© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014

УДК 614.77:547.53]-074:543.544.45(99)

Е. В. Абакумов[1], Е. Д. Лодыгин[2], Д. А. Габов[2], В. А. Крыленков[1]

СОДЕРЖАНИЕ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОЧВАХ АНТАРКТИДЫ НА ПРИМЕРЕ РОССИЙСКИХ ПОЛЯРНЫХ СТАНЦИЙ

[1]Санкт-Петербургский государственный университет, 199178, Санкт-Петербург; [2]ФГБУН «Институт биологии Коми» научного центра Уральского отделения Российской академии наук, 167982,Сыктывкар

Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в градиентном режиме проведено комплексное изучение качественного и количественного состава полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в почвах Антарктиды (референс-ландшафты – горы Хадсон, архипелаг Хасуэлл, загрязненные почвы – станции Мирный, Дружная-4, Беллинсгаузен – и привозные грунты). Характерная особенность состава ПАУ исследованных почв – преобладание в них низкомолекулярных полиаренов. Вследствие антропогенного загрязнения происходит количественное накопление как легких, так и тяжелых ПАУ при качественном увеличении доли тяжелых полиаренов. Пул полиаренов в исследованных почвах представлен главным образом легкими ПАУ: нафталином, фенантреном, флуорантеном, пиреном и др. Содержание бенз(а)пирена не превышает уровня ПДК (принятого в РФ) для этого экотоксиканта. Проведенный первичный фактологический и статистический анализ данных позволил выявить, что загрязнение почв Антарктиды тяжелыми ПАУ находится в самой начальной стадии, не происходит устойчивого и статистически достоверного накопления ПАУ в почвах как маритимной, так и континентальной Антарктики. Установлены уровни фактического содержания различных ПАУ в почвах различных регионов Антарктики, что является базовыми данными для дальнейшего сопоставительного анализа данных геохимических исследований.

Ключевые слова: *полициклические ароматические углеводороды; бенз(а)пирен; почвы Антарктиды.*

E. V. Abakumov[1], E. D. Lodygin[2], D. A. Gabov[2], V. A. Krylenkov[1] – POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS CONTENT IN ANTARCTICA SOILS AS EXEMPLIFIED BY THE RUSSIAN POLAR STATIONS

[1]Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russian Federation, 199178; [2]«Institute of Biology of the Komi Science Centre of the Ural Department of RAS, Syktyvkar, Russian Federation,167982

The comprehensive study of the qualitative and quantitative composition of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soils of Antarctica (reference landscapes – mountains Hudson, Haswell Archipelago contaminated soil – Mirny, Druznaya-4, Bellingshausen – and imported soils) was performed with the use of HPLC in a gradient mode. A characteristic feature of the studied PAHs content of soils is the predominance of low-molecular polyarenes in them. Due to anthropogenic pollution the quantitative accumulation of both light and heavy PAHs occurs under the qualitative increase in the proportion of heavy polyarenes. Polyarenes pool in the studied soils is represented mainly by light PAHs: naphthalene, phenanthrene, fluoranthene, pyrene, etc. The content of benzo(a)pyrene does not exceed the MCL (adopted in the Russian Federation) for this ecotoxicant. Performed primary factual and statistical analysis of data permitted to reveal that heavy PAH pollution of Antarctica soils is in the most initial stage, there is no sustained and statistically significant accumulation of PAHs in soils of maritime as well as continental Antarctica. There are established the levels of the actual content of various PAHs in soils of different regions of the Antarctica, which is the basic data for further comparative analysis of data of geochemical studies.

