

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 504.064:504.53(99)

*Т. И. КУХАРЧИК, С. В. КАКАРЕКА***СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОЧВ РАЙОНА ГОРЫ ВЕЧЕРНЕЙ
(ЗЕМЛЯ ЭНДЕРБИ, ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)***(Представлено академиком В. Ф. Логиновым)**Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь
tkukharchyk@gmail.com; sk001@yandex.ru*

В сообщении приведены результаты химико-аналитических исследований проб почв, отобранных в районе горы Вечерняя (Земля Эндерби, Восточная Антарктида) во время 4-й, 5-й и 7-й Белорусских антарктических экспедиций. Впервые для данного региона охарактеризован химический, гранулометрический и минералогический состав почв, определено содержание водорастворимых соединений, макро- и микроэлементов, нефтепродуктов. Показана связь содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов с предыдущей хозяйственной деятельностью в районе горы Вечерней.

Ключевые слова: Антарктида, Земля Эндерби, Белорусские антарктические экспедиции, почвы, химический состав почв.

*T. I. KUKHARCHYK, S. V. KAKAREKA***COMPOSITION AND PROPERTIES OF SOILS NEAR MOUNT VECHERNYAYA
(ENDERBY LAND, EAST ANTARCTICA)***Institute for Nature Management of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus
tkukharchyk@gmail.com; sk001@yandex.ru*

The results of chemical analysis of soil samples taken near Mount Vechernyaya (Enderby Land, East Antarctica) during the 4th, 5th, and 7th Belarusian Antarctic expeditions are given. For the first time, in this region the chemical, grain size and mineralogical composition of the soil is characterized. The content of water-soluble compounds, macro- and microelements, mineral oil is defined. The connection of elevated concentrations of heavy metals and hydrocarbons with the previous human activity in Mount Vechernyaya region is shown.

Keywords: Antarctica, Enderby Land, Belarusian Antarctic Expeditions, Soils, Chemical content.

Введение. К настоящему времени накоплена обширная информация, касающаяся различных аспектов почвообразования в условиях полярного климата, физических, химических и микробиологических свойств почв в разных регионах Антарктики, температурных режимов, особенностей формирования почвенного профиля и др. [1–5]. Наиболее исследованы почвы Сухих долин Мак-Мердо, островов Кинг-Джордж, Хассуэл и Южно-Шетландских, Антарктического полуострова (Западная Антарктида), оазиса Ларссеман, Вестфоль и некоторых других (Восточная Антарктида). Что касается района горы Вечерней, то имеющиеся данные носят весьма общий характер; ближайшая станция, на которой выполнялись исследования с отбором проб почв – станция Молодежная [3; 6–8].

Цель сообщения – охарактеризовать свойства почв одного из оазисов Восточной Антарктиды в районе горы Вечерней по результатам Белорусских антарктических экспедиций. Здесь планируется строительство Белорусской антарктической станции (БАС) и данные об исходном состоянии территории послужат отправной точкой последующего мониторинга и оценки воздействия. Последствия более ранней хозяйственной деятельности могли сказаться на состоянии почв, поскольку в период с 1980 по 1991 г. здесь функционировала в круглогодичном автономном

режиме полевая база «Гора Вечерняя» Российской антарктической экспедиции (РАЭ), которая обеспечивала работу аэродрома.

Материалы и методы исследования. Отбор проб почв/твердых субстратов осуществлен участниками 4-й (2011–2012), 5-й (2012–2013) и 7-й БАЭ (2014–2015) А. А. Гайдашовым и В. Е. Мямным в районе планируемого размещения Белорусской антарктической станции на г. Вечерняя. Всего во время трех экспедиций было заложено 10 точек на участках с рыхлыми отложениями и отобрано 29 проб почв. Формировались точечные пробы, которые отбирались на всю вскрытую глубину (как правило, до 15–20 см). В точке 50 заложена прикопка глубиной 30 см, из которой отобраны 4 пробы (0–2, 2–10, 10–20 и 20–30 см). Пробы почв/грунта отбирались в п/э пакеты или пластиковые емкости и хранились в холодном месте до доставки в Беларусь. Перед началом работ пробы распаковывались, проводилось их описание. Пробоподготовка почв осуществлялась в химико-аналитической лаборатории в соответствии с общепринятыми методиками. Химико-аналитические определения выполнены в аккредитованных лабораториях Института природопользования НАН Беларуси, филиала «Центральная лаборатория» РУП «Научно-производственный центр по геологии», ГУ «Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды».

