

УДК 631.4

doi: 10.17223/19988591/40/2

В.П. Середина¹, В.Г. Двуреченский², И.А. Пронина³, А.Н. Акинина¹

¹ *Национальный исследовательский*

Томский государственный университет, г. Томск, Россия

² *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

³ *Институт геологии и минералогии имени В.С. Соболева
СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

Вещественный состав эмбриоземов, формирующихся на отвалах железорудных месторождений юга Западной Сибири

Рассмотрены закономерности формирования техногенных почв на территории Одра-Башского железорудного месторождения, выявлены особенности морфологического строения, гранулометрического и петрографического составов, дана их минералогическая характеристика. В петрографическом отношении отвальные породы, на которых формируются эмбриоземы, представлены в основном клиноцоизитом и актинолитовым метасоматитом. Установлено, что главным первичным минералом эмбриоземов является кварц; второстепенные минералы представлены типичными пороодообразующими минералами Алтае-Саянской горной страны – гроссуляром (группа граната), козультитом (группа амфиболов); редкими минералами являются цеолит, гематит, слюды. Выявлено, что в эволюционном ряду техногенных почв содержание смектитовых минералов увеличивается от инициальных эмбриоземов к дерновым, что указывает на увеличение интенсивности структурообразовательных процессов в этом направлении. Установлено, что различия в вещественном составе почв естественных ландшафтов и почв, формирующихся на соответствующих геохимических позициях техногенных ландшафтов, расположенных в этой же зоне, обусловлены рядом факторов, среди которых ведущую роль играют особенности состава материнских пород, разновозрастность, обуславливающая разную степень развития профилей эмбриоземов, хаотичное распределение минералов, вызванное техногенным воздействием.

Ключевые слова: *техногенные ландшафты; эмбриоземы, петрографический состав; минералогическая характеристика.*

Введение

Основными источниками негативных изменений экологической обстановки в регионах юга Сибири выступают техногенные ландшафты, площадь которых составляет несколько сотен тысяч гектаров. В результате добычи железных руд и угля подземным и открытым способами на поверхность по-

чвы выносятся глубинные неплодородные породы (отвальные породы), в результате чего на значительных территориях происходит неупорядоченная трансформация почвенных горизонтов, наступает деградация, а иногда и полное уничтожение экосистем. Процесс формирования таких ландшафтов сопровождается извлечением и перегруппировкой ряда химических элементов и их соединений [1]. Это обуславливает ряд негативных экологических последствий для биогеоценозов данных территорий, что отражается и на состоянии почв. Вопросы классификационной принадлежности и диагностики почвообразовательных процессов почв, формирующихся на отвальных породах, остаются до сих пор дискуссионными как в отечественной, так и в зарубежной литературе [2–6]. Однако, несмотря на дискуссионность этой проблемы, как российскими [7–9], так и зарубежными учеными [10–13] признается тот факт, что с момента появления на отвальных породах растительности, последовательно проходящей стадии сукцессии, начинается почвообразовательный процесс

В настоящее время в пределах Западной Сибири довольно хорошо исследованы почвы техногенных ландшафтов лесостепной и степной зон [14–17]. Техногенные почвы ландшафтов горно-таежного пояса, куда входит и Одра-Башское железорудное месторождение, на сегодняшний день изучены недостаточно. На фоне заметного числа публикаций, в которых освещаются морфологические особенности, состав гумуса, физико-химические параметры, практически отсутствуют работы, в которых были бы представлены результаты исследований петрографического и минералогического составов таких почв. Вместе с тем эти показатели относятся к наиболее устойчивым признакам почв, определяя особенности почвообразовательных процессов, особенно в «молодых» почвах.

Цель данной работы – изучить вещественный состав техногенных почв железорудных месторождений юга Западной Сибири.

Материалы и методики исследования

В геолого-географическом отношении Одра-Башское месторождение входит в состав Темир-Тельбесской группы железорудных месторождений Горно-Шорского горнорудного района. Тельбесский железорудный район расположен в бассейне рек Мундыбаш и Тельбес (53°12'23"N, 87°17'53"E). Объектами исследования послужили техногенные почвы: эмбриозем инициальный (разрез 1), эмбриозем органо-аккумулятивный (разрез 2), эмбриозем дерновый (разрез 3), формирующиеся на транспортных отвалах Одра-Башского месторождения. В соответствии с профилльно-генетической классификацией почв техногенных ландшафтов [2] эмбриоземы относятся к стволу постлитогенных почв, классу биогенно-неразвитых, подтипу типичных, роду обычных. Согласно классификации и диагностики почв России [6, 18] инициальным эмбриоземам соответствует подгруппа литостратов из груп-

пы натурфабрикатов техногенных поверхностных образований. Органо-аккумулятивным эмбриоземам соответствует тип псаммоземов, относящихся к отделу слаборазвитых почв из ствола первичного почвообразования. Дерновым типам эмбриоземов наиболее близки псаммоземы и пелоземы гумусовые, относящиеся к отделу слаборазвитых почв, также входящих в ствол первичного почвообразования. В соответствии с системой классификации WRB [19] данные почвы можно отнести к реферативной почвенной группе (RSG) регосолей и сполитковых антросолей. В работах американских почвоведов [4] часто используется термин «Minesoils» для названия большой группы молодых почв, развивающихся на субстратах, представленных смесью горных пород и грунтов, образующихся при добыче полезных ископаемых. Майнсоли в зависимости от наличия почвенных горизонтов разделяются на энтисоли (Entisoils) и инсептисоли (Inceptisoils). Термин «энтисоли» вполне можно использовать для обозначения молодых почв, формирующихся на самых начальных стадиях восстановления экосистем на отвалах, без признаков или с очень слабыми признаками развития почвенных горизонтов. В процессе развития почв на отвальных породах в них появляются отдельные диагностические горизонты, такие почвы ближе к инсептисолям. В качестве фоновой почвы взята зональная бурая горно-таежная почва (разрез 4). Морфологическое описание профилей почв проведено в соответствии с рекомендациями Б.Г. Розанова [20]. В исследованных типах эмбриоземов отобраны образцы почв по генетическим горизонтам с последующей пробоподготовкой, осуществляемой согласно принятым в почвоведении методам [21]. Гранулометрический состав почв выполнен в соответствии с методикой Н.А. Качинского [22].

