

**КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ
ГОРЛОВСКОГО АНТРАЦИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

^{1,3}В.Г. Двуреченский, кандидат биологических наук

¹Д.А. Соколов, кандидат биологических наук

²В. П. Середина, доктор биологических наук

¹Институт почвоведения и агрохимии СО РАН,
Новосибирск, Россия

²Национальный исследовательский Томский
государственный университет, Томск, Россия

³Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин), Новосибирск, Россия

E-mail: dvu-vadim@mail.ru

Ключевые слова: эмбриоземы, техногенный ландшафт, морфология почв, балл бонитета, индекс специфичности почв, плотность

Реферат. Проведены морфологические исследования почв, формирующихся на внешних 30-летних отвалах вскрышных и вмещающих пород Горловского угольного разреза, и фоновых черноземов выщелоченных. Выявлено, что в составе почвенного покрова присутствуют инициальные, органоаккумулятивные и дерновые типы эмбриоземов. Сравнительная морфологическая характеристика почв указывает на резкие различия между черноземами и почвами техногенных ландшафтов. Тем не менее полученные результаты свидетельствуют о том, что по мере развития почвообразовательных процессов содержание педогенного органического вещества в исследуемых почвах приближается к таковому в черноземах. Дана качественная оценка почв. Рассчитаны индексы специфичности, которые выявили значительные различия во вкладе в общее варьирование различных свойств почв. Показано, что наиболее плодородными являются эмбриоземы, формирующиеся на рыхлых осадочных отложениях. Установлено, что уровень качественной ценности в каменистых почвах определяется содержанием физической глины; в почвах, сформированных на рыхлых породах, – содержанием гумуса. Экосистема не находится в метастабильном, климаксом состоянии, а динамически развивается, находясь на стадии образования эмбриоземов дерновых, соответственно почвенно-экологическое состояние отвалов считается удовлетворительным, так как по истечении 31 года с момента начальной фазы техногенеза в составе почвенного покрова не сформировались эмбриоземы самой генетически развитой гумусово-аккумулятивной стадии развития экосистемы. В последующем в составе почвенного покрова ожидается образование гумусово-аккумулятивных эмбриоземов, а также, возможно, сухостепных почв на техногенном элювии и неогенных глинах.

QUALITATIVE ASSESSMENT OF SOILS IN TECHNOGENIC LANDSCAPES
OF GORLOVSKIY ANTHRACITOUS DEPOSIT

^{1,3}Dvurechenskiy V.G., Candidate of Biology

¹Sokolov D.A., Candidate of Biology

²Seredina V.P., Dr. of Biological Sc.

¹Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry SD RAS, Novosibirsk, Russia

²National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

³Novosibirsk State Architectural and Building University, Novosibirsk, Russia

Key words: embryosimes, technogenic landscape, soil morphology, index of bonitete, index of soil specific features, density

Abstract. The paper highlights the results of Morphological studies of soils formed on the outer 30-year dumps of overburden and host rocks of the Gorlovskiy deposit and leached chernozem soil. The authors found out that soil covering contains initial, organic accumulative and sod types of embryosimes. Comparative morphological characteristics of soils indicates differences between chernozems and technogenic landscape soils. The results show that soil formation increases concentration of pedogenic organic matter in the soils which is almost equal to that in the black soil. The paper represents qualitative assessment of the soils. The authors calculate the index of specific features which reveals significant differences in the contribution to total variation of different soil properties. The article shows that embryosimes formed on loose sediments are the most fertile. It is established that the level of quality value in rocky soils is determined by concentration of physical clay; in the soils formed on loose rocks it is explained by humus concentration.. The ecosystem is not in a meta-stable climax state; it is developing dynamically, being at the stage of forming sod embryosimes. Therefore, the soil and environmental condition of tailings is satisfactory, as the embryosimes have not been formed after 31 years later the initial phase of technogenesis started. Humus accumulating embryosimes are expected to be formed in the soil covering as well as dry steppe soils on technogenic eluvium and neogenic clays.