Для изучения гранулометрического состава почвы разделялись на 7 фракций методом ситования; этим методом определялось также содержание мелкозема (фракции менее 1 мм). Содержание глинистых и пылеватых частиц определялось с помощью отмучивания в соответствии с ГОСТ 8735–88. Содержание пород и минералов определялось методами петрографической разборки и минералогического анализа песка, макрокомпонентного состава – согласно ГОСТ 26318.2.84–ГОСТ 26318.14–84, содержание органического вещества – ГОСТ 26213–91, обменного кальция и магния – методами ЦИНАО (ГОСТ 26487–85), подвижных фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207–91), гидролитической кислотности – по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212–91), содержание общего азота – по ГОСТ 26107–84, водорастворимые соединения – по ГОСТ 26423–85.

Определение тяжелых металлов в пробах почвы осуществлялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС), нефтепродуктов, согласно методике ПНДФ 16.1:2.21–98 (М 03-03-2012).

Природный комплекс, получивший наименование «Гора Вечерняя», расположен в западной части Земли Эндерби на Холмах Тала (восточная часть), в прибрежной зоне залива Алашеева моря Космонавтов, в 20 км от станции Молодежная. Он включает ряд скалистых гряд с доминирующей высотой – собственно г. Вечерней (272,0 м) и несколько более низких вершин, прорывающих ледовый покров Антарктиды у самого берега моря Космонавтов. Данная местность вытянута примерно на 8 км вдоль берега, наибольшая ширина составляет около 2 км. Ледники занимают 65–70 % площади, скалы, не покрытые льдом – 30–35 %, озера – 0,3–0,5 %.

Оазис Вечерний изолирован от ближайшего к нему оазиса Молодежного снежниками. Почвенный покров сформировался лишь фрагментарно в местах, не перекрытых ледниками, там, где есть условия для накопления рыхлого материала – в понижениях склонов и ложбинах стока. Площадь, занятая почвами в пределах района размещения БАС, занимает не более 5–10 % свободной ото льда поверхности (как и для других оазисов Антарктиды). Остальная территория представлена скалистыми породами.

Почвообразующими породами являются продукты выветривания коренных пород, подвергшихся гравитационному перемещению – коллювий, а также флювиогляциальные отложения. Почвы неразвитые, верхние горизонты представлены щебнисто-гравийным и песчано-гравийным материалом. Различия почв обусловлены местоположением в рельефе и особенностями увлажнения за счет таяния снежников в летнее время и дальнейшего распределения талой воды (рисунок). Глубина рыхлого профиля, как правило, не превышает 20 см.

Результаты и их обсуждение.

Гранулометрический и минералогический состав почв. Анализ отобранных проб показал, что почвы (почвоподобные тела) представлены преимущественно песком разной крупности (от крупного до мелкого). На долю мелкозема (фракции диаметром менее 1 мм) для большинства случаев приходится от 21,7 до 40,7 %. Лишь в пробах, отобранных из прикопки (т. 50), зафиксиро-



а



б

Примеры формирующихся почв в районе г. Вечерней: *а* – в нижней части склона, растительность отсутствует; *б* – в лощине, развито лишайниковое сообщество (фотографии В. Е. Мямина)

ровано более высокое его содержание (от 67,3 % на глубине 0–2 см до 95,7 % на глубине 20–30 см), что свидетельствует о выносе продуктов выветривания вниз по профилю с инфильтрационными потоками. Такая ситуация характерна для небольшого относительно плоского участка. В основном же вынос мелкодисперсных частиц осуществляется латеральными потоками.

