

УДК 631.43+504.53.064.2](571.6)

Л.Н. ПУРТОВА, В.А. СЕМАЛЬ, А.М. ДЕРБЕНЦЕВА

## Техногенные поверхностные образования горно-промышленных комплексов юга Дальнего Востока России: морфология и физико-механические свойства

*Исследованы морфология и физико-механические свойства литостратов, токсилитостратов и токсиндустратов – техногенных поверхностных образований, созданных на территории горнопромышленных комплексов юга Дальнего Востока России с открытым и закрытым способами добычи угля, а также при работе тепловых электростанций. Особое внимание уделено противоэрозионной устойчивости указанных образований как главному показателю состояния их целостности.*

*Ключевые слова: техногенные поверхностные образования, почвы, физико-механические свойства, эрозионные процессы, Дальний Восток России.*

**Technogenic surface formations of mining and industrial complexes in the Southern Far East of Russia: their morphology and mechanical properties.** L.N. PURTOVA, V.A. SEMAL (Institute of Biology and Soil Science, FEB RAS, Far Eastern Federal University, Vladivostok), A.M. DERBENTSEVA (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

*Morphology as well as physical and mechanical properties of litostrats, toxilitostrats and toxiindustrats - technogenic surface formations formed in the mining and industrial complexes in the southern Far East of Russia with open and close methods of coal mining and at the thermal power stations were studied. Special attention was paid to antierosion sustainability as the main indicator of their integrity.*

*Key words: technogenic landscapes, soils, physical and mechanical properties, erosion processes, Far East of Russia.*

Техногенные поверхностные образования (ТПО) на юге Дальнего Востока, будучи частью экосистем, не являются почвами в исторически сложившемся смысле данного понятия. Это остаточные продукты хозяйственной деятельности, состоящие из природного или специфического новообразованного субстрата, и в них еще не сформировались генетические горизонты. Терриконы пустых горных пород и отвалы вскрышных пород – прежде всего геологические образования осадочных горных пород на дневной поверхности, к которым относятся и пласты углей [14]. Но по условиям образования и физико-химическим параметрам среды угольные пласты резко отличаются от осадочных пород, представляя собой геохимические барьеры с восстановительными, сорбционными и другими свойствами. Соответственно, рассматриваемые ТПО имеют иной состав сингенетических минеральных компонентов [9]: в отвалах вскрышных пород техногенной системы с открытым способом угледобычи присутствуют сидерит, каолинит, пирит, кальцит, кварц, глинистый материал, терриконы горных пород техногенной системы с закры-

---

\* ПУРТОВА Людмила Николаевна – доктор биологических наук, заведующая сектором, СЕМАЛЬ Виктория Андреевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), ДЕРБЕНЦЕВА Алла Михайловна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток).  
\*E-mail: purtova@ibss.dvo.ru

тым способом угледобычи включают каолинит, глинистый материал, обломочный кварц, реже пирит. Кроме того, минеральные компоненты либо представлены в чистом виде, либо входят в соединения органических веществ. Часть из них удерживается силами адсорбции вещества угля. Некоторые элементы находятся в минералах в виде изоморфных примесей или сорбированы слоистыми алюмосиликатами глинисто-гумусовой основной массы. Большинство вскрышных пород содержат значительное количество химических элементов-загрязнителей.

Отвалы представляют собой поверхностные образования, лишённые гумусированного слоя и состоящие из минерального материала природного происхождения, следовательно, их относят к группе натурфабрикатов [10]. А так как это насыпные минеральные грунты, т.е. отвалы вскрышных пород, создающиеся при разработке месторождений полезных ископаемых, их объединяют в подгруппу литостратов. Такую классификацию отвальных пород по группам и подгруппам вполне можно принять для ТПО.