В полевых условиях произведено сухое фракционирование почв на ситах, выделены следующие фракции в миллиметрах: > 10 ; $10-7$; $7-5$; $5-3$; $3-2$; $2-1$; < 1 . Петрографический анализ каменистой части эмбриоземов проведен методом поляризационной микроскопии специально изготовленных шлифов из фрагментов плотной породы [23]. Исследования минералогического состава проводились с помощью методов рентгеновского фазового анализа на рентгеновском дифрактометре X[»]Pert PRO (PANalytical) в центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» Томского государственного университета. Условия съемки: трубка с медным анодом (CuK α), напряжение на трубке 40 кВ, ток 30 мА, шаг 0,02°, диапазон углов $2\theta - 4...60^\circ$, вращение 30 об./мин, выдержка 0,1 с в точке, рабочий радиус 141 мм. Расшифровка дифрактограмм проводилась с помощью программного обеспечения PDF-4 и HighScore. Съемка проведена троекратно: для ориентированных препаратов из отмученной илистой фракции, осажденной на стеклянную пластину, в интервале углов отражения от 4 до $60^\circ 2\theta$; в воздушно-сухом состоянии после прокаливания; после насыщения глицерином в интервалах углов $4-32^\circ 2\theta$. Диагностика и определение минералов при анализе рентгенограмм, полученных в ходе работы

на рентген-дифрактометре X^oPert PRO, проведены по базальным отражениям (для ориентированных препаратов) и их межплоскостным расстояниям. Для определения минералов группы монтмориллонита используется насыщение глицерином. Монтмориллонит определяется по базальному отражению [001] – 14,2 Å, которое смещается в сторону малых углов 2θ до 17,8 Å (рис. 1).

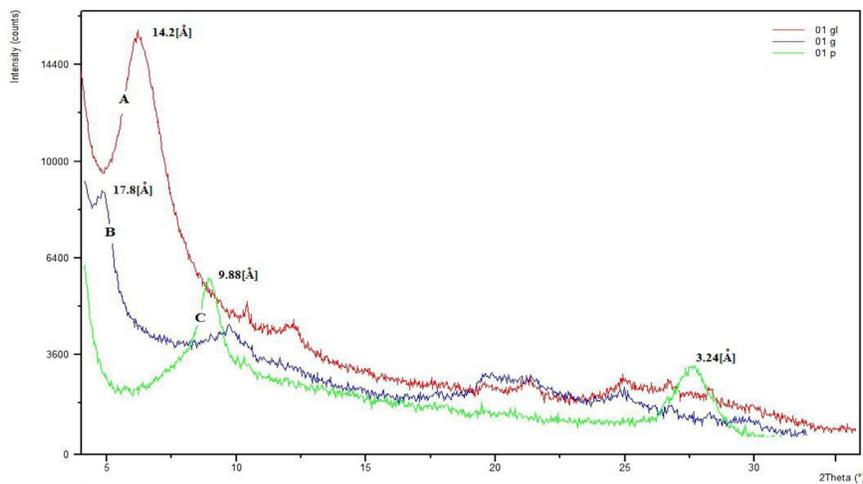


Рис. 1. Диффрактограммы илистой фракции инициального эмбриозема (разрез 1, горизонт C_1): *A* – в воздушно-сухом состоянии;

B – после насыщения глицерином; *C* – после прокаливания

[**Fig. 1.** Diffractiongrams of the initial embriozem clay fraction (profile 1, horizon C_1):

A - In the air-dry state; *B* - After saturation with glycerin; *C* - After calcination]

Определение полуколичественного содержания кристаллических фаз (минералов), входящих в состав исследуемого образца, проведено путем сравнительной оценки интенсивности дифракционных максимумов на порошковой рентгеновской диффрактограмме. Метод позволяет улавливать содержание минерала в исследуемом полиминеральном веществе от 100 до 3%.

Результаты исследования и обсуждение

В пределах Одра-Башского железорудного массива наиболее распространенными типами эмбриоземов являются инициальные, органо-аккумулятивные и дерновые. Морфологическое описание профилей эмбриоземов, сформированных на изученной территории Одра-Башского железорудного месторождения, указывает на то, что дифференциация «молодых» почв по морфологическим признакам происходит через образование системы специфических горизонтов, резко отличающихся от горизонтов зональной горной бурой таежной почвы. В соответствии с субстантивно-генетической классификацией почв техногенных ландшафтов, разработанной И.М. Гаджиевым

и В.М. Курачевым [2], каждый почвенный тип определяется по наличию соответствующего типодиагностического горизонта. Инициальные эмбриоземы не имеют каких-либо морфологически выраженных генетических горизонтов и характеризуют первые стадии преобразования почвообразующего субстрата. Профиль данного типа почв, как правило, не дифференцирован в связи со сравнительно небольшим возрастом, что обуславливает их широкое распространение на молодых и средневозрастных отвалах. В эмбриоземах инициальных из-за отсутствия устойчиво функционирующих биогеоценозов интенсивность педогенного преобразования глинистого материала отвалов крайне слабая, в связи с чем для этих почв характерен неразвитый почвенный профиль с отсутствием биогенного горизонта. Подобная закономерность свойственна почвам Центральной Сибири [24] и Приморья [25]. Следующая стадия эволюции почв техногенных ландшафтов – органо-аккумулятивные эмбриоземы, имеющие ярко выраженный генетический горизонт биогенной аккумуляции, формирующийся в результате накопления органических остатков на поверхности почвы (в нашем конкретном случае это опад хвойных и лиственных пород естественного лесовозобновления). Дерновые эмбриоземы, в отличие от двух предыдущих типов, не имеют широкого распространения на территории Одра-Башского железорудного массива и формируются только на средневозрастных отвалах. Они сохранились на тех территориях, где по различным причинам затруднено развитие древесной растительности. Наибольшее распространение данный тип почв имеет на отвалах, расположенных в лесостепной зоне.

В морфологическом отношении профили эмбриоземов различаются по набору и выраженности органогенных горизонтов, что отражает ведущую роль биологических процессов в формировании профиля почв. Биологические процессы специфичны и отличаются от таковых в фоновых бурых горно-таежных почвах. В климаксных почвах основные звенья трансформации органической части почв (синтез, аккумуляция, минерализация, гумификация) сбалансированы, в то время как в эмбриоземах процессы синтеза и аккумуляции органического вещества, как указано ранее [26–28], преобладают над минерализацией и гумификацией. В этой связи подстилка эмбриоземов сохраняется дольше, чем в горной бурой таежной почве, а мелкозем в дерновом горизонте слабо прокрашен гумусом. По этой же причине в эмбриоземах слабее выражены структурообразовательные процессы, т.е. образование почвенных агрегатов, а высокая каменистость профилей эмбриоземов по сравнению с фоновыми почвами (табл. 1) обуславливает промывной тип водного режима и их низкую водоудерживающую способность.

Во всех типах эмбриоземов в составе крупнозема в верхних горизонтах, наиболее активных в почвообразовании, доминирует фракция > 10 мм. По содержанию этой фракции все исследованные эмбриоземы можно расположить в следующий ряд: эмбриозем инициальный > эмбриозем органо-аккумулятивный > эмбриозем дерновый. Полученная закономерность объясняется осла-

блением в данном эволюционном ряду физического выветривания, физической дезинтеграции субстрата и усилением роли и интенсивности проявления биохимических процессов, что детально отражено в работе [9].