Содержание глинистых и пылеватых частиц в пробах варьирует от 0,6 до 22,6 %, чем и обусловлена бесструктурность почв (табл. 1). На низкое содержание глинистых частиц в антарктических почвах указано в работах [4; 9]. Считается, что внутрипочвенное образование глинистых частиц (и глинистых минералов) наиболее выражено в условиях субарктического пояса (п-в Кинг-Джорж), хотя возможно и в прибрежных зонах Антарктики.

Т а б л и ц а 1. Гранулометрический состав почвенных проб, %

Номер пробы	Размер фракций, мм								Содержание глинистых и пылевых частиц в песке, %
	менее 0,16	0,16–0,315	0,315–0,63	0,63–1,25	1,25–2,50	2,50–5,0	5,0–10,0	более 10,0	
25	13,2	8,4	12,6	29	22,4	1,5	5,4	7,5	3,8
31	1,6	6,2	16,4	37,2	24,2	1,8	7,1	5,5	0,6
27	48,0	10,4	6,4	12,6	12,2	4,1	5,7	0,6	22,6
29	34,6	9,6	10,2	18	17,6	2,5	2,3	5,2	20,2

В пробах почв характерно преобладание первичных минералов, среди которых доминируют кварц и гранит. Прослеживается четкая зависимость изменения минералогического состава почвы от размера фракции: с уменьшением фракции повышается доля кварца (достигая 80 % для фракции 0,16 мм), с увеличением фракции возрастает доля гранита, полевого шпата и диорита (до 71 % во фракции 2,5 мм). Содержание слюды незначительно: 0,1–0,8 % по массе. В единичных случаях в отдельных фракциях обнаруживается известняк и песчаник.

Преобладание первичных минералов в пробах почв района горы Вечерней (кварца и гранита) свидетельствуют об относительной молодости почв района исследования, а полуокатанная и угловато-окатанная форма кварцевых и гранитных зерен, а также зерен диорита, полевого шпата и других минералов – о влиянии на почвообразовательный процесс водных потоков в результате сезонного снеготаяния.

Содержание макроэлементов. Потери при прокаливании, которые характеризуют содержание органического вещества в почвах, составили от 0,01 до 2,9 %, при среднем значении 0,9 %. Максимальное значение получено для приповерхностного горизонта мощностью 0–2 см, отобранного в пределах распространения мохового сообщества. В целом же полученные данные свидетельствуют о низком содержании органического материала в почве, что типично для антарктических почв.

Минеральная часть почв, отобранных на разных участках в районе г. Вечерняя, практически не отличается по составу. Во всех пробах доминируют соединения кремния, содержание которого находится в диапазоне 60,2–70 % (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Содержание макроэлементов в пробах почв, отобранных в районе полевой базы «Гора Вечерняя», %

Номер пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Потери при прокаливании
1	60,17	0,93	14,49	10,1	0,1	3,11	4,47	1,96	3,25	0,29	0,13	1,15
13	64,86	0,99	13,77	8,12	–	4,87	1,89	1,8	3,56	0,18	<0,10	0,46
25	63,4	0,71	14,18	8,02	–	4,87	1,89	2,04	3,63	0,18	<0,10	0,52
27	64,82	0,72	14,14	7,29	–	4,5	1,35	2,3	3,63	0,24	<0,10	0,86
29	63,72	0,68	13,95	7,26	–	4,87	2,43	1,8	3,63	0,26	<0,10	1,54
31	63,09	1,01	13,89	8,92	–	4,5	2,16	1,9	3,3	0,21	<0,10	0,4
34	63,92	0,77	14,14	6,94	–	4,5	1,89	2,2	3,5	0,21	<0,10	1,19
50-2	69,98	0,33	15,37	3,14	–	3,07	1,93	1,72	3,89	0,18	<0,10	0,34

На втором месте по абсолютным значениям – соединения алюминия, на долю которых приходится 13,8–15,4 % минеральной части почвы. Содержание оксидов железа варьирует в пределах 3,1–10,1 %, максимальное содержание выявлено в пределах переувлажненного участка. Содержание оксидов кальция, натрия, магния и калия убывает в ряду их упоминания, варибельность значений незначительна.