Key words: *polycyclic aromatic hydrocarbons; benzo(a)pyrene; Antarctica soils.*

Введение

На Земле существует один континент, относительно слабо затронутый антропогенным воздействием, – это Антарктида. Тем не менее даже Антарктида уже не может считаться чистым континентом, что обусловлено как прямыми, так и косвенными загрязнениями антропогенного характера. Присутствие человека в Антарктике приводит к загрязнению атмосферы, разливам топлива, сбросам отходов и сточных вод в окружающую среду [1]. Кроме того, стойкие органические загрязняющие вещества, в том числе полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), переносятся в атмосфере на большие расстояния из тропических и умеренных регионов Южного полушария [2]. После выпадения на земную поверхность они могут вновь попасть в атмосферу и продолжить свою миграцию. Этот процесс может продолжаться до тех пор, пока загрязняющие вещества не достигнут более холодных полярных районов, где они сконденсируются на твердых частицах или снежинках в атмосфере и выпадут на земную поверхность. Из-за низкой растворимости в воде и высокой – в жирах эти загрязняющие вещества легко внедряются в богатые жирами полярные пищевые цепи и накапливаются в биоте. Сочетание суровых климатических условий с физико-химическими свойствами устойчивых токсичных соединений делает полярные регионы зоной конечной аккумуляции этих веществ, что может привести к тому, что их содержание здесь станет выше, чем в регионах-источниках [3].

Присутствие человека в этом регионе стало возможным благодаря широкому использованию ископаемого (каустобиолитного) топлива для судов снабжения, туристических исследовательских и др., наземных транспортных средств, а также для отопления и освещения научно-исследовательских станций [4]. В настоящее время большинство антарктических научных станций расположено в прибрежных районах, они сбрасывают неочищенные сточные воды и бытовые отходы прямо в океан [5, 6]. Сжигание ископаемого топлива может считаться одним из самых важных антропогенных источников с точки зрения загрязнения окружающей среды такими веществами, как ПАУ. Поэтому мониторинг

Для корреспонденции: *Абакумов Евгений Васильевич*, e_abakumov@mail.ru

этой группы соединений может быть использован для установления антропогенной нагрузки деятельности человека в Антарктике.

Хотя «Протокол по охране окружающей среды к Договору об Антарктике» предусматривает строгие руководящие принципы для защиты окружающей среды Антарктики и устанавливает обязательства для всех видов человеческой деятельности на континенте и в Южном море, глобальное потепление, рост численности населения и промышленное развитие в странах Южного полушария вместе с логистическим освоением этого континента, скорее всего, усилит воздействие антропогенных загрязнений на экосистемы Антарктики.

Полициклические ароматические углеводороды – распространенные органические загрязняющие вещества, проявляющие по отношению к живым организмам канцерогенные, мутагенные и токсичные свойства, включенные в список приоритетных для постоянного мониторинга, для чего разработаны соответствующие аналитические методы [7–11]. ПАУ образуются в основном из антропогенных источников, включая сжигание ископаемого топлива, автомобильные выбросы, разливы нефти и ее побочных продуктов [12–15]. ПАУ с 4–6 ароматическими кольцами, такие как флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, бензфлуорантены, бензпирены и др., часто связаны с процессами горения органических веществ [15, 16] и обладают высокой токсичностью для организма в связи с их канцерогенной и мутагенной активностью [17, 18]. Более высокомолекулярные ПАУ менее подвержены микробной деградации, чем низкомолекулярные, особенно в полярных регионах с низкими температурами [19, 20]. Таким образом, ПАУ депонируются и консервируются в почвах и донных отложениях и являются подходящими объектами исследования поступления антропогенных органических веществ в почвы.

В связи с вышесказанным целью данной работы было первичное исследование содержания и состава ПАУ в почвах различных полярных станций Антарктики, выявление трендов и причин антропогенного загрязнения антарктических почв и характеристика уровней накопления в них ПАУ.

Материалы и методы

Почвенно-экологическая и физико-географическая характеристика почв приведена в источниках [21–28]. Изучены пробы почв из различных регионов Антарктики: субантарктики, береговой и континентальной Антарктики. В качестве референс-образца выбрана почва гор Хадсон (гора Мозес и нунатак Мэиш), тихоокеанский сектор Западной Антарктики (не оказывалось антропогенное воздействие), слабо измененные ландшафты архипелага Хасуэлл (66° 31′ 34′′ ю. ш., 92° 59′ 55′′ в. д.). Почвы, находящиеся в условиях сильного антропогенного воздействия, – у аэродрома на ст. Беллинсгаузен (62° 12′ 284′′ ю. ш., 58° 54′ 142′′ з. д.) и у склада открытого хранения нефтепродуктов у станций Дружная-4 (69° 44′ 46′′ ю. ш., 73° 42′ 10′′ в. д.) и Прогресс (69° 23′ 04′′ ю. ш., 76° 22′ 44′′ в. д.) выбраны для установления трендов загрязнения природных почв в районах интенсивной хозяйственной деятельности. Для анализа резистентности загрязнения проанализирована проба почвы в окрестностях ст. Ленинградская, где пробы были отобраны в январе 2008 г., сразу после расконсервации станции после 20-летнего периода заброшенности. Почвы представлены слаборазвитыми вариантами (чаще всего петроземы и литоземы без видимых морфологических признаков загрязнения).

