50	Щирица запрокинутая	2	20	25	50	об <sup>1</sup>	5
	Осот полевой	1	30	30		об <sup>2</sup>	
150	Полынь серая	2	20	20	60	об <sup>1</sup>	4
	Козелец лучистый	3	20	26		об <sup>3</sup>	
	Тысячелистник обыкновенный	2	30	24		об <sup>2</sup>	
300	Чина луговая	1	60	15	65	об <sup>3</sup>	3
	Донник лекарственный	1	100	25		об <sup>2</sup>	
500	Клевер ползучий	3	38	15	74	об <sup>2</sup>	2
	Крупка перелесковая	3	25	10		об <sup>1</sup>	

По всем направлениям исследования среднее общее проективное покрытие на площадках в 50 м от санитарно-защитной зоны изменяется от 40 до 50%, в 150 м – от 45 до 60%, в 300 м – от 55 до 75% и 500 м – от 60 до 90%. Минимальное значение общего

проективного покрытия отмечено на 50 м в северном и северо-восточном направлениях (40%), а максимальное (90%) – на 500 м в северном направлении. На рис. 1 показано, что величина проективного покрытия напрямую зависит от удаленности разреза.

Северо-восточное и южное направления отличаются относительно низкими показателями проективного покрытия от остальных направлений исследования.

Самые высокие показатели общего проективного покрытия отмечались на площадках северного направления.

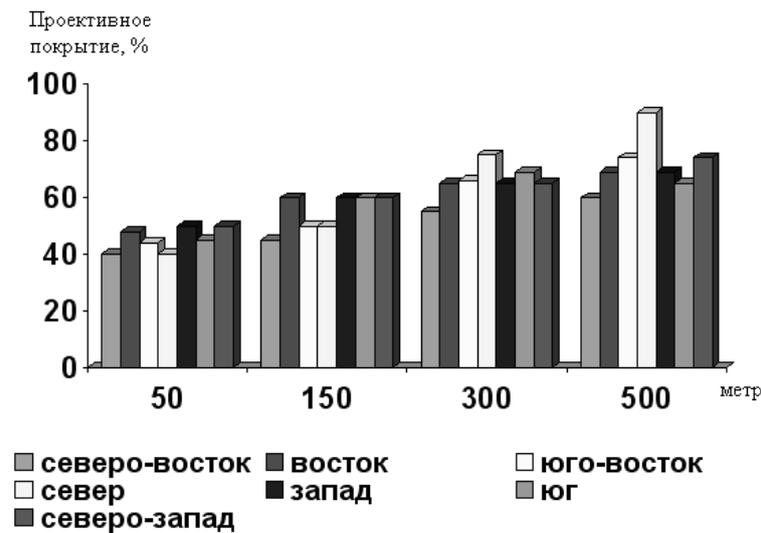


Рис. 1. Динамика изменения проективного покрытия в зависимости от удаления ООО «Восточно-Бейский разрез»

Загрязнение почвы возможно только вблизи дорог и отвалов, так как перенос взвешенных частиц на большие расстояния незначителен и им можно пренебречь. Специфических и вредных веществ, которые могли бы вымываться или выноситься из вскрышных пород, нет, кроме взвешенных частиц. Следовательно, отвалы не будут оказывать вредного воздействия на почвы.

При производстве горных работ предусмотрены следующие проектные решения, направленные на охрану почв и рекультивацию земель:

1. Снятие и складирование почвенно-растительного и потенциально плодородного слоев для последующей рекультивации.

2. Горно-техническая рекультивация сформированных отвалов. Общие требования по горно-технической рекультивации сводятся к планировочным работам по приведению рельефа в состояние, пригодное для последующей рекультивации под пашню или кормовые угодья.

3. Откосы отвалов и транспортные бермы оставляются под естественное самозарастание, остаточные выработки запаиваются вскрышными породами.

4. Биологическая рекультивация. Параметры рельефа согласно техническим условиям после выполнения технической рекультивации должны быть следующими: предельные уклоны для пашни – 3°, для кормовых угодий – 7°; допустимая глубина понижений для пашни – 0,1 м, для кормовых угодий – 0,15 м.