В Российской Федерации темпы добычи полезных ископаемых, в том числе и угля, увеличиваются с каждым годом, соответственно возрастают некоторые проблемы, связанные с влиянием образующихся техногенных ландшафтов на компоненты природной среды на окружающих и удаленных территориях. В этом плане Новосибирская область не является исключением. На ее территории успешно разрабатывается Горловский бассейн антрацита. Ценность антрацита, по сравнению с другими видами углей, определяется его уникальными физико-химическими свойствами, связанными с особыми геологическими условиями углеобразования. Активная разработка месторождения влечет за собой ряд экологических проблем. Первая связана с интенсивным ростом площадей техногенных объектов и отчуждением под

них естественных высокопродуктивных земель [1]. Вторая определяется свойствами складированных в отвалы отходов, отличающихся исключительной в ряду других углевещающих пород спецификой [2], которая проявляется в низкой скорости посттехногенного восстановления нарушенными территориями почвенно-экологических функций [3].

Определение почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов лесостепной зоны Западной Сибири проводилось и ранее [4, 5], в основном в Кемеровской области. Изучались морфологические, физические и физико-химические свойства эмбриоземов. В Новосибирской области техногенные экосистемы недостаточно изучены [6]. Также известно, что каждый ландшафт, каждый объект имеет свой набор экологических

функций, параметров и свойств, а сравнение ландшафтов техногенных с естественными необходимо для оценки степени нарушения и возможного восстановления экосистемы во времени.

По данным сайта АО «Сибирский антрацит», к 2019 г. планируется увеличение ежегодного объема добычи антрацита до 9,5 млн т, что неминуемо повлечет за собой отчуждение под размещение отходов нескольких тысяч гектаров прилегающих высокопродуктивных земель. Антрацит Горловского угольного бассейна сегодня добывается карьерным способом, что является следствием специфических условий залегания и формирования угольных пластов. Поэтому опыт восстановления нарушенных земель угольных месторождений Украины, где антрацит добывается преимущественно шахтным способом, в Новосибирской области неприменим. Технологии рекультивации, используемые сегодня в Кузбассе, также требуют серьезной переработки и адаптации, поскольку каменноугольные и антрацитовые месторождения существенно отличаются по химизму, минералогическому и петрографическому составу вскрышных и углевмещающих пород. В этом ключе особую важность приобретают исследования качественного состояния поверхности техногенного ландшафта в связи с процессами формирования почвенного покрова.

Цель работы – изучение состояния и качественная оценка почв, сформированных на поверхности отвалов Горловского антрацитового месторождения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объекта исследования были взяты фоновые черноземы выщелоченные и молодые почвы – эмбриоземы, формирующиеся на отвалах Горловского антрацитового месторождения, расположенного в лесостепной зоне на правом берегу р. Оби в Искитимском районе Новосибирской области, примерно в 100 км к юго-западу от

Новосибирска. Разработчик месторождения – «Сибирский Антрацит».

В работе использовались морфологические методы исследования, непосредственно в полевых условиях. При описании почв применялась классификация почв техногенных ландшафтов, приведенная В.М. Курачевым, В.А. Андрохановым [7].

Используемая в работе профильно-генетическая классификация почв техногенных ландшафтов основана на типодиагностических характеристиках слоев – горизонтов почв, формирующихся в посттехногенную стадию, т.е. на морфологических профильных особенностях. Исследование морфологических свойств молодых почв по внешним признакам позволяет выявить историю их формирования, или, другим словом, генезис.

Для того чтобы качественно оценить состояние исследуемых техногенных почв, необходимо рассчитать баллы бонитета, которые отражают меру определенного соответствия свойств почв по отношению к зональным фоновым почвам:

$$B_{эм} = B_{з.п.} \cdot i_{сп} \quad (1)$$

где $B_{эм}$ – балл бонитета почвы (эмбриоземов);
 $B_{з.п.}$ – балл бонитета фоновой почвы;
 $i_{сп}$ – индекс специфичности определяемых свойств эмбриоземов.