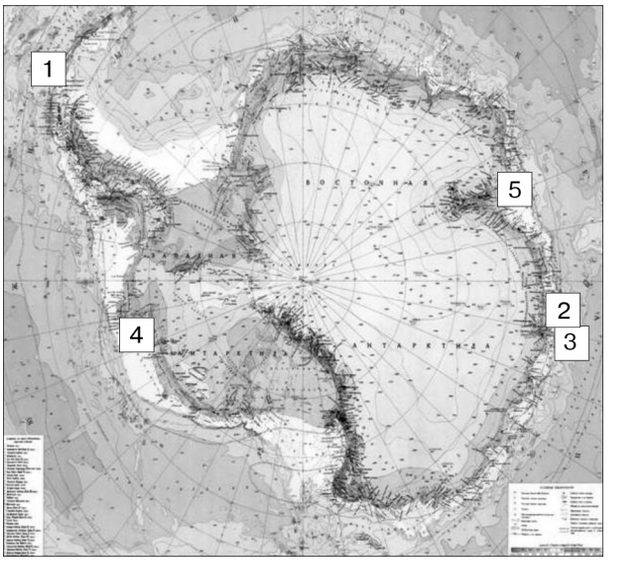


Рис. 1. Локализация мест отбора проб почв в Антарктиде:
1 – ст. Беллинсгаузен, о-в Кинг-Джордж, 2 – ст. Мирный, 3 – архипелаг Хасуэлл, 4 – горы Хадсон, 5 – ст. Дружная-4.

В качестве контрастных объектов сравнения выбраны привозные почвы для выращивания цветов на станциях Русская и Ленинградская. Нужно отметить, что эти привозные почвы пролежали на станциях более 20 лет с момента экстренной консервации последних.

Пробы отбирались в ходе 53-й и 55-й российских антарктических экспедиций Е. В. Абакумовым, после чего обрабатывались (этикетирование, камеральная обработка) в судовой лаборатории и доставлялись водным транспортом в охлажденном состоянии в СПбГУ. Локализация объектов исследования приведена на рис. 1.

В основу определения ПАУ в почвах положены методики [10, 29], а также работы [30, 31]. Экстракцию проводили при комнатной температуре смесью гексан/ацетон (1/1) с УЗ-обработкой экстракционной системы в УЗ-ванне Branson 5510 (США), руководствуясь методикой [8]. Фракцию ПАУ очищали при помощи колоночной хроматографии на силикагеле, руководствуясь методикой очистки [9]. Качественное и количественное определение содержания ПАУ в почвах осуществляли методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) в градиентном режиме и спектрофлуориметрическом детектировании на хроматографе «Люмахром» («Люмэкс», Россия). Хроматографирование выполняли при температуре 30ºС на колонке фирмы Supelco Supelcosil™ LC-PAH 5 мкм (25 см × 2,1 мм). В качестве подвижной фазы использовали градиент ацетонитрил – вода. Пробу объемом 10 мкл вводили с помощью крана-дозатора. Идентификацию ПАУ проводили по временам удерживания и сравнением спектров флуоресценции выходящих из колонки компонентов со спектрами стандартных ПАУ. Количественный анализ ПАУ проводили методом внешнего стандарта. Для оценки точности метода подвергали вышеописанной аналитической процедуре стандарт донных отложений, содержащий ПАУ (Standard Reference Material® 1944 New York/New Jersey Waterway Sediment – На-

Фракции ПАУ в почвах Антарктики (нг/г)