Результаты макроэлементного состава почв района горы Вечерней хорошо согласуются с данными для оазиса Молодежный [8]. Вероятно, это обусловлено сходством геологических структур и распространением в данном районе гнейсов и плагiogнейсов чарнокитовой серии. Обращает на себя внимание низкое значение отношения SiO₂/Al₂O₃ для почв района горы Вечерняя – 4,3, также подтверждающий низкую интенсивность процессов выветривания (для примера: для почв Беларуси этот показатель составляет около 30).

Реакция среды, содержание обменных оснований и элементов питания. По величине рН_{КCl} почвы района исследований относятся к кислым и слабокислым. Содержание гумуса находится в диапазоне 0,1–0,5 %, составляя в среднем 0,2 %, сумма обменных оснований находится в диапазоне 0,67–1,07 мг-экв/100 г почвы (табл. 3). Среди обменных оснований в большинстве случаев доминируют ионы кальция. Насыщенность основаниями низкая: для большинства проб значения находятся в диапазоне 37,9–51,0 %. Более высокое значение (78 %) зафиксировано для участка с моховой растительностью.

Т а б л и ц а 3. Основные агрохимические показатели проб почв района горы Вечерняя

Номер пробы	рН _{КCl}	Гумус, %	Обменные основания, мг-экв/100 г		Подвижные элементы, мг/100 г		Азот общий, %	Емкость поглощения, мг-экв/100 г	Насыщенность основаниями, %
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O			
13	5,59	0,21	0,54	0,40	17,33	4,14	0,75	2,0	47,0
15	5,20	0,16	0,27	0,54	36,58	3,68	0,67	1,89	42,9
25	5,26	0,09	0,40	0,27	22,14	3,68	0,99	1,77	37,9
27	5,21	0,35	0,27	0,27	27,91	2,76	0,74	1,64	32,9
29	5,24	0,47	0,67	0,40	33,69	8,28	0,87	2,10	51,0
31	5,38	0,12	0,40	0,27	15,88	3,68	1,08	1,77	37,9
34	4,93	0,22	0,54	0,27	11,07	3,22	0,55	1,87	43,3
50-2	5,81	0,16	0,55	0,41	54,51	4,85	<0,01	1,23	78,0

Содержание фосфора составляет 17,33–54,5 мг/100 г почвы, подвижного калия – 2,76–8,28 мг/100 г почвы, азота общего – от менее 0,01 до 1,08 %.

Для сравнения отметим, что почвы оазиса Молодежный в поверхностном горизонте содержат гумуса менее 1 %, хотя встречаются значения до 3,62 % в горизонте 0–10 см [7]. По данным [8], почвы слабокислые, в небольшом количестве имеются обменные основания Ca и Mg, под-

вижный калий (4,5–5,85 мг/100 г); содержание подвижного фосфора находилось в диапазоне 62,7–100 мг/100 г почвы, что типично для антарктических почв ряда регионов.

Содержание водорастворимых соединений. Исследования показали, что почвы оазиса Вечерний содержат относительно небольшие количества водорастворимых солей: их сумма варьирует от 5,1 до 31,7 мг/100 г почвы. Величина электропроводности для 4 проб находится в диапазоне 21–40 мкСм/см. Это касается проб, отобранных на всю вскрытую мощность почвенного профиля (15–20 см) (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Содержание водорастворимых соединений в пробах почв района горы Вечерняя, мг/100 г почвы