Так как зональными (фоновыми) почвами в зоне лесостепи являются выщелоченные черноземы, у которых балл бонитета приближается к 100 единицам, то $B_{з.п.}$ было решено принять за 100 [8].

Индекс специфичности любой почвы можно рассчитать по основным почвенным показателям (состояние гумуса, количество физической глины и т.п.), значения которых определяют индивидуальные характеристики субстрата, либо стимулирующие, либо лимитирующие восстановление почвы и её экологических функций. На отвалах угольных разрезов определяющее влияние на процессы формирования почв оказывают рельеф, содержание гумуса и физической глины, а также плотность сложения субстрата [9]. Значения данного индекса в числовом выражении характеризуют

некоторую степень отклонения почвенного показателя от предполагаемого контрольного значения в фоновой почве. Чем сильнее рассматриваемый показатель отличается от эталонного варианта, тем меньше будет $i_{сп}$.

Так, субстратный индекс специфичности по количеству содержания физической глины можно определить по следующей формуле:

$$i_{сп. ф. гл.} = \frac{C_{ф. гл. эм}}{C_{ф. гл. чер}}, \quad (2)$$

где $i_{сп. ф. гл.}$ – индекс специфичности количества физической глины;

$C_{ф. гл. эм}$ и $C_{ф. гл. чер}$ – количество физической глины соответственно в эмбриоземах и черноземах.

Если количество физической глины в исследуемом эмбриоземе выше, чем в фоновой почве, то числитель и знаменатель должны поменяться местами. В связи с этим при расчетах индекса специфичности (касаемо плотности) в знаменатель формулы ставится плотность исследуемого эмбриозема, а в числитель – плотность зональной почвы:

$$i_{сп.п} = \frac{pb_{чер}}{pb_{эм}}, \quad (3)$$

где $i_{сп.п}$ – индекс специфичности (по плотности сложения);

$pb_{чер}$ и $pb_{эм}$ – плотность сложения соответственно черноземов и эмбриоземов.

Используя этот же подход, можно рассчитать индекс специфичности по содержанию гумуса:

$$i_{сп.гум} = \frac{C_{гум. эм}}{C_{гум. чер}}, \quad (4)$$

где $i_{сп.гум}$ – индекс специфичности (по содержанию гумуса);

$C_{гум. эм}$ и $C_{гум. чер}$ – содержание гумуса соответственно в эмбриоземах и черноземах.

Индекс специфичности по рельефу в расчетах использоваться не может, так как на всех исследуемых отвалах горных пород ранее была проведена планировка (горно-технический этап рекультивации), в результате чего поверхность участков стала практически горизонтальной.

Объединенная формула расчета индекса специфичности будет выглядеть как сумма средних значений индексов специфичности субстрата по содержанию физической глины, органического углерода педогенного происхождения и плотности:

$$I_{сп} = \frac{i_{сп. ф. гл.} + i_{сп. п} + i_{сп. гум}}{3}, \quad (5)$$

где $I_{сп}$ – средний по определяемым значениям индекс специфичности.

Подобным образом можно рассчитать индекс специфичности для части профилей почв (горизонта, слоя). В данном исследовании сравнивались параметры из верхнего 20-сантиметрового слоя. Таким образом, полученные данные (количественные значения) позволили определить как меру соответствия некоторых свойств молодых почв – эмбриоземов – свойствам фоновых черноземов, так и рассчитать средний балл применительно к каждой конкретной почве.