Т а б л и ц а 1 [Table 1]

Соотношение крупнозема и мелкозема в исследованных почвах
[Proportion of coarse and fine earth in the studied soils], %

Горизонт, глубина, см [Horizon, depth, cm]	Фракции, мм [Fractions, mm]						
	Крупнозем [Coarse earth]						Мелкозем [Fine earth]
	> 10	10–7	7–5	5–3	3–2	2–1	
Разрез [Profile] 1							
C ₁ 0–18	30,3	22,8	10,1	14,5	4,6	18,7	15,4
C ₂ 18–28	41,1	15,0	8,7	11,1	4,4	10,5	8,2
Разрез [Profile] 2							
A ₀ A ₁ 1–3	26,0	11,0	17,1	19,5	3,8	5,1	8,7
AB 3–9	39,5	8,3	8,3	14,0	12,4	4,0	12,0
B 20–30	46,0	12,1	8,4	10,2	3,1	9,0	11,1
BC 50–60	25,2	15,5	14,1	20,9	6,3	13,4	5,0
Разрез [Profile] 3							
A ₄ 1–3	7,4	14,1	14,3	19,1	2,9	15,7	26,6
AB 10–20	44,9	12,4	10,9	11,3	3,1	8,3	9,3
B 25–35	38,0	14,2	9,9	12,3	3,7	10,1	11,0
BC 40–50	42,6	12,3	7,8	11,7	3,7	10,5	11,4
Разрез [Profile] 4							
AO 0–5	2,7	6,2	5,2	21,8	6,8	29,6	27,6
AY 5–15	9,2	7,1	9,7	22,0	8,1	22,4	21,6
BM 20–30	17,9	7,6	7,2	15,1	6,9	20,6	24,5
BMC 70–80	23,3	11,8	12,6	17,6	5,0	14,6	14,8

Специфической особенностью инициального и органо-аккумулятивно-го эмбриоземов, существенно отличающей их от фоновых почв, является в 2–3 раза меньшее содержание мелкозема, что является косвенным показателем относительно низкого плодородия данных типов. На дерновой стадии развития эмбриоземов содержание мелкозема значительно возрастает в связи с постепенным развитием биоаккумулятивного процесса, следствием чего является формирование дернового горизонта. Гранулометрический состав мелкозема (табл. 2) свидетельствует о том, что преобладающими в эмбриоземах инициальном и органо-аккумулятивном являются песчаные фракции, в эмбриоземе дерновом и зональной бурой горной таежной почве – фракция тонкой пыли.

Содержание песчаной фракции, как правило, увеличивается вниз по профилю эмбриоземов. По гранулометрическому составу мелкозема эмбриозем инициальный относится к легкосуглинистой, эмбриозем органо-аккумулятивный – к среднесуглинистой, а эмбриозем дерновый и бурая горная таежная почва – к тяжелосуглинистой разновидности.

Т а б л и ц а 2 [Table 2]

Гранулометрический состав почв
[Soil texture]

Горизонт, глубина, см [Horizon, depth, cm]	Фракции, %; размер частиц, мм [Fractions, %; particle diameter, mm]						
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01
Разрез [Profile] 1							
C ₁ 0–18	39,12	23,87	1,00	9,43	11,18	3,29	23,90
C ₂ 18–28	43,11	17,38	10,43	7,90	18,30	3,88	30,08
Разрез [Profile] 2							
A ₀ A ₁ 1–3	Не опред. [undefined]	Не опред. [undefined]	Не опред. [undefined]	Не опред. [undefined]	Не опред. [undefined]	Не опред. [undefined]	Не опред. [undefined]
AB 3–9	10,27	36,31	20,12	11,35	8,16	13,79	33,30
B 20–30	24,83	28,12	16,31	9,45	18,11	3,18	35,69
BC 50–60	36,18	26,93	12,29	8,16	3,11	13,33	24,60
Разрез [Profile] 3							
A _d 1–3	4,12	8,23	1,04	20,35	43,11	23,15	86,61
AB 10–20	13,45	15,85	3,55	15,52	30,80	20,83	67,15
B 25–35	26,15	20,12	8,42	12,07	22,12	11,12	45,31
BC 40–50	30,24	25,12	16,83	3,84	12,43	11,54	27,81
Разрез [Profile] 4							
AO 0–5	6,18	12,29	3,48	21,18	39,12	17,75	58,05
AY 5–15	5,03	12,55	10,12	22,03	40,20	11,50	53,73
BM 20–30	35,16	8,83	15,35	9,28	3,26	28,12	21,37
BMC 70–80	47,14	13,25	10,81	3,45	16,98	8,37	28,80

Вещественный состав, физико-химические свойства и плодородие в значительной степени обусловлены характером материнских пород, дающих начало минеральной основе почв. Набор почвенно-экологических функций техногенного ландшафта и уровень его развития в большой степени определяются свойствами литогенной основы, причем основными факторами, регламентирующими эти параметры, являются петрографический, минералогический и химический составы пород, выступающих в качестве почвенно-экологического ресурса. При оценке специфики формирования почв на отвалах железорудного месторождения по сравнению с ненарушенными зональными почвами важно отметить, что изначально все почвообразующие субстраты техногенных почв представлены смесью вскрышных (покровные глины, некарбонатные суглинки) и вмещающих (песчаники, аргиллиты, алевролиты) пород с различным химическим, гранулометрическим и минералогическим составом.

Петрографический анализ каменистой части горной бурой таежной почвы (шлиф 3) показал, что она представляет собой ожелезненный алевроаргиллит с примесью песчаного материала (рис. 2). Обломки песчаной размерности (0,05–0,25 мм) представлены силицитами, кварцем, мусковитом. Кроме того, в шлифах 1 и 2 обнаружены обломки биотита, эпидота, плагиоклаза метавулканитов и кварцитов.

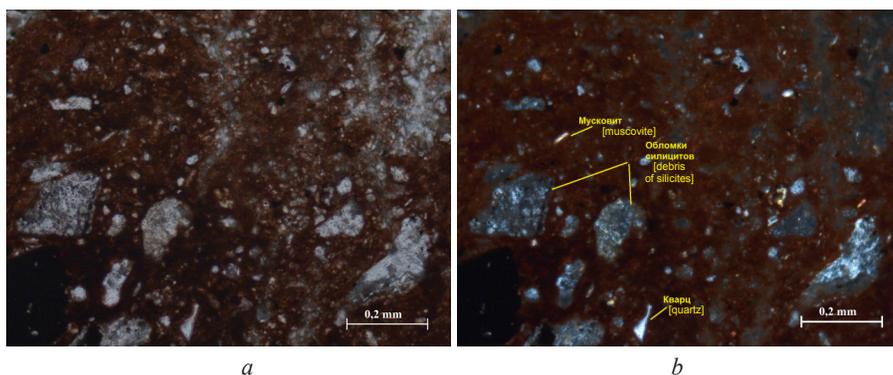


Рис. 2. Микрофотографии каменной части бурой таежной почвы (шлиф 3):
a – без анализатора, *b* – с анализатором. Фото И.А. Прониной
 [Fig 2. Microphotographs of the rocky part of mountainous brown taiga soil (slide 3):
a - Without analyzer, *b* - With analyzer. Photo by IA Pronina]

Каменная часть эмбриозема инициального представлена обломками клиноцоизит-актинолитового метасоматита (рис. 3). Включенные обломки представлены кварцем, мусковитом, биотитом алевролитовых размерностей (0,01–0,05 мм). Важным диагностическим показателем, характеризующим свойства данной почвы, является наличие железосодержащих минералов – гематита и пирита, обуславливающих высокое содержание валового железа – 11,03%. По микротрещинам отмечаются соединения трехвалентного железа охристого цвета. Присутствуют обломки пород силицитов, встречаются участки сцементированной глинистым материалом породы без включений железа.