Год	№ пробы	pH водн.	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Электропровод., мкСм/см	Сумма солей
2013	25-2	6,72	6,1	1,86	1,4	0,75	0,53	0,8	0,485	0,9	0,65	не опр.	13,5
2013	27-2	6,51	3,05	1,86	0,6	0,35	0,11	0,48	0,29	1,1	0,8	не опр.	8,7
2013	29-2	6,6	11,59	5,59	1	2	1,25	0,48	0,29	8	1,45	не опр.	31,7
2013	31-2	6,41	6,1	1,55	0	2,1	0,815	0,96	0,58	0,85	0,65	не опр.	13,6
2015	2	6,46	6,10	1,51	0,50	0,00	0,00	2,61	0,12	0,90	0,20	21	11,9
2015	13	6,66	8,54	2,27	0,2	0,0	0,45	2,20	0,97	1,50	0,30	40	16,4
2015	15	6,27	4,88	0,76	0,1	0,0	0,06	0,60	0,24	2,25	0,15	23	9,0
2015	34	5,58	0,92	1,13	0,2	0,0	0,44	0,80	0,36	1,10	0,15	27	5,1

По соотношению анионов пробы характеризуются хлоридно-гидрокарбонатным или гидрокарбонатным составом, катионов – натриевым, кальциево-натриевым, кальциевым и магниевым-кальциевым.

Распределение водорастворимых соединений по глубине почвенного профиля (для прикопки в пределах мохового сообщества) иллюстрирует табл. 5. Наиболее высокое значение суммы солей (97,2 мг/100 г почвы), а также величины электропроводности (240 мкСм/см) характерно для приповерхностных отложений (0–2 см). С глубиной указанные показатели снижаются и различия нивелируются. Во всех пробах доминируют гидрокарбонат-ионы (на их долю приходится 51–78 %-экв.); среди катионов на долю ионов натрия приходится от 21 до 43 %-экв., кальция – 18–48 %-экв., ионов магния – 3–38 %-экв.

Т а б л и ц а 5. Содержание водорастворимых соединений в пробах почвенной прикопки горы Вечерняя, мг/100 г почвы

№ пробы	Глубина отбора проб, см	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Электропровод., мкСм/см	Сумма солей
50-1	0–2	62,85	9,82	0,3	0,8	2,88	3,80	3,28	6,90	6,55	240	97,2
50-2	2–10	6,10	0,76	0,4	0,0	0,13	1,20	0,85	0,90	0,45	20	10,7
50-3	10–20	9,46	2,98	0,3	0,3	0,20	3,407	0,122	2,55	2,10	28	21,4
50-4	20–30	10,37	3,40	2,7	0,9	0,00	1,603	0,729	3,40	2,30	50	25,4

В целом почвы района горы Вечерней относятся к незасоленным. Величина удельной электропроводности для отобранных проб в районе горы Вечерней ниже значений, полученных для почв оазиса Молодежный. По данным [6], этот показатель для горизонта 0–5 см составил 325 мкСм/см, а на глубинах от 5 до 80 см находился в интервале 43–72 мкСм/см. В отличие от оазиса Молодежный, где зафиксировано преобладание ионов натрия во всех горизонтах, в почвах горы Вечерней соотношение катионов не столь однозначно.

Вместе с тем, полученные данные по распределению водорастворимых соединений по почвенному профилю подтверждают общую тенденцию для антарктических почв в условиях недостатка влаги, способность формировать засоленные корки за счет испарения и подтягивания солей по капиллярам, как это было показано в [10; 11]. Кроме того, несмотря на незначительные уровни накопления солей, прослеживается влияние морских воздушных масс на формирование химического состава почв. Так, соотношение хлоридов к сульфатам для приповерхностных отложений составило 44, что подтверждает морской генезис хлоридов.