Методической основой данного исследования послужили методы определения химических и физических свойств почв, общепринятые в почвоведении [10,11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемые 31-летние отвалы состоят из техногенного элювия осадочных плотных пород. Субстрат отвала представлен смесью сильно метаморфизированных песчаников, алевролитов и аргиллитов. На таких, не совсем благоприятных для быстрого развития почв, породах формируются инициальные, а также органоаккумулятивные и очень редко дерновые эмбриоземы. Отличительной особенностью формирующихся почв является очень высокая каменистость (более 70%) и переуплотненность, когда плотность сложения превышает 2 г/см³ [12]. На поверхности отвалов встречаются небольшой площади участки, на поверхность которых были отсыпаны рыхлые осадочные породы, представленные мелпалеогеновыми глинами. Именно на таких участках в почвенном покрове определяются эмбриоземы дерновые.

Таким образом, в посттехногенную фазу развития внешних транспортных отвалов Горловского угольного месторождения в результате самозаращения и естественного восстановления ландшафта определяется особый специфический почвенный покров, в составе которого преобладают следующие типы молодых почв – эмбриоземов: инициальные, органоаккумулятивные и дерновые.

Инициальные эмбриоземы – это такой тип почв, морфологической особенностью которого служит отсутствие (либо примитивность) профиля. Данная особенность обусловлена несколькими причинами: во-первых, изменением одного или нескольких факторов почвообразования; во-вторых, неблагоприятными почвообразовательными условиями; в-третьих, лимитирующими факторами: крутые склоновые и инсолируемые поверхности, высокая каменистость субстрата и т.д., что определяет очень медленное преобразование исходного субстрата отвала вследствие слабого развития или отсутствия биоценозов на его поверхности.

Органоаккумулятивные эмбриоземы – это такой тип почв, в которых профиль еще не совсем дифференцирован, тем не менее на поверхности определяется типодиагностический горизонт, представляющий собой слой подстилки с разной степенью разложения. Органоаккумулятивная стадия является следующей, идущей непосредственно за инициальной стадией развития почв техногенных экосистем.

Эмбриоземы дерновые относятся к биологически развитым молодым почвам техногенных ландшафтов. Профиль дифференцирован – в его составе помимо подстилки определяется дернина.

Сравнив морфологические свойства эмбриоземов техногенных экосистем между собой, следует отметить: 1) слаборазвитый почвенный профиль; 2) во всех типах (кроме эмбриоземов дерновых на мелпалеогеновых глинах) в профиле содержится большое количество каменистой породы, в петрографическом составе которой преобладают аргиллиты, алевролиты, песчаники и антрацит; 3) от-

мечается содержание небольшого количества мелкозема, представленного среднесуглинистыми частицами; в эмбриоземах дерновых, формирующихся на глинах, верхняя часть профиля тяжелосуглинистая, нижняя – легкосуглинистая; 4) эмбриоземы (кроме дерновых на глинах, в которых отмечаются коричневые тона) имеют примерно схожие темно-серые тона окраски, объясняющиеся большим содержанием частиц антрацита в профиле, тем не менее в эмбриоземе дерновом на техногенном илювии присутствуют бурые оттенки, так как в данном типе происходит накопление органического вещества; 5) во всех профилях, за исключением эмбриоземов дерновых, отмечается низкая влажность, что свидетельствует об иссушении почвы под действием инсоляции. Солнечные лучи притягиваются благодаря незамкнутому фитоценозу и темным оттенкам поверхности почвы. Как следствие, происходит нарушение водно-воздушного режима, при котором становится затруднительным функционирование почвенной биоты, а значит и преобразование органического вещества.

Сравнение морфологических особенностей эмбриоземов и черноземов выщелоченных показало следующие особенности: 1) черноземы выщелоченные имеют развитый почвенный профиль с выраженным гумусовым горизонтом (от 20 см); 2) мелкозем черноземов выщелоченных – тяжелосуглинистый; 3) в черноземах выщелоченных присутствуют карбонаты, которых в эмбриоземах нет, зато в почвах техногенных экосистем имеется большое количество частиц антрацита; 4) черноземы выщелоченные более дифференцированы по цвету профиля; 5) в черноземах выщелоченных глубина «захвата» корнями растений достигает 60 см; в эмбриоземах корней растений может не быть совсем.