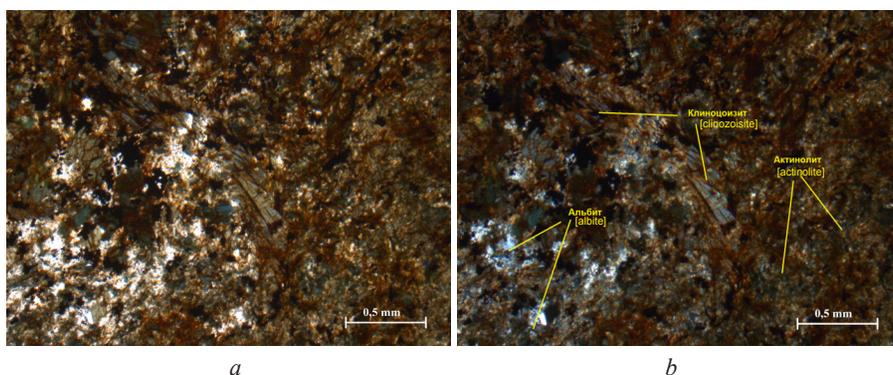


Рис. 3. Микрофотографии каменной части эмбриозема инициального (шлиф 4): *a* – без анализатора, *b* – с анализатором. Фото И.А. Прониной
 [Fig 3. Microphotographs of the rocky part of the initial embriozem (slide 4):
a - without analyzer, *b* - with analyzer. Photo by IA Pronina]

Согласно опубликованным данным [29], руды месторождения Одра-Баш сосредоточены в пироксен-гранатовых скарнах и амфиболизированных вулканитах, сами руды амфибол-магнетитового и амфибол-гранат-магнетитового типа. Следовательно, наличие в почвах разреза 1 (табл. 3) минералов группы амфиболов, гранатов и магнетита свидетельствует о том, что состав минеральной части определяется составом горных пород месторождения.

Т а б л и ц а 3 [Table 3]

Минералогический состав почв Одра-Башского железорудного месторождения
[Mineralogical composition of soils of the Odrabash iron ore deposit]

Горизонт, глубина, см [Horizon, depth, cm]	Первичные минералы [Primary minerals]	Глинистые минералы [Clay minerals]
Разрез [Profile] 1		
C ₁ 0–18	Кварц, группа граната (гроссуляра), группа амфиболов, цеолит, гематит (следы) [Quartz, garnet group (grossular), amphibole group, zeolite, ferric oxide (traces)]	Монтмориллонит, группа слюд и гидрослюд [Montmorillonite, mica and hydromica group]
C ₂ 18–28	Кварц, гематит, магнетит, цеолит, группа граната, группа амфиболов [Quartz, ferric oxide, magnetite, zeolite, garnet group, amphibole group]	Монтмориллонит, каолинит [Montmorillonite, kaolinite]
Разрез [Profile] 2		
A ₀ A ₁ 1–3	Группа амфиболов, кварц, доломит, цеолит, гематит [Amphibole group, quartz, dolomite, zeolite, ferric oxide]	Монтмориллонит, каолинит [Montmorillonite, kaolinite]
AB 3–8	Магнетит, кварц, калиевые полевые шпаты, доломит [Magnetite, quartz, potassium feldspars, dolomite]	Монтмориллонит, каолинит [Montmorillonite, kaolinite]
B 20–30	Магнетит, группа амфиболов, кварц, гематит, гранат [Magnetite, amphibole group, quartz, ferric oxide, garnet]	Монтмориллонит, каолинит [Montmorillonite, kaolinite]
BC 50–60	Магнетит, группа амфиболов, кварц, гематит, гранат [Magnetite, amphibole group, quartz, ferric oxide, garnet]	Монтмориллонит, каолинит [Montmorillonite, kaolinite]
Разрез [Profile] 3		
A _d 1–3	Магнетит, группа амфиболов, кварц, гематит [Magnetite, amphibole group, quartz, ferric oxide]	Плохо окристаллизованный материал [Poorly crystallized material]
AB 10–20	Магнетит, группа амфиболов, кварц, гранат, цеолит, гематит [Magnetite, amphibole group, quartz, garnet, zeolite, ferric oxide]	Монтмориллонит, каолинит [Montmorillonite, kaolinite]
B 25–35	Магнетит, цеолит, группа амфиболов, кварц, гранат, гематит [Magnetite, zeolite, amphibole group, quartz, garnet, ferric oxide]	Монтмориллонит, цеолит [Montmorillonite, zeolite]

О к о н ч а н и е т а б л. 3 [Table 3 (end)]

Горизонт, глубина, см [Horizon, depth, cm]	Первичные минералы [Primary minerals]	Глинистые минералы [Clay minerals]
BC 40–50	Гранат, кварц, группа амфиболов, магнетит [Garnet, quartz, amphibole group, magnetite]	Монтмориллонит, каолинит [Montmorillonite, kaolinite]
Разрез [Profile] 4		
AO 0–5	Хлорит, слюда, кварц, плагиоклаз, гематит [Chlorite, mica, quartz, plagioclase, ferric oxide]	Каолинит [Kaolinite]
AY 5–15	Кварц, хлорит, слюда, плагиоклаз, гематит [Quartz, chlorite, mica, plagioclase, ferric oxide]	Каолинит [Kaolinite]
BM 20–30	Кварц, хлорит (Mg), слюда, калиевые полевые шпаты, плагиоклаз, гематит [Quartz, chlorite (Mg), mica, potassium feldspars, plagioclase, ferric oxide]	Каолинит, слюды [Kaolinite, micas]
BMC 70–80	Кварц, гематит, хлорит [Quartz, ferric oxide, chlorite]	Каолинит (следы) [Kaolinite (traces)]

Превращение минеральных соединений происходит в ходе эволюции почв, обуславливая саморегулируемость, устойчивость почв к различного рода воздействиям, создавая предпосылки для различной интенсивности и направленности почвообразовательных процессов. Минералы горных пород в процессе гипергенеза становятся источниками элементов, необходимых для питания растений. Первичные минералы фоновой почвы представлены кварцем, плагиоклазом, минералами группы слюд, хлоритами. Характерной особенностью бурой горно-таежной почвы, формирующейся в районе железорудного месторождения, является присутствие по всему профилю минерала гематита, который в мелкодисперсном состоянии придает почвенным агрегатам красноватый оттенок. Минералы группы слюд имеют, как правило, негипергенное происхождение, являются компонентами многих магматических и метаморфических пород [30] и оказывают значительное влияние на плодородие почв, являясь основным источником калийного питания растений [31]. Присутствие невыветрелых хлоритов, как правило, не приводит к изменению свойств почв, однако они довольно легко поддаются разрушению и могут быть источником Mg и других элементов, необходимых для питания растений. Преобладающим глинистым минералом в горной бурой таежной почве является каолинит.