Объект	Сумма ПАУ	Тяжелые ПАУ	Легкие ПАУ	Бенз(а) пирен
Архипелаг Хасуэлл	22,8	0,3	22,5	0
Ст. Прогресс	39,4	0,26	39,14	0
Горы Хадсон	33,9	0,6	33,3	0,3
Ст. Ленинградская	21,7	0	21,7	0,16
Ст. Мирный	90,9	4,8	86,1	1,1
Ст. Дружная-4	80,7	9,4	71,3	1,5
Ст. Беллинсгаузен	227,2	18	209,2	2,3
Привозной грунт, ст. Ленинградская	818	324	494	100
Привозной грунт, ст. Русская	8125	2980	5145	600

циональный институт стандартов и технологий NIST, США), который показал удовлетворительные результаты. Результаты анализов обрабатывались с помощью программы SIGMAPLOT 6.

Результаты и обсуждение

Данные по количественному составу ПАУ приведены в таблице. Полученные данные свидетельствуют о том, что в Антарктиде существуют группа почв с относительно низким суммарным содержанием ПАУ (максимум – 90 нг/г) и почвы с высоким содержанием ПАУ (сотни нг/г). Видимо, следует признать суммарное содержание ПАУ порядка 30 нг/г нормальным для почв Антарктики. При этом содержание бенз(а)пирена, являющегося условным маркером антропогенного загрязнения, очень невелико или равно нулю в почвах условных референс-ландшафтов. Существуют также почвы с повышенным содержанием бенз(а)пирена и суммарной доли ПАУ – это почвы вокруг станций Мирный, Прогресс, Дружная-4. Здесь ПАУ накапливаются за счет легкой фракции, хотя доля бенз(а)пирена невелика. В качестве отдельной выделяется следующая группа почв: почва со ст. Беллинсгаузен (очень сильно антропогенно освоенный ландшафт) и привозные почвы для выращивания цветов (из Санкт-Петербурга). Здесь безусловно доминируют легкие ПАУ и высокое содержание бенз(а) пирена. Важно отметить, что ни в одной из изученных