Принято полагать, что скорость почвообразовательных процессов в техногенных экосистемах, как и мозаичность почвенного покрова, напрямую зависит от эдафических условий в слоях почвы, в которых обитают корни растений; свойства корнеобитаемого слоя в основном определяются особенностями

ми «построения» ландшафта на его горно-техническом этапе [13].

По мере развития почвообразовательных процессов в эмбриоземах происходит также изменение следующих показателей: содержание углерода, гранулометрический состав, плотность сложения.

Проведенные исследования показали, что содержание тонкодисперсных фракций в эмбриоземах увеличивается с глубиной (таблица), тем не менее значения данного показателя остаются в лимитирующих пределах, т.е. в одних и тех же границах градиентов. Таким образом, выявлено, что по содержанию физической глины почвы на участках с отсыпанными плотными породами относятся по гранулометрическому составу к песку связному. В почвах, формирующихся на рыхлых породах, определяется тяжелосуглинистый состав в верхнем слое и легкосуглинистый в слое от 3 до 20 см.

Индекс специфичности вычислялся исходя из того, что в фоновом черноземе содержание фракции размером менее 0,01 мм составляет около 55%. Поэтому $i_{\text{сп. ф. гл}}$ для сильнокаменистых почв увеличивается с глубиной: в эмбриоземах инициальных – от 0,17 до 0,18, в эмбриоземах органоаккумулятивных – от 0,12 до 0,19, в эмбриоземах дерновых – от 0,10 до 0,22. Максимальные индексы свойственны эмбриоземам дерновым, формирующимся на глинах (от 0,79 до 0,89).

Плотность сложения почв – следующая особенность эдафических условий исследуе-

мых нарушенных ландшафтов, представляющих собой отвалы антрацитового разреза. Эта особенность связана с тем, что формирование отвалов происходит с помощью различного рода техники. В формировании тела отвала участвуют автомобили, экскаваторы и другие технические средства, осуществляющие перемещение пород и отсыпку. На различных этапах формирования тела отвала определенный вид техники выполняет отведенные ему функции, тем самым оказывая на отвал определенное воздействие. В силу этого процессы почвообразования начинают осуществляться на поверхности с характерной пространственной неоднородностью как по составу пород, так и по степени их уплотненности. Исследования показали, что в почвах техногенных ландшафтов плотность сложения более высокая, чем в почвах естественных ландшафтов. Максимальное значение плотности сложения (2,3 г/см³) отмечено в эмбриоземах инициальных, минимальное – в эмбриоземах дерновых (1,3–1,8 г/см³).

Рассчитанные коэффициенты специфичности показали, что плотность эмбриоземов снижается в эволюционном ряду от инициальных до дерновых, приближаясь по значениям к плотности черноземов. Минимальные значения $i_{\text{сп}}$ верхней части профиля отмечены в инициальных эмбриоземах (0,51), максимальные – в эмбриоземах дерновых (0,85).

Важнейшим показателем, определяющим качество почв, считается высокая пространственная изменчивость почвообразова-

Свойства эмбриоземов, определяющие их специфичность по отношению к фоновым черноземам
Features of embryosimes defining their specific properties in relation to chernozem soil