Тяжелые металлы. Содержание цинка в почвах варьирует от 66,8 до 172,9 мг/кг воздушно-сухой массы, хрома – от 44 до 54,0 мг/кг, свинца – от 21,5 до 22,8 мг/кг, никеля – от 19,80 до 30,7 мг/кг, меди – от 17,4 до 30,29 мг/кг, кадмия – от 1,7 до 2,09 мг/кг (табл. 6). Концентрации свинца и цинка близки их кларковым содержаниям в земной коре (по А. П. Виноградову, 1957), кадмия – существенно превышает, меди, никеля и хрома – примерно в два раза ниже кларка.

Т а б л и ц а 6. Содержание тяжелых металлов в пробах почв, мг/кг сух. в-ва

Номер пробы	Cu	Zn	Ni	Cr	Pb	Cd
1	30,2	172,9	30,7	54,0	22,8	2,09
13	17,4	82,8	20,9	46,7	21,5	1,93
25	19,8	75,0	22,1	48,0	22,7	1,71
27	19,4	69,8	21,0	44,0	22,2	1,75
29	19,1	66,8	21,2	47,3	22,4	1,96
31	17,7	83,0	21,8	48,0	22,4	2,00
34	18,5	73,0	19,8	45,3	22,3	1,79
Кларк в земной коре	47,0	83,0	58,0	83,0	16,0	0,13

Пространственные различия в содержании тяжелых металлов практически не выражены. Можно отметить лишь одну пробу (1), в которой зафиксированы максимальные значения всех элементов. Данная проба характеризует пониженный переувлажненный участок, расположенный в непосредственной близости к сооружениям полевой базы «Гора Вечерняя». Повышенные концентрации тяжелых металлов здесь, вероятно, связаны с антропогенными источниками, а также с перераспределением загрязняющих веществ с тальными водами и их аккумуляцией в понижениях и ложбинах.

Содержание тяжелых металлов в почвах – индикатор экологического состояния почв. Однако на данном этапе исследований в отношении тяжелых металлов сложно выделить техногенную составляющую. Полученные достаточно высокие концентрации практически без пространственной дифференциации позволяют заключить о природном характере их поступления (за счет коры выветривания).

Следует отметить, что замеренные концентрации тяжелых металлов в районе горы Вечерняя существенно ниже тех, которые выявлены, например, для загрязненных участков Холмов Тала, где в местах хранения отходов содержание меди, свинца и цинка достигало 1970, 4500 и 5920 мг/кг соответственно [12].

Нефтепродукты. Содержание нефтепродуктов в большинстве отобранных проб варьирует от 2,5 до 28,9 мг/кг. В одной пробе (т. 2) их концентрация составила 7413,8 мг/кг. Такие уровни нефтепродуктов, по-видимому, обусловлены утечками топлива в результате хозяйственной деятельности в прошлом: в непосредственной близости от ЦУБ в 1979–1989 гг. располагалась площадка открытого хранения тяжелой транспортной техники и временный склад ГСМ в бочках для гусеничных вездеходов.

В целом же загрязнение почв нефтепродуктами – типичная проблема практически всех антарктических станций, где имеется топливо [13]. По данным [14], их содержание в почвах на ряде научных российских станций превышает фон от 5–10 до 500 раз, достигая наиболее высоких уровней в местах хранения топлива, стоянок транспорта и других местах, связанных с обращением с топливом. Экстремально высокие уровни углеводородов (до 30000–33000 мг/кг) зафиксированы на станции Скотта и в лагере Марбл в район моря Росса, почвы загрязнены также на станциях Кейси, Палмера, Дэвиса, Ванда, Мак-Мердо [15].

Заключение. Полученные результаты согласуются с общими представлениями о характере почв Антарктиды. Почвы оазиса Вечерний, как и многих других оазисов, фрагментарны, характеризуются медленными процессами выветривания, низким содержанием органического вещества и низкой сорбционной способностью. Повышенные концентрации тяжелых металлов и нефтепродуктов являются, вероятно, результатом предыдущей хозяйственной деятельности. Полученные данные будут использованы при создании системы мониторинга как необходимого

условия строительства БАС, а также как основа для развития дальнейших исследований, касающихся оценки поступления, накопления и миграции химических элементов в почвах в условиях холодного климата.