Российскими и зарубежными исследователями установлено, что на ТПО уже в первые годы после их образования появляется растительность, последовательно проходящая стадии сукцессии, и начинаются почвообразовательные процессы [1, 2, 6, 11–22]. Материнскую породу можно рассматривать как начальное состояние почвенной системы, как почву в нулевой момент времени, которая, сохранив в своем составе элементы-биогены, обладает определенным плодородием. Для таких «нулевых» почв предложена классификация, где впервые применены субстантивно-генетические критерии [6]. В этой классификации почвы техногенных ландшафтов на надтиповом таксономическом уровне названы эмбриоземами. В работах американских почвоведов используется термин «minesoils» для названия большой группы очень молодых почв, которые развиваются на субстратах из смеси горных пород и грунтов, образующихся при добыче полезных ископаемых и в результате дорожно-строительных и строительных работ. В свою очередь minesoils в зависимости от наличия почвенных горизонтов разделяются на Entisoils и Inceptisoils [21]. В настоящей статье нами использована «Классификация и диагностика почв России» [10], в соответствии с которой искусственные почвы и грунты не входят в единую систему естественных («нормально развитых») почв, поэтому отвалы, созданные в результате деятельности промышленных производств, рассматривались нами как ТПО.

Под воздействием ТПО происходит трансформация природных ландшафтов: деградируют растительный покров и почвы, изменяются рельеф и гидросток. При изучении ТПО особую роль играют исследования физико-механических свойств их материала, в том числе противозерозионной стойкости. Следует учесть и то, что с точки зрения физико-механических свойств территория техногенно-промышленных систем исследована недостаточно [3, 7]. В связи с этим представляется актуальным изучение изменений названных свойств техногенных поверхностных образований и их влияния на почвенный покров под воздействием муссонного климата. Нашими исследованиями впервые выявлены физико-механические свойства материала терриконов, отвалов и золоотвалов, формирующихся в условиях техногенеза под воздействием региональных особенностей процессов почвообразования.

Цель работы – исследование физико-механических свойств ТПО и их влияния на стартовое состояние эрозийного процесса. Задачи исследования – определение морфологического строения материала изученных техногенных поверхностных образований и физико-механических свойств литостратов, токсилитостратов и токсиндустратов [10], а также противозерозионной устойчивости материала ТПО, возникших в условиях различных промышленных комплексов.

**Объекты и методы исследования.** Исследовали три группы техногенных поверхностных образований, созданных в результате деятельности промышленных производств: шахтные терриконы из вмещающих горных пород – литостратов и токсилитостратов, отсыпанных на темногумусовые глеевые почвы, темногумусовые подбелы и буроземы; отвалы вскрышных пород – литостратов открытой разработки углей, отсыпанных на

темногумусовые подбелы; токсиндустраты – материал золоотвалов теплоэлектростанций (см. таблицу).

**Первая группа** представлена терриконом из пустых горных пород – токсилитостратов Тавричанской техногенно-промышленной системы. Внешне материал терриконов – уплотненный неоднородный субстрат из кусков различных размеров разложившегося и полуразложившегося бурого угля и других горных пород. Материал влажный, пронизан корнями древесно-кустарниковой растительности; на поверхности растут польнь, одуванчики, чина и другие представители разнотравья, а также ива, ольха. Морфологические признаки слоев приводятся по выработке 20Т-2012, сделанной на верхней трети восточного склона террикона.

Слой 0–5 см – сырой, темно-серого цвета, каменистый (куски угля разной степени разложения), бесструктурный, много корней, переход неясный.

Слой 5–15 см – влажный, пестрый с преобладанием серо-ржавых пятен, очень плотный, много обломков угля и других пород, корни травянистых растений диаметром от 1 до 4 мм.

Слой 15–60 см – влажный, пестрый, по сравнению с вышележащим слоем больше серых пятен, очень плотный, много обломков угля и других пород, корни травянистых растений.

**Вторая группа** представлена отвалом вскрышных пород – литостратов Павловского угольного разреза (открытые разработки). На срезе борта отвала, сделанном ковшем экскаватора от верхушки до 1,5–1,7 м вглубь откоса, на общем фоне глыб шоколадно-коричневого цвета отмечаются ржаво-охристые пятна разложившейся железосодержащей горной породы. Растительность – польнь, вейник, мятлик, пырей. Морфологические признаки слоев приводятся по выработке 30 П-2012, сделанной на западном склоне отвала.