Почва	Глубина, см	Физ. глина, %	Плотность, г/см ³	Гумус, %	$i_{\text{сп. ф. гл}}$	$i_{\text{сп. п}}$	$i_{\text{сп. гум}}$	$I_{\text{ср}}$	$i_{\text{сп}}$	$B_{\text{эм}}$
Инициальный эмбриозем	0–10	9,3	2,2	2,9	0,17	0,51	0,24	0,31	0,29	29
	10–20	9,8	2,3	1,7	0,18	0,48	0,14	0,27		
Органоаккумулятивный эмбриозем	0–10	6,5	1,9	2,9	0,12	0,58	0,24	0,31	0,32	32
	10–20	10,5	2,1	2,9	0,19	0,52	0,24	0,32		
Дерновый эмбриозем (техногенный элювий)	0–3	5,3	1,3	2,2	0,10	0,85	0,18	0,37	0,32	32
	3–10	8,9	2,1	4,4	0,16	0,52	0,36	0,35		
	10–20	11,8	2,1	1,2	0,22	0,52	0,10	0,28		
Дерновый эмбриозем (глины)	0–3	43,2	1,3	3,5	0,79	0,85	0,29	0,64	0,56	56
	3–12	65,0	1,6	1,7	0,85	0,69	0,14	0,56		
	12–20	62,0	1,8	1,2	0,89	0,61	0,10	0,53		
Чернозем выщелоченный	0–20	55,0	1,1	10,0	1	1	1	1	1	100

тельных процессов, протекающих на отвалах каменноугольных разрезов, по содержанию органического вещества. Во-первых, это объясняется наличием антрацита в слагающих тело отвала породах, во-вторых, особенностями возобновления естественной растительности. Считается, что содержание гумуса в образцах, содержащих каменный уголь, при помощи методов мокрого сжигания оценить нельзя [14] по причине того, что при проведении анализа в навеске почвы вместе с гумусом окисляются также частицы угля. Однако антрацитовые угли являются устойчивыми к такому окислению, поэтому их влияние на величины содержания гумуса в данном исследовании не учитывалось.

В верхних горизонтах исследуемых эмбриоземов количество гумуса составило 2,9% как в инициальном, так и в органоаккумулятивном, и 2,2% – в дерновом. В эмбриоземах дерновых, формирующихся на рыхлых породах, было отмечено максимальное содержание гумуса (3,5%). Рассчитывая индекс специфичности по количеству гумуса, за основу принимали их содержание в фоновых черноземах выщелоченных, составляющее около 10%. Итоговые результаты свидетельствуют о том, что при генезисе процессов почвообразования количество педогенного органического вещества в почвах техногенных ландшафтов Горловского антрацитового месторождения вплотную приближается к таковому в фоновых черноземах (см. таблицу).

Качественная оценка почвенного состояния техногенного ландшафта сводится к количественной оценке тех режимов и свойств, которые определяют направленность и скорость протекания процессов почвообразования. Рассчитываемые индексы специфичности указывают на значительные различия во вкладе в общее варьирование различных свойств почв. Оценивая значимость определяемых параметров для среднего индекса специфичности, следует заметить, что в молодых почвах, формирующихся на плотных породах, главным условием в расчете индекса специфичности является наличие физической глины. Для таких почв индекс $i_{\text{сп. ф. гл}}$ минимален среди других

индексов. В почвах, формирующихся на рыхлых осадочных отложениях, лимитирующим условием генезиса процессов почвообразования является содержание гумуса. Значения $i_{\text{сп. гум}}$ для них минимальны. Учитывая современные представления о скорости гумусонакопления в черноземах [15], можно утверждать, что на данном исследуемом объекте не хватает времени на реализацию литогенного потенциала гумусонакопления.

Расчеты баллов бонитета почв показали, что наиболее плодородными являются формирующиеся на мелпалеогеновых глинах эмбриоземы дерновые, балл бонитета которых равен 56. По плодородию данный тип эмбриоземов соответствуют дерново-подзолистым глееватым и аллювиально-луговым почвам.

ВЫВОДЫ

1. В почвенном покрове внешних отвалов Горловского месторождения антрацита морфологически определяются эмбриоземы инициальные, органоаккумулятивные и дерновые, которые резко отличаются от фоновых черноземов выщелоченных.

2. Главными морфологическими особенностями эмбриоземов являются слаборазвитый почвенный профиль, высокая каменистость, наличие частиц антрацита.