По результатам рентгеновского фазового анализа все диагностированные в почве минералы разделены на 3 группы: главные минералы (с содержанием в исследованном образце более 20%), второстепенные минералы (содержание 5–20%), редкие минералы (менее 5%). В соответствии с этим главным минералом фоновой почвы является кварц; второстепенные минералы – гематит, хлорит, каолинит, плагиоклазы; редкие – минералы группы слюд и калиевые полевые шпаты (табл. 4).

Т а б л и ц а 4 [Table 4]

Содержание минералов в почвах Одра-Башского железорудного месторождения
[Mineral content in soils of the Odrabash iron ore deposit], %

Горизонт, глубина, см [Horizon, depth, cm]	Главные минералы [Main minerals] (> 20%)	Второстепенные минералы [Minor minerals] (5–20%)	Редкие минералы [Rare minerals] (< 5%)
Разрез [Profile] 1			
C ₁ 0–18	Кварц [Quartz]	Группа граната (гроссуляра), группа амфиболов (козулит) [Garnet group (grossular), amphibole group (kozulit)]	Цеолит, слюды, гематит (следы) [Zeolite, micas, ferric oxide (traces)]
C ₂ 18–28	Кварц [Quartz]	Цеолит, группа граната, группа амфиболов [Zeolite, garnet group, amphibole group]	Гематит, каолинит [Ferric oxide, kaolinite]
Разрез [Profile] 2			
A ₀ A ₁ 1–3	Кварц [Quartz]	Плохо окристаллизованный материал, доломит [Poorly crystallized material, dolomite]	Цеолит, гематит, слюды [Zeolite, ferric oxide, micas]
AB 3–8	Кварц [Quartz]	Монтмориллонит [Montmorillonite]	Калиевые полевые шпаты, доломит [Potassium feldspars, dolomite]
B 20–30	Кварц, амфиболы [Quartz, amphiboles]	Монтмориллонит, гранат [Montmorillonite, garnet]	Гематит [Ferric oxide]
BC 50–60	Кварц [Quartz]	Монтмориллонит, гранат [Montmorillonite, garnet]	Гематит, амфиболы [Ferric oxide, amphiboles]
Разрез [Profile] 3			
A _d 1–3	Кварц, монтмориллонит [Quartz, montmorillonite]	Амфиболы [Amphiboles]	Гематит [Ferric oxide]
AB 10–20	Кварц, монтмориллонит [Quartz, montmorillonite]	Гранат, амфиболы [Garnet, amphiboles]	Гематит, цеолит [Ferric oxide, zeolite]
B 25–35	Кварц, монтмориллонит [Quartz, montmorillonite]	Гранат [Garnet]	Гематит, амфиболы [Ferric oxide, amphiboles]
BC 40–50	Кварц, амфиболы [Quartz, amphiboles]	Гранат [Garnet]	Гематит, амфиболы [Ferric oxide, amphiboles]
Разрез [Profile] 4			
AO 0–5	Кварц [Quartz]	Плагиоклаз [Plagioclase]	Слюда, хлориты, каолинит, калиевые полевые шпаты [Mica, chlorite, kaolinite, potassium feldspars]
AY 5–15	Кварц [Quartz]	Плагиоклаз, хлориты, каолинит [Plagioclase, chlorites, kaolinite]	Гематит, слюда [Ferric oxide, mica]

О к о н ч а н и е т а б л . 4 [Table 4 (end)]

Горизонт, глубина, см [Horizon, depth, cm]	Главные минералы [Main minerals] (> 20%)	Второстепенные минералы [Minor minerals] (5–20%)	Редкие минералы [Rare minerals] (< 5%)
ВМ 20–30	Кварц [Quartz]	Плагиоклаз, хлориты, каолинит [Plagioclase, chlorites, kaolinite]	Слюда, калиевые полевые шпаты, гематит [Mica, potassium feldspars, ferric oxide]
ВМС 70–80	Кварц [Quartz]	Хлорит, гематит [Chlorite, ferric oxide]	Слюда, калиевые полевые шпаты, гематит [Mica, potassium feldspars, ferric oxide]

Исследованные типы эмбриоземов имеют сходство в качественном и количественном содержании минералов. В состав первичных минералов входят кварц, минералы группы граната, амфиболов, магнетит, доломит; в некоторых горизонтах отмечаются калиевые полевые шпаты и цеолит. Основными железосодержащими минералами являются пирит и гематит. В минеральном скелете эмбриоземов главным минералом является кварц. Второстепенными минералами являются типичные породообразующие минералы Алтае-Саянской горной страны: гроссуляры (группа граната), козулит (группа амфиболов). Редкие минералы техногенных почв – цеолит, гематит, а также слюды (преимущественно мусковит). Допуская малое содержание в исходной породе слюды, можно предполагать недавно начавшиеся процессы выветривания вскрышных и вмещающих пород, оказавшихся на дневной поверхности в результате техногенеза. Вполне вероятно, что пионерная растительность, развивающаяся на эмбриоземах, особенно инициальном, испытывает в настоящее время недостаток некоторых питательных элементов, особенно калия, одним из основных источников которого являются слюды.

Появление в эмбриоземе дерновом монтмориллонита в числе главных минералов является очень важным фактором увеличения емкости катионного обмена данных почв и усиления способности к структурообразованию. Поскольку монтмориллонит выделен как главный минерал (содержание более 20%), можно предполагать, что повышенное содержание монтмориллонита на данной стадии развития эмбриоземов может вызвать нежелательные последствия. Это связано с тем, что почвы с преобладанием смектитовых минералов в составе тонкодисперсных фракций, особенно при низком количестве агрегирующих компонентов и малом содержании Сор_г, в условиях избыточного увлажнения могут значительно набухать, ухудшая водно-физические свойства, что следует учитывать при разработке и реализации плана рекультивации техногенно нарушенных почв.