Слой 0–15 см – свежий, темно-серый с буроватым оттенком, прони-

Физико-механические и противозеронозные свойства материала техногенных поверхностных образований

Мощность слоя, см	Фракции, мм		Название по granulометрическому составу	Фракции, мм		Соержание, %	Фактор дисперсности [8] – структура	Фактор структурности [4] – способность к оструктурированию	Противозеронозная устойчивость
	Granulометрический состав			Mикроагрегатный состав					
0–5	1–0,25	5	Суглинок тяжелый иловато-крупнопылеватый	1–0,25	26	Достаточно водопрочная (13)	Незначительная (35)	Средняя (2,7)	
	0,25–0,01	35		0,25–0,01	59				
	0,01–0,001	60		0,01–0,001	15				
5–15	<0,001	23	Суглинок тяжелый крупнопылеватого иловатый	<0,001	3	Слабоводопрочная (29)	То же (26)	Низкая (0,9)	
	<0,01	60		<0,01	15				
	1–0,25	14		1–0,25	20				
15–60	0,25–0,01	32	Суглинок тяжелый крупнопылеватого иловатый	0,25–0,01	60	Достаточно водопрочная (12)	То же (55)	Средняя (4,6)	
	0,01–0,001	54		0,01–0,001	20				
	<0,001	24		<0,001	4				
	<0,01	54		<0,01	20				
	1–0,25	16		1–0,25	15				
	0,25–0,01	30		0,25–0,01	68				
	0,01–0,001	54		0,01–0,001	17				
	<0,001	26		<0,001	3				
	<0,01	54		<0,01	17				

Тавричанская техногенно-промышленная система – 20Т-2012 – токсилитостраты

Павловский угольный разрез – 30П-2012 – литостраты									
0–15	1–0,25	4	Глина средняя иловатая	1–0,25	58	Водопрочная (5)	Удовлетворительная (91)	Высокая (18,2)	
	0,25–0,01	23		0,25–0,01	34				
	0,01–0,001	73		0,01–0,001	8				
15–45	<0,001	73	Суглинок тяжелый иловато-опесчаный	<0,001	2	То же (8)	То же (93)	То же (11,6)	
	<0,01	44		<0,01	8				
	1–0,25	31		1–0,25	36				
45–140	0,25–0,01	28	Суглинок тяжелый иловато-опесчаный	0,25–0,01	54	То же (9)	То же (68)	Средняя (7,6)	
	0,01–0,001	41		0,01–0,001	10				
	<0,001	26		<0,001	2				
	<0,01	41		<0,01	10				
	1–0,25	32		1–0,25	33				
	0,25–0,01	27		0,25–0,01	54				
0–19	0,01–0,001	41	Суглинок тяжелый иловато-опесчаный	0,01–0,001	13	Слабоводо-прочная (43)	Незначительная (13)	Низкая (0,3)	
	<0,001	3		<0,001	2				
	<0,01	14		<0,01	13				
19–37	1–0,25	18	Супесь мелкоопесчаная	1–0,25	28	То же (40)	То же (17)	То же (0,4)	
	0,25–0,01	68		0,25–0,01	66				
	0,01–0,001	14		0,01–0,001	6				
37–60	<0,001	3	Супесь мелкоопесчаная	<0,001	1	Неводопрочная (100)	То же (1)	То же (0,1)	
	<0,01	14		<0,01	6				
	1–0,25	13		1–0,25	22				
	0,25–0,01	71	Супесь среднеопесчаная	0,25–0,01	72				
	0,01–0,001	16		0,01–0,001	6				
	<0,001	5		<0,001	1				
	<0,01	16		<0,01	6				
	1–0,25	2		1–0,25	2				
	0,25–0,01	88		0,25–0,01	83				
	0,01–0,001	10		0,01–0,001	15				
	<0,001	1		<0,001	1				
	<0,01	10		<0,01	15				

Техногенно-промышленная система Владивостокской ГЭЦ-2 – IV-2010 – токсиндустраты

Примечание. В круглых скобках – безразмерные величины, отражающие диапазон значений для каждой характеристики.

зан корнями травянистой растительности диаметром 0,5–3 мм на глубину 0–3 см, слабо задернован, комковато-рассыпчатый, переход постепенный.