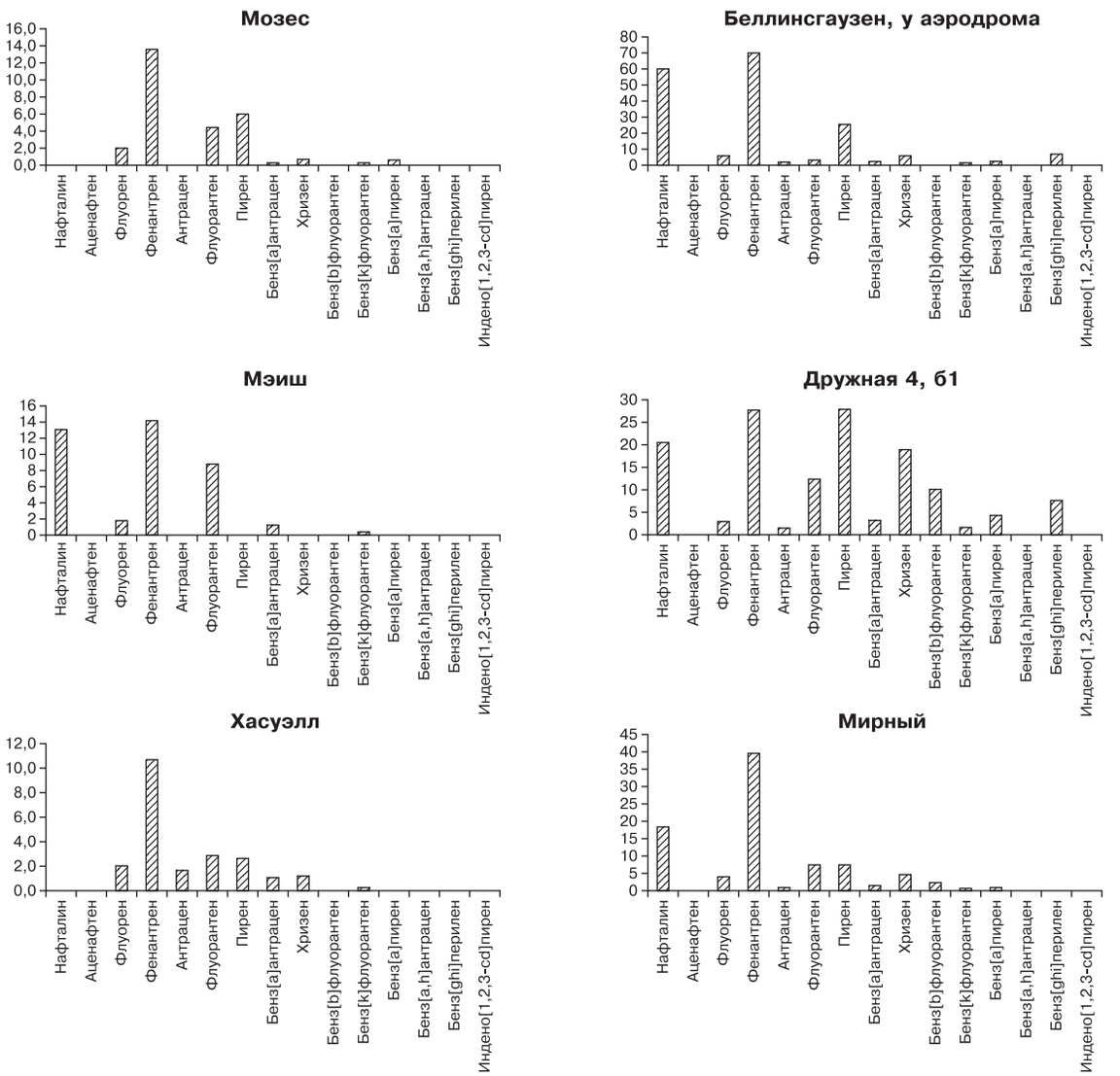


Рис. 2. Содержание ПАУ (нг/г) в почвах Антарктиды (ненарушенная и загрязненные)

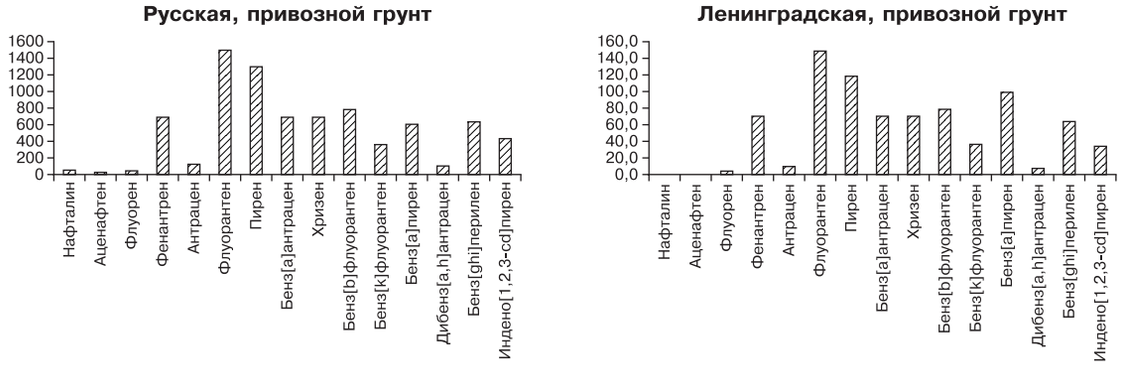


Рис. 3. Содержание ПАУ (нг/г) в привозных грунтах.

природных почв Антарктиды (пусть даже и находящейся под антропогенным воздействием) не обнаружено превышение уровня ПДК бенз(а)пирена, в то время как в привозных грунтах доля этого вещества существенно превышает существующий норматив.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что количественный состав ПАУ совершено различный в случае природной антарктической почвы и привозных почв (см. рис. 2 и 3). В первой преобладают легкие ПАУ, являющиеся компонентами природного органического вещества, во вторых доминируют тяжелые ПАУ – результат накопления полиаренов вследствие трансформации органического вещества привозных почв и антропогенного загрязнения. При анализе данных рис. 2 становится ясно, что в почве у аэродрома на полуострове Кинг-Джордж и в загрязненной почве ст. Дружная-4 начинают накапливаться тяжелые ПАУ, что является следствием антропогенного загрязнения.

Статистическая обработка аналитических результатов позволила