Заключение

Различия в петрографическом составе, качественном и количественном содержании минералов в фоновой почве и эмбриоземах обусловлены рядом факторов. Ведущую роль среди них играют особенности состава материнских пород, разновозрастность, обуславливающая разную степень развития профилей эмбриоземов, хаотичное распределение минералов в эмбриоземах, вызванное техногенным воздействием. Минералогический состав фоновых бурых горно-таежных почв указывает на то, что основные минералы, присутствующие в них, унаследованы от подстилающей породы. Важным диагностическим показателем петрографического состава, характеризующим свойства фоновых почв, является наличие железосодержащих минералов – гематита и пирита. По вещественному составу эмбриоземы, формирующиеся на отвалах железорудных месторождений, обладают иными, нежели фоновые почвы, свойствами и характеристиками. Они, как правило, имеют более высокую каменистость, что определяет неблагоприятный водный режим и низкий актуальный потенциал плодородия, связанный с незначительным содержанием в них элементов минерального питания. Поскольку бурые горно-таежные почвы и эмбриоземы сформированы на разных породах, то и минеральный состав их существенно отличается. В минеральном составе эмбриоземов присутствуют минералы группы гранатов, амфиболов, цеолитов, в то время как в бурой горно-таежной почве главными минералами являются кварц и плагиоклазы. Полученные результаты вещественного состава, наряду с другими параметрами, дают возможность проведения географо-генетического анализа связей особенностей развития того или иного типа эмбриоземов с определяющими факторами и условиями почвообразования, а также оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов.

Литература

1. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка / отв. ред. А.И. Сысо. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.
2. Гаджиев И.М., Курачев В.М. Генетические и экологические аспекты исследования и классификации почв техногенных ландшафтов // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1992. 305 с.
3. Sobek A.A., Skousen J.G., Fisher S.E. Chemical and physical properties of overburdens and minesoils // Reclamation of drastically disturbed lands. Madison : WI, 2000. PP. 77–104.
4. Buol S. W., Hole F., McCracken R. Soil Genesis and Classification. 5th ed. Ames, IA : Iowa State Press, 2003. 221 p.
5. Daniels W.L., Haering K., Galbraith J., Thomas J. Mine soil morphology and properties in pre- and post-SM- CRA coal mined landscapes in southwest Virginia // Materials of National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation. Lexington : ASMR, 2004. PP. 421–449.

6. Классификация и диагностика почв России / авт. и сост. : Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
7. Трофимов С.С., Наплекова Н.Н., Кандрашин Е.Р., Фаткулин Ф.А., Стебаева С.К. Гумусообразование в техногенных экосистемах. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1986. 166 с.
8. Махонина Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2003. 356 с.
9. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2004. 151 с.
10. Thomas K.A., Sencindiver J.C., Skousen J.G., Gorman J.M. Soil horizon development on a mountaintop surface mine in southern West Virginia // *Green Lands*. 2000. Vol. 30 (3). PP. 41–52.
11. Klaas G.J.N., van Lagen B., Buurman P. Composition of plant tissues and soil organic matter in the first stages of a vegetation succession // *Geoderma*. 2001. Vol. 100. PP. 1–24.
12. Bens O., Huttel R.F. Soil Consumption through opencast lignite mining and ecological development potentials of anthropogenically disturbed Sites – case study Lusatia Coalfields, Germany // *Die Erde*. Berlin. 2005. Jahr 136, Heft 1. PP. 79–96.
13. Sourkova M., Frouz J., Santruckova H. Accumulation of carbon, nitrogen and phosphorus during soil formation on alder spoil heaps after brown-coal mining, near Sokolov (Czech Republic) // *Geoderma*. 2005. Vol. 124. PP. 203–214.
14. Шугалей Л.С., Чупрова В.В. Почвообразование в техногенных ландшафтах лесостепи Назаровской котловины Средней Сибири // *Почвоведение*. 2012. № 3. С. 246–256.
15. Семина И.С., Беланов И.П., Шипилова А.М., Андроханов В.А. Природно-техногенные комплексы Кузбасса: свойства и режимы функционирования. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2013. 450 с.
16. Двуреченский В.Г., Середина В.П. Характеристика почвенного покрова техногенных ландшафтов Красногорского каменноугольного разреза // *Вестник Томского государственного университета*. 2014. № 387. С. 257–265.
17. Соколов Д.А., Андроханов В.А., Кулижский С.П., Доможакова Е.А., Лойко С.В. Морфологическая диагностика процессов почвообразования на отвалах каменноугольных разрезов Западной Сибири // *Почвоведение*. 2015. № 1. С. 106–117.
18. Полевой определитель почв России. М. : Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
19. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. No. 106. FAO, Rome. URL: <http://www.fao.org/3/a-i3794e.pdf>
20. Розанов Б.Г. Морфология почв. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1983. 320 с.
21. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. 489 с.
22. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М. : Высшая школа, 1973. 399 с.
23. Парфенова Е.И., Ярилова Е.А. Минералогические исследования в почвоведении. М. : Изд-во АН СССР, 1962. 198 с.
24. Трефилова О.В., Гродницкая И.Д., Ефимов Д.Ю. Динамика эколого-функциональных параметров реплантоземов на отвалах угольных разрезов Центральной Сибири // *Почвоведение*. 2014. № 1. С. 109–119.
25. Костенков Н.М., Комачкова И.В., Пуртова Л.Н. Почвы техногенных ландшафтов Приморья (Лучегорский и Павловский угольные разрезы) // *Почвоведение*. 2013. № 11. С. 1283–1293.
26. Середина В.П., Алексеева Т.П., Сысоева Л.Н., Трунова Н.М., Бурмистрова Т.И. Исследование процессов формирования органического вещества в нарушенных при угледобыче почвах // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2012. № 1 (17). С. 18–31.

27. Dvurechenskiy V.G., Seredina V.P. Comparative characteristics of the fractional and group composition of humus in embryozems of technogenic landscapes of the mountain-forest zone of the Kuznetsk Basin // *Contemporary Problems of Ecology*. 2015. Vol. 8, № 6. PP. 789–797.
28. Алексеева Т.П., Бурмистрова Т.И., Сысоева Л.Н., Трунова Н.Н., Середина В.П. Рекультивация угольных отвалов с использованием торфяных препаратов // *Экология и промышленность России*. 2016. Т. 20, № 11. С. 39–43.
29. Кондаков А.Н., Возная А.А. Минеральные ресурсы Кемеровской области. Кн. 1: Металлические полезные ископаемые. Кемерово : КузГТУ, 2013. 290 с.
30. Bowen H.J.M. *Environmental chemistry of the elements*. London ; New York : Academic Press, 1979. 333 p.
31. Середина В.П. Калий и почвообразование : учеб. пособие. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2012. 354 с.

Поступила в редакцию 18.04.2017 г.; повторно 14.06.2017 г.; 12.08.2017 г.;
принята 19.10.2017 г.; опубликована 26.12.2017 г.