Слой 15–45 см – сырой, пестрый с преобладанием грязно-бурых пятен, по профилю окатанный гравий диаметром 1–6 см, корни. На стенке разреза черные расплывчатые пятна – остатки хорошо разложившихся кусков угля; много корней. Переход по уплотнению и утяжелению гранулометрического состава, по увеличивающейся оглиненности.

Слой 45–140 см – сырой, глинистый, грязно-бурого цвета с ржавыми включениями окисленных железосодержащих пород по граням глыб, бесструктурный, по всему профилю много кусков обломков угля и других горных пород различного диаметра и разной степени разложения с преобладанием гравийно-галечниковых включений, уплотнен.

Второй внешний отвал, отсыпанный рядом с первым, охарактеризован выработкой 31 П-2012, сделанной на южном склоне. Тело отвала состоит из гравийно-галечниково-крупно песчаной смеси – литострата. Откосы изрезаны многочисленными промоинами, размывами глубиной 10–40 см. В русле промоин отмечен твердый сток, который образует конусы выноса, простирающиеся полосой 1,2–2 м по всему подножию восточного склона отвала.

Слой 0–14 см – свежий, серо-буроватый, рыхлый материал – гравийно-песчано-галечниковая смесь с многочисленными отдельностями гравия диаметром 0,3–7 см.

Слой 14–60 см – свежий, рыхлый бесструктурный гравийно-песчанистый материал. В общем эрозионном потоке входит в состав конуса выноса.

У подножия этого террикона наблюдается выход вод, образовавших небольшое техногенное озеро, ширина которого 1,2–2,0 м, длина равна протяженности восточного склона отвала. Вода в нем зеленоватого цвета, со слабым запахом аммиака.

**Третья группа** представлена отвалом золы – токсиндустратов, возникшим на территории техногенно-промышленной системы Владивостокской ТЭЦ-2. Минеральный материал золоотвала имеет легкосуглинистый гранулометрический состав, представлен однородной по текстуре серой дисперсной массой различной степени влажности. Масса поставляется по трубам в виде пульпы, которая в дальнейшем с помощью бульдозера перемещается в золоотвал. Со временем тело отвала уплотняется, борта покрываются эрозионными размывами. Отбор проб из золоотвала проводился из слоев выработки 1 В 2010.

Слой 0–19 см – сухой, серого цвета, бесструктурный, рассыпчато-пылеватый, постепенно переходит в нижележащий слой.

Слой 19–37 см – слабо уплотненный, дисперсный, серый, из мельчайших частиц раздробленного шлака и его более крупных обломков, переход едва заметен по увеличивающейся плотности и влажности.

Слой 37–60 см – зола, темно-серый, мелкодисперсный, однородный, сырой, бесструктурный, уплотненный.

В настоящее время нет специфических методов для изучения свойств техногенных поверхностных образований. Как правило, используются методики, принятые в почвоведении и эрозиоведении: «...почвоведение и грунтоведение изучают один и тот же объект – почву, поэтому методика исследования у обеих дисциплин часто совпадает, и каждая из дисциплин в ряде случаев может использовать данные, полученные другой дисциплиной, для решения стоящих перед ней задач» [17, с. 196]. Таким образом, физико-механические свойства почв и ТПО определены нами с применением стандартных методик [4, 8], противозерозионная стойкость – по работе [5]. Наблюдения за процессами плоскостной и линейной форм эрозии на поверхности ТПО вели методом маршрутных ходов с закладкой геоморфологических профилей. Названия почв и техногенных поверхностных образований даны по работе [10].

## Обсуждение результатов

Как показали исследования, отличительной чертой морфологии токсилитостратов терриконов пустых горных пород является их слабая уплотненность, способствующая быстрому размыванию материала этих ТПО и созданию удлиненного по форме конуса выноса, который перекрывает естественный почвенный покров территории. К своеобразной черте морфологии материала литостратов отвалов вскрышных горных пород следует отнести их повышенную уплотненность – следствие технологии их создания. Поэтому для начала эрозионного процесса требуется более длительное время воздействия дождевых потоков. Отличительная черта морфологии материала токсиндустратов золоотвалов теплоэлектростанций – их рыхлое сложение, являющееся причиной более раннего возникновения стартового состояния эрозионного процесса. При этом необходимо учитывать, что при сильных ветрах, характерных для региона, на золоотвалах нередко происходит пыление. Результатом этого является более масштабное по площади перекрытие выпадающим материалом естественного почвенного покрова.