Сообщение подготовлено в рамках выполнения задания «Оценка воздействия на окружающую среду деятельности, связанной с организацией и функционированием белорусской антарктической базы» Государственной программы «Мониторинг полярных районов Земли и обеспечение деятельности арктических и антарктических экспедиций на 2011–2015 годы».

Список использованной литературы

1. *Campbell, I. B.* Antarctica: Soils, Weathering Processes and Environment / I. B. Campbell, G. G. C. Claridge. – Amsterdam: Elsevier, 1987. – 368 p.
2. *Ugolini, F. C.* Antarctic soils and soil formation in a changing environment: A review / F. C. Ugolini, J. G. Bockheim // *Geoderma*. – 2008. – Vol. 144. – P. 1–8.
3. Soils of Enderby Land / A. V. Dolgikh [et al.] // *The Soils of Antarctica* / ed. J. G. Bockheim. Soil Science Department. University of Wisconsin. USA / World Soils Book series: Springer, 2015. – P. 45–64.
4. *Абакумов, Е. В.* Почвенное разнообразие наземных экосистем Антарктики (в районах расположения российских антарктических станций) / Е. В. Абакумов, А. В. Лупачев // *Український антарктичний журнал*. – 2011/2012. – № 10–11. – С. 222–228.
5. *Горячкин, С. В.* Почвенно-ландшафтные исследования в Антарктиде: результаты, проблемы и перспективы / С. В. Горячкин // *Мониторинг состояния природной среды Антарктики и обеспечение деятельности национальных экспедиций. Материалы I Международной научно-практической конференции. К. п. Нарочь, 26–29 мая 2014 г.* – Минск: Экоперспектива, 2014. – С. 57–61.
6. *MacNamara, E. E.* Pedology of Enderby Land, Antarctica / E. E. MacNamara // *Antarctic J.* – 1969. – September–October. – P. 208–210.
7. *Александров, М. В.* Ландшафтная структура и картирование оазисов Земли Эндерби / М. В. Александров. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 152 с.
8. *Симонов, И. М.* Оазисы Восточной Антарктиды / И. М. Симонов. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 180 с.
9. *Blakemore, L. C.* Chemistry and clay mineralogy of a soil sample from Antarctica / L. C. Blakemore, L. D. Swindale // *Nature*. – 1958. – Vol. 182, N 1. – P. 47–48.
10. *Antarctic Soils and Soil Forming Processes* / ed. by J. C. F. Tedrow. Antarctic Research Series, Volume 8. Washington: American Geophysical Union of the National Academy of Sciences-National Research Council. Publication No. 1418, 1966.
11. *Claridge, G. G. C.* The clay mineralogy and chemistry of some soils from the Ross Dependency, Antarctica / G. G. C. Claridge // *New Zealand J. of Geology and Geophysics*. – 1965. – Vol. 8, N 2. – P. 186–220. – DOI: 10.1080/00288306.1965.10428107.
12. Management and remediation of contaminated sites at Casey Station, Antarctica / I. Snape [et al.] // *Polar Record*. – 2001. – Vol. 37. – P. 199–214.
13. *Какарека, С. В.* Загрязнение природной среды в районах базирования Антарктических научных станций / С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик // *Природопользование: сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т природопользования*. – Минск, 2015. – Вып. 27. – С. 222–228.
14. *Lupachev, A.* Soils of Antarctic Oases Within the Territory of Russian Antarctic Stations: Preliminary Specification and Diversity / A. Lupachev // *Abstr. 11th International Symposium on Antarctic Earth Sciences*. – Edinburgh, 2011 – July 10–15th. – P. 380.
15. Hydrocarbon Spills on Antarctic Soils: Effects and Management / J. M. Aislabie [et al.] // *Environmental Science & Technology*. – 2004. – Vol. 38, N 5. – P. 1265–1274.

Поступило в редакцию 21.12.2015