Авторский коллектив:

Середина Валентина Петровна – д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры почвоведения и экологии почв Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета (Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36).

E-mail: seredina_v@mail.ru

Двуреченский Вадим Геннадьевич – канд. биол. наук, н.с. лаборатории рекультивации почв Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Россия, 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2).

E-mail: dvu-vadim@mail.ru

Пронина Ирина Анатольевна – аспирант лаборатории геологии кайнозоя, палеоклиматологии и минералогических индикаторов климата Института геологии и минералогии имени В.С. Соболева СО РАН (Россия, 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3).

E-mail: ira-pro-29@mail.ru

Акинина Анастасия Нургалиевна – аспирант кафедры почвоведения и экологии почв Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета (Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36).

E-mail: an.akinina@mail.ru

For citation: Seredina VP, Dvurechenskiy VG, Pronina IA, Akinina AN. Material composition of embryozems developing on dumps of iron ore deposits in the south of Western Siberia. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2017;40:25-43. doi: 10.17223/19988591/40/2 In Russian, English Summary

**Valentina P. Seredina¹, Vadim G. Dvurechenskiy²,
Irina A. Pronina³, Anastasiya N. Akinina¹**

¹ Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

² Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

³ VS Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

Material composition of embryozems developing on dumps of iron ore deposits in the south of Western Siberia

Nowadays the problem of industrial impact on natural landscapes is one of the most critical. It is urgent for regions of the south of Western Siberia where large-scale

industrial and resource centers are concentrated. The aim of this research was to study material composition of man-made soils developing on dumps of iron ore deposits in the south of Western Siberia. The research objects were man-made soils (embriozems) of the Odrabash deposit transport dumps (53°12'23" N, 87°17'53" E) included in the Temir-Telbesskiy group of iron ore deposits. We carried out petrological analysis of the rocky part of embriozems by the method of polarization microscopy of sections specially made from fragments of rock formation. We studied the mineralogical content of the samples with the help of X-ray phase analysis using the X-ray diffractometer X»Pert PRO (PANalytical). The diffractograms were decoded with the help of PDF-4 and HighScore software. The diagnostics and identification of minerals in the analysis of X-ray patterns were carried out according to basal reflections (for targeted formulations) and their interplanar distances.

We revealed that, in contrast to forest-steppe and steppe zones, there is prevalence of three embriozem types (initial, organo-accumulative, sod) which differ in degree of severity and maturity of organogenic horizons in soils of man-made landscapes of the Odrabash iron ore solid mass of the taiga mining belt. In comparison with background brown taiga mining soils, a specific particularity of embriozems is a higher rockiness (See Table 1) which determines adverse water regime and low actual fertility potential. In the petrographic respect, dump rocks where embriozems are formed are represented mainly by clinozoisite and actinolite metasomatite (See Figure 3). The Odrabash iron ore deposit has contact metasomatic origin in the class of the magnetite-magnesian-skarns. The studied embriozem types are similar in qualitative and quantitative content to minerals. In embriozem rock matrix, crystalline silica is the main primary mineral (See Table 4), which is explained by the silicate nature of the majority of rock-forming minerals in the studied territory of the iron ore deposit; minor minerals are represented by typical rock-forming minerals of the Altai-Sayan mountainous country: grossular (andradite group), kozulit (amphibole group); rare minerals are zeolite, ferric oxide and micas (mostly potash mica). Such a small content of finely-divided mica in matrix soil is an indicator of relatively recent processes of mineral weathering of overburden and enclosing rocks that appeared on a daylight surface as a result of technogenesis. The main iron-containing minerals are brassil and ferric oxide. We found out that mineral content of montmorillonitic group increases from initial embriozems to sod ones in the evolutionary range of man-made soils, which indicates intensification of structure-forming processes in this direction.

We established that material composition differences between natural landscape soils and those formed at corresponding geochemical positions of anthropogenic landscapes of the same area are determined by several factors. Among such factors the leading role belongs to particularities of maternal matrix composition, age resulting in different degrees of embriozem profile development, and chaotic mineral distribution in embriozems caused by anthropogenic impact. The obtained results of material composition along with other parameters make it possible to carry out geographical and genetic analysis of relationships between development particularities of a particular embriozem type and determining factors and conditions of soil formation, as well as to assess soil-ecological state of anthropogenic landscapes.

The article contains 3 Figures, 4 Tables and 31 References.

Key words: technogenic landscapes; embriozems; petrographic composition; mineralogical characteristics.

References

1. Androkhanov VA, Kurachev VM. Pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie tekhnogennykh landshaftov: dinamika i otsenka [Soil- ecological state of technogenic landscapes: Dynamics and evaluation]. Syso AI, editor. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ.; 2010. 224 p. In Russian
2. Gadzhiev IM, Kurachev VM. Geneticheskie i ekologicheskie aspekty issledovaniya i klassifikatsii pochv tekhnogennykh landshaftov [Genetic and ecological aspects of research and classification of soils of technogenic landscapes]. In: *Ekologiya i rekul'tivatsiya tekhnogennykh landshaftov* [Ecology and recultivation of man-made landscapes]. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1992. 305 p. In Russian
3. Sobek AA, Skousen JG, Fisher SE. Chemical and physical properties of overburdens and minesoils. In: *Reclamation of drastically disturbed lands*. 2nd ed. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America; 2000. pp. 77-104.
4. Buol SW, Southard RJ, Graham RC, McDaniel PA. Soil Genesis and Classification. 5th edition. Ames, Iowa: Iowa State Press; 2003. 494 p.
5. Daniels WL, Haering K, Galbraith J, Thomas J. Mine soil morphology and properties in pre- and post-SM- CRA coal mined landscapes in southwest Virginia. *Proceedings America Society of Mining and Reclamation*. 2004:421-449. doi: [10.21000/JASMR04010421](https://doi.org/10.21000/JASMR04010421)
6. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnostics of soils in Russia]. Shishov LL, Tonkonogov VD, Lebedeva II, Gerasimova MI, editors. Smolensk: Oykumena Publ.; 2004. 342 p. In Russian
7. Trofimov SS, Naplekova NN, Kandrashin ER, Fatkulin FA, Stebaeva SK. Gumusoobrazovanie v tekhnogennykh ekosistemakh [Humus formation in technogenic ecosystems]. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ.; 1986. 166 p. In Russian
8. Makhonina GI. Ekologicheskie aspekty pochvoobrazovaniya v tekhnogennykh ekosistemakh Urala [Ecological aspects of soil formation in technogenic ecosystems of the Urals]. Yekaterinburg: Ural State University Publ.; 2003. 356 p. In Russian
9. Androkhanov VA, Kulyapina ED, Kurachev VM. Pochvy tekhnogennykh landshaftov: genezis i evolyutsiya [Soils of technogenic landscapes: Genesis and evolution]. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ.; 2004. 151 p. In Russian
10. Thomas KA, Sencindiver JC, Skousen JG, Gorman JM. Soil horizon development on a mountaintop surface mine in southern West Virginia. *Green Lands*. 2000;30(3):41-52.
11. Klaas GJN, van Lagen B, Buurman P. Composition of plant tissues and soil organic matter in the first stages of a vegetation succession. *Geoderma*. 2001;100:1-24. doi: [10.1016/S0016-7061\(00\)00078-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(00)00078-1)
12. Bens O, Huttel RF. Soil Consumption through opencast lignite mining and ecological development potentials of anthropogenically disturbed Sites – case study Lusatia Coalfields, Germany. *Die Erde*. 2005;136(1):79-96
13. Sourkova M, Frouz J, Santruckova H. Accumulation of carbon, nitrogen and phosphorus during soil formation on alder spoil heaps after brown-coal mining, near Sokolov (Czech Republic). *Geoderma*. 2005;124:203-214 doi: [10.1016/j.geoderma.2004.05.001](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.05.001)
14. Shugalei LS, Chuprova VV. Soil formation in the technogenic forest-steppe landscapes of the Nazarovskaya Depression in western Siberia. *Eurasian Soil Science*. 2012;45(3):246-256. doi: [10.1134/S1064229312030106](https://doi.org/10.1134/S1064229312030106)
15. Semina IS, Belanov IP, Shipilova AM, Androkhanov VA. Prirodno-tekhnogennyye komplekсы Kuzbassa: svoystva i rezhimy funktsionirovaniya [Natural and technogenic complexes of Kuzbass: Properties and operating modes]. Novosibirsk: SO RAN Publ.; 2013. 450 p. In Russian