Выявлено, что на поверхности ТПО, сложенных из супесчаного и суглинистого материала, активно развиваются эрозионные процессы. Продуктами выноса эрозионных потоков загрязняются прилегающие к ТПО почвы.

Экспериментально установлено, что гранулометрический состав профиля токсилитостратов представлен суглинками тяжелыми крупнопылевато-иловатыми (см. таблицу). В микроагрегатном составе преобладают фракции макроагрегатов. Полученные по соотношению фактора дисперсности и фактора структурности результаты характеризуют материал как достаточно водопрочную структуру с переходом к слабо водопрочной и с незначительной способностью к оструктуриванию. Соответственно, противозэрозионная устойчивость изменяется от средней до низкой, что соответствует допустимой неразмывающей скорости водного потока в диапазоне 0,265–0,272 м/с.

Результаты гранулометрического анализа литостратов Павловского угольного разреза представлены глиной средней иловатой с содержанием илистой фракции до 73 %. С глубиной гранулометрический состав изменяется до тяжелосуглинистого. Содержание физической глины довольно стабильно (44–41 %). В микроагрегатном составе преобладают в основном песчаные частицы. Литостраты имеют водопрочную структуру с удовлетворительной способностью к оструктуриванию, а также высокую противозэрозионную устойчивость, что подтверждают непосредственные эксперименты – допустимая не размывающая скорость водного потока, при которой начнется сползание материала с твердым стоком, должна превысить 0,306–0,342 м/с.

Токсиндустраты Владивостокской ТЭЦ-2 на глубину до 0,5 м представлены мелкоопесчаненной супесью. Содержание физической глины, как и илистой фракции, незначительно и стабильно по профилю. Физический песок составляет до 94 %. В микроагрегатном анализе в двух слоях токсиндустратов преобладают фракции размером 0,25–0,05 мм, а минимум приходится на илистую фракцию, которая едва достигает 1 %. Физические песок и глина составляют соответственно 94 и 6 %. При этом структура по слоям изменяется от слабеводопрочной до неводопрочной с незначительной способностью к оструктуриванию при низкой противозэрозионной устойчивости. Для начала стартового состояния эрозионного процесса на поверхности золоотвала требуется допустимая не размывающая скорость водного потока, превышающая величину 0,228 м/с.

Эрозионный водный поток, текущий по поверхности техногенных поверхностных образований, обогащается минеральными частицами, которые выполняют абразивную работу. В результате в поток вовлекаются новые массы минеральных частиц, отрывааемых от ложа потока. В потоке оказываются частицы размером от 0,01–0,05 мм до 0,5–1 см. Из них более крупные и более тяжелые начинают выпадать в разных частях ложа потока. В результате этого профиль ложа потока приобретает форму каскадных микроуступов, западин и промоин. При стабилизации сноса твердого материала здесь образуется сложный

микрорельеф, обуславливающий разнообразие водного режима во всем теле золоотвала, угольного террикона, внешнего отвала. С учетом неблагоприятных физико-механических свойств материала техногенных поверхностных образований это явление по существу служит стартовым моментом для развития оползней. Таким образом, необходимо дальнейшее фундаментальное изучение описанных явлений, а также проведение почвенно-экологического мониторинга в зонах техногенно-промышленных комплексов.

## Выводы

В результате исследований установлено:

1. Физико-механические свойства исследованного материала трех видов ТПО (токсилитостратов, литостратов, токсиндустратов) различаются по гранулометрическому составу. Наиболее устойчив к эрозионным процессам материал отвалов Павловского угольного разреза, представленный глиной средней. Средней противозэрозийной стойкостью обладает материал Тавричанского террикона суглинистого состава, низкой – материал золоотвала Владивостокской ТЭЦ-2, имеющего супесчаный гранулометрический состав.