Самозарастание отвалов после горно-технической рекультивации в климатических условиях сухих степей является длительным процессом и с хозяйственной точки зрения себя не оправдывает. Кроме того, разрушающаяся поверхность отвалов становится источником загрязнения атмосферного воздуха пылью, газами эндогенных пожаров и в конечном итоге негативно влияет на окружающую среду.

Железнодорожные отвалы имеют более или менее выровненную поверхность, возвышаются над окружающей местностью на 10–20 м, редко выше. Обычно эти

отвалы характеризуются разнородным механическим сложением и агрохимическим составом.

Автоотвалы отличаются неопределенным рельефом в виде отдельных возвышений или же системы возвышений до определенной отметки в пределах 30–40 м и редко выше. Они имеют глубоко каменистое сложение и пестрый агрохимический состав.

Все указанные разновидности внешних отвалов не содержат гумуса, бесструктурны и, кроме гидроотвалов, крайне пестры по агрохимическим показателям.

Формирование растительного покрова отвалов зависит не только от агротехнического состава, но и от возраста окружающей растительности. Состав формирующихся фитоценозов позволяет судить о возможных путях использования заброшенной территории отвалных земель и скорости этого процесса.

Гидроотвалы вскрышных пород являются наиболее благоприятными для формирования растительного покрова. Они составлены глинами в смеси с почвой и имеют оптимальное увлажнение. Гидроотвалы характеризуются выровненными показателями pH, для вскрышных пород близкими к 6–7, для субстрата из надугольных пластов – до 3–4.

Формирование растительного покрова на гидроотвалах с обогатительных установок происходит очень медленно, так как породы надугольных пластов сильно засолены и в связи с этим неблагоприятны для заселения растениями.

Метод самозарастивания с экономической и экологической точек зрения является неэффективным и нецелесообразным.

## Заключение

В ходе геоботанического исследования было выявлено, что в непосредственной близости от источника загрязнения (50–150 м) произрастают синантропные растения (щирца запрокинутая) а в видо-

вом составе, по мере удаления от источника загрязнения, доминируют типичные представители разнотравно-злаковой луговой степи (пырей ползучий, донник белый).

В видовом составе фитоценозов на всех пробных площадках существенных различий нет. Доминантными видами на площадках 50 м являются щирца запрокинутая, осот полевой, на 150 м – полынь серая, мятлик сибирский; 300 м – крупка перелесковая. В 500 м на всех площадках, за исключением юго-западного, юго-

восточного и восточного направлений, донник лекарственный.

Обилие видов по всем направлениям равномерно повышается в зависимости от удаленности источника загрязнения. Жизненное состояние растений на площадках в 50–150 м от санитарно-защитной зоны по всем направлениям угнетенное, характеризующееся нехарактерным низким ростом, потемнением, пожелтением листовых пластинок, на 300–500 м у растений появляется более здоровый вид.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Андроханов В.А., Овсянникова С.В., Курачев В.М. Техноземы: свойства, режимы, функционирование. Новосибирск : Наука, 2000. 200 с.
2. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах: Экологическое значение почв. М., 1990.
3. Бурькин А.М. Некоторые теоретические вопросы рекультивации техногенных ландшафтов // Рекультивация земель, нарушенных горными работами на КМА. Воронеж : ВСХИ, 1985. С. 3–11.
4. Бурькин А.М., Засорина Э.В. Некоторые закономерности гумусонакопления и гумусообразования в молодых почвах техногенных экосистем КМА // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов. Новосибирск, 1989. Т. 1. С. 184–185.
5. Етеревская Л.В. Почвообразование и рекультивация земель в техногенных ландшафтах Украины : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Харьков, 1989.
6. Абакумов Е.В., Гагарина Э.И. Рекультивация земель в посттехногенных ландшафтах и физические свойства отвальных грунтов // Труды Всероссийской конференции «Фундаментальные физические исследования в почвоведении и мелиорации». М., 2003. С. 262–264.
7. Моторина Л.В. Естественное зарастание отвалов открытых разработок // Растительность и промышленное загрязнение : сб. науч. тр. Свердловск, 1970. Вып. 7. С. 118–122.
8. Ариушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв М. : Изд-во МГУ, 1970. 489 с.
9. Красноборов И.М. Определитель растений юга Красноярского края. Новосибирск : Наука, 1979. 670 с.

Статья представлена научной редакцией «Биология» 14 ноября 2012 г.