16. Dvurechenskiy VG, Seredina VP. Characteristics of the soil cover of technogenic landscapes of the red mountain. *Tomsk State University Journal*. 2014;387:257-265. In Russian, English Summary. doi: [10.17223/15617793/387/38](https://doi.org/10.17223/15617793/387/38)
17. Sokolov DA, Androkhanov VA, Kulizhskii SP, Domozhakova EA, Loiko SV. Morphogenetic diagnostics of soil formation on tailing dumps of coal quarries in Siberia. *Eurasian Soil Science*. 2015;48(1):95-105. doi: [10.1134/S1064229315010159](https://doi.org/10.1134/S1064229315010159)
18. *Polevoy opredelitel' pochv Rossii* [Field guide to soils of Russia]. Khitrov NB, editor. Moscow: Soil Institute of VV Dokuchaeva Publ.; 2008. 182 p. [Electronic resource]. Available at: http://esoil.ru/images/stories/pdf/Field_guide.pdf (accessed 10.06.2017). In Russian
19. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. No. 106. FAO, Rome. [Electronic resource]. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i3794e.pdf>
20. Rozanov BG. Morfologiya pochv [Morphology of soils]. Moscow: Moscow University Publ.; 1983. 320 p. In Russian
21. Arinushkina EV. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Manual on soil chemical analysis]. Moscow: Moscow University Publ.; 1970. 488 p. In Russian
22. Vadyunina AF, Korchagina ZA. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv i gruntov [Methods for studying physical properties of soils and ground]. Moscow: Vysshaya shkola Publ.; 1973. 400 p. In Russian
23. Parfenova EI, Yarilova EA. Mineralogicheskie issledovaniya v pochvovedenii [Mineralogical research in soil science]. Moscow: USSR AS Publ.; 1962. 198 p. In Russian
24. Trefilova OV, Grodnitskaya ID, Efimov DY. Dynamics of the ecological-functional parameters of replantozems on dumps of open-pit coal mines in Central Siberia. *Eurasian Soil Science*. 2013;46(12):1253-1262. doi: [10.1134/S106422931401013X](https://doi.org/10.1134/S106422931401013X)
25. Kostenkov NM, Komachkova IV, Purtova LN. Soils of technogenic landscapes in the Far East: The Luchegorsk and Pavlovsk coal strip mines. *Eurasian Soil Science*. 2013;46(11):1049-1058. doi: [10.1134/S1064229313110057](https://doi.org/10.1134/S1064229313110057)
26. Seredina VP, Alekseeva TP, Sysoeva LN, Trunova NM, Burmistrova TI. Organic matter formation processes research in lands damaged after mining operation. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2012;1(17):18-31. In Russian, English Summary. doi: [10.17223/19988591/17/2](https://doi.org/10.17223/19988591/17/2)
27. Dvurechenskiy VG, Seredina VP. Comparative characterization of the fractional and group composition of humus in embryozems of technogenic landscapes in the mountain-forest zone of the Kuznetsk Basin. *Contemporary Problems of Ecology*. 2015;8(6):789-797. doi: [10.1134/S1995425515060049](https://doi.org/10.1134/S1995425515060049)
28. Alekseeva TP, Burmistrova TI, Sysoeva LN, Trunova NM, Seredina VP. Process of soil remediation at coal dump using peat preparations. *Ecology and Industry of Russia*. 2016;20(11):39-43. In Russian. doi: [10.18412/1816-0395-2016-11-39-43](https://doi.org/10.18412/1816-0395-2016-11-39-43)
29. Kondakov AN, Voznaya AA. Mineral'nye resursy Kemerovskoy oblasti [Mineral resources of Kemerovo Region. Book 1. Metallic minerals]. Kemerovo: KuzMTU Publ.; 2013. 290 p. In Russian
30. Bowen HJM. Environmental chemistry of the elements. London; New York: Academic Press; 1979. 333 p.
31. Seredina VP. Kaliy i pochvoobrazovanie: Uchebnoe posobie [Potassium and soil formation: Textbook]. Tomsk: Tomsk State University Publ.; 2012. 354 p. In Russian

Received 18 April 2017; Revised 14 June 2017; 12 August 2017;

Accepted 19 October 2017; Published 26 December 2017

Author info:

Seredina Valentina P, Dr. Sci. (Biol.), Professor, Department of Soil Science and Soil Ecology, Institute of Biology, Tomsk State University, 36 Lenin Ave, Tomsk 634050, Russian Federation.

E-mail: seredina_v@mail.ru

Dvurechenskiy Vadim G, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Laboratory of Soil Reclamation, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 8/2 Akademika Lavrent'eva Pr., Novosibirsk 630090, Russian Federation.

E-mail: dvu-vadim@mail.ru

Pronina Irina A, Postgraduate Student, Laboratory of Cenozoic Geology, Paleoclimatology and Mineralogical Climate Indicators, VS Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 3 Akademika Koptiyuga Pr., Novosibirsk 630090, Russian Federation.

E-mail: ira-pro-29@mail.ru

Akinina Anastasiya N, Postgraduate Student, Department of Soil Science and Soil Ecology, Institute of Biology, Tomsk State University, 36 Lenin Ave, Tomsk 634050, Russian Federation.

E-mail: an.akinina@mail.ru