2. Результаты микроагрегатного анализа позволили разделить ТПО по степени противозэрозийной устойчивости. Для начала стартового состояния эрозионного процесса на поверхности золоотвалов токсиндустратов требуется допустимая неразмывающая скорость водного потока более 0,228 м/с, на поверхности терриконов токсилитостратов – 0,265–0,272 м/с, на поверхности золоотвалов токсиндустратов – 0,306–0,342 м/с.

3. Насыпной характер отвалов литостратов, терриконов токсилитостратов и золоотвалов токсиндустратов, их конфигурация (крутые склоны) и слабая противозэрозийная стойкость слагающего материала создают предпосылки для активного развития эрозионных процессов на их поверхности, т.е. для механической деградации в условиях муссонного климата.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов Е.В., Гагарина Э.И. Гумусовое состояние почв заброшенных карьерно-отвальных комплексов Ленинградской области // Почвоведение. 2008. № 3. С. 287–298.
2. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 151 с.
3. Арефьева О.Д., Назаркина А.В., Дербенцева А.М., Майорова Л.П. Техногенные поверхностные образования как фактор деградации почвенного покрова. Экологический риск и экологическая безопасность // Материалы III Всерос. науч. конф. с международным участием (Иркутск, 24–27 апр.2012 г.). Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2012. Т. 1. С.150–152.
4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов: учеб. пособие для студентов вузов. Изд. 2-е. М.: Высш. шк., 1973. 400 с.
5. Воронин А.Д., Кузнецов М.С. Опыт оценки противозэрозийной стойкости почв // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 1. М.: Изд-во МГУ, 1970. С. 99–115.
6. Гаджиев И.М., Курачев В.М. Генетические и экологические аспекты исследования и классификации почв техногенных ландшафтов // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск: Наука, 1992. 305 с.
7. Дербенцева А.М., Назаркина А.В., Арефьева О.Д., Майорова Л.П., Зверева В.П., Костенков Н.М., Нестерова О.В., Трегубова В.Г., Бубнова М.Б., Степанова А.И. Влияние артиндустратов золоотвалов теплоэлектростанций юга Дальнего Востока на деградацию почв. Saarbrücken, Deutschland: Academic Publishing ist ein imprint der., 2013. 114 с.
8. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 193 с.
9. Китаев И.В. Золообразующие и малые элементы углей Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1989. 138 с.
10. Классификация и диагностика почв России / авт.-сост.: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

11. Комачкова И.В., Пуртова Л.Н. Состав гумуса почв, формирующихся на отвалах вскрышных пород Павловского угольного разреза при естественном зарастании // Вестник КрасГАУ. 2010. № 1. С. 38–42.
12. Костенков Н.М., Пуртова Л.Н. Посттехногенное почвообразование на отвальных породах как фактор восстановления природных ландшафтов // Изв. Самарского НЦ РАН. 2010. Т. 12, № 1(4). С. 1032–1038.
13. Крупская Л.Т., Новикова Е.В. О рекультивации горных пород в условиях муссонного климата // Научные и прикладные вопросы мониторинга земель Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1993. С. 97–103.
14. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибир. экол. журн. 2002. № 3. С. 255–261.
15. Махонина Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала // Изв. Урал. гос. ун-та. 2002. № 23. С. 10–18.
16. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М.: Недра, 1972. 288 с.
17. Сергеев Е.М., Голодковская Е.А., Зиангиров Р.С., Осипов В.И., Трофимов В.Т. Грунтоведение. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 1971. 595 с.
18. Теории и методы физики почв / под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. М.: Гриф и К°, 2007. 616 с.
19. Bull S.W., Hole F., McCracken R. Soil Genesis and Classification. Iowa: State Univ. Press, 2003. 221 p.
20. Roberts J.A., Daniels W.L., Bell J.C., Burger J.A. Early stages of mine soil genesis in a southwest Virginia spoil lithosequence // Soil Sci. Soc. Amer. J. 1988. Vol. 52. P. 716–723.
21. 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). P. 41–52.
22. Thurman N.C., Sencindiver J.C. Properties, classification, and interpretations of mine soils at two sites in West Virginia // Soil Sci. Soc. Amer. J. 1986. Vol. 50. P. 181–185.