3. Почвенно-экологическое состояние отвалов считается удовлетворительным, так как по истечении 31 года с момента начальной фазы техногенеза в составе почвенного покрова формируются эмбриоземы дерновые, тем не менее гумусово-аккумулятивных эмбриоземов нет из-за слабого поступления и преобразования органического вещества.

4. В эволюционном ряду почв на участках плотных пород значения средних индексов специфичности практически не меняются (от 0,29 до 0,32). В дерновых эмбриоземах, сформированных на глинах, они максимальны и достигают 0,56 (при 1,00 у черноземов выщелоченных).

5. Эмбриоземы на участках, отсыпанных каменистыми плотными породами, имеют оценку 31 ± 2 балла, что по свойствам плодородности

ставит данные почвы в один ряд с различными типами почв, развивающихся в горных условиях, а также подзолами и солодами.

6. Факторами, определяющими низкое качество техногенных почв Горловского месторождения, являются: дефицит содержания физиче-

ской глины для участков плотных осадочных пород и низкое содержание гумуса для участков, отсыпанных мелпалеогеновыми глинами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-04-00836.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Огорокова Т.Л., Соколов Д.А.* Качественная оценка состояния почв отвалов Горловского антрацитового месторождения // Почва – ресурс экологической и продовольственной безопасности: материалы Всерос. науч. конф. III Ковалевские молодежные чтения (Новосибирск, 26–30 сент. 2016 г.). – Новосибирск, 2016. – С. 300–308.
2. *Угольная база России. Т. II: Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай).* – М.: Геоинформцентр, 2003. – 604 с.
3. *Бонитировочный* подход к оценке почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов Сибири (на примере отвалов антрацитовых, каменно- и буроугольных месторождений) / И.Н. Госсен, С.П. Кулижский, Е.Б. Данилова, Д.А. Соколов // Вестн. НГАУ. – 2016. – № 2 (39). – С. 71–81.
4. *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.
5. *Двуреченский В.Г., Середина В.П.* Почвенно-экологическое состояние и пути восстановления техногенных экосистем лесостепного пояса Кузнецкой котловины // Безопасность жизнедеятельности. – 2017. – № 12. – С. 47–52.
6. *Зиновик К.В., Двуреченский В.Г., Середина В.П.* Физико-химические свойства эмбриоземов отвалов Горловского угольного месторождения // Почва – ресурс экологической и продовольственной безопасности: материалы Всерос. науч. конф. III Ковалевские молодежные чтения. – Новосибирск, 2016. – С. 225–230.
7. *Курачев В.М., Андроханов В.А.* Классификация почв техногенных ландшафтов // Сиб. экол. журн. – 2002. – № 3. – С. 255–261.
8. *Щербинин В.И.* Принципы бонитировки почв Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1985. – 118 с.
9. *Андроханов В.А., Курачев В.М.* Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 224 с.
10. *Агрехимические* методы исследования почв / отв. ред. А.В. Соколов, Д.Л. Аскинази. – М., 1965. – 436 с.
11. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв и грунтов. – М.: Высш. шк., 1973. – 400 с.
12. *Морфогенетическая* диагностика процессов почвообразования на отвалах каменноугольных разрезов Сибири / Д.А. Соколов, В.А. Андроханов, С.П. Кулижский, Е.А. Доможакова, С.В. Лойко // Почвоведение. – 2015. – № 1. – С. 106–117.
13. *Природно-техногенные* комплексы Кузбасса: свойства и режимы функционирования / И.С. Семина, И.П. Беланов, А.М. Шипилова, В.А. Андроханов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 396 с.
14. *Соколов Д.А., Кулижский С.П., Беланов И.П.* Методы определения содержания гумуса в углесодержащих почвах техногенных ландшафтов и их сравнительная оценка // Природно-

техногенные комплексы: современное состояние и перспективы восстановления: материалы междунар. науч. конф. – Новосибирск, 2016. – С. 229–237.

15. Лисецкий Ф. Н. Воспроизводство почв в степных экосистемах разного возраста // Сиб. экол. журн. – 2012. – № 6. – С. 819–829.

REFERENCES

1. Okorokova T. L., Sokolov D. A. *Pochva – resurs jekologicheskoy i prodovol'stvennoj bezopasnosti* (Soil is a resource of ecological and food security), Proceeding of the III Youth Conference on soil science, September 26–30, 2016, Novosibirsk, 2016, pp. 300–308. (In Russ.)
2. *Ugol'naja baza Rossii. Tom II. Ugol'nye bassejny i mestorozhdenija Zapadnoj Sibiri (Kuzneckij, Gorlovskij, Zapadno-Sibirskij bassejny; mestorozhdenija Altajskogo kraja i Respubliki Altaj)* (Coal base of Russia. Volume II. Coal pools and deposits of Western Siberia (Kuznetsky, Gorlovsky, West Siberian basins, deposits of the Altai Territory and the Altai Republic), Moscow: Geoinformcentr, 2003, 604 p.
3. Gossen I. N., Kulizhskij S. P., Danilova E. B., Sokolov D. A. *Vestnik NGAU*, 2016, No. 2 (39), pp. 71–81. (In Russ.)
4. Trefilova O. V., Grodnickaja I. D., Efimov D. Ju. *Pochvovedenie*, 2014, No. 1, pp. 109–119. (In Russ.)
5. Dvurechenskij V. G., Seredina V. P. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*, 2017, No. 12, pp. 47–52. (In Russ.)
6. Zinovik K. V., Dvurechenskij V. G., Seredina V. P. *Pochva – resurs jekologicheskoy i prodovol'stvennoj bezopasnosti*. (Soil is a resource of ecological and food security), Proceeding of the III Youth Conference on soil science, September 26–30, 2016, Novosibirsk, 2016, pp. 225–230. (In Russ.)
7. Kurachev V. M., Androhanov V. A. *Sibirskij jekologicheskij zhurnal*, 2002, No. 3, pp. 255–261. (In Russ.)
8. Shherbinin V. I. *Principy bonitirovki pochv Zapadnoj Sibiri* (Principles of boning of soils in Western Siberia), Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, 1985, 118 p.
9. Androhanov V. A., Kurachev V. M. *Pochvenno-jekologicheskoe sostojanie tehnogennyh landshaftov: dinamika i ocenka* (Soil-ecological state of technogenic landscapes: dynamics and evaluation), Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2010, 224 p.
10. *Agrohimičeskie metody issledovanija pochv* (Agrochemical methods of soil investigation) Moscow, 1965, 436 p.
11. Vadjunina A. F., Korchagina Z. A. *Metody issledovanija fizičeskikh svojstv pochv i gruntov* (Methods for studying the physical properties of soils and soils), Moscow: Vyssh. shk., 1973. 400 p.
12. Sokolov D. A., Androhanov V. A., Kulizhskij S. P., Gurkova E. A. *Pochvovedenie*, 2015, No. 1, pp. 106–117. (In Russ.)
13. Semina I. S., Belanov I. P., Shipilova A. M., Androhanov V. A. *Prirodno-tehnogennye komplekсы Kuzbassa: svojstva i režimy funkcionirovanija* (Natural and technogenic complexes of Kuzbass: properties and modes of functioning), Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2013, 396 p.
14. Sokolov D. A., Kulizhskij S. P., Belanov I. P. *Prirodno-tehnogennye komplekсы: sovremennoe sostojanie i perspektivy vosstanovlenija* (Natural-technogenic complexes: the current state and prospects for recovery), Proceeding of the International Scientific Conference, 2016, pp. 229–237. (In Russ.)
15. Liseckij F. N. *Sibirskij jekologicheskij zhurnal*, 2012, No. 6, pp. 819–829. (In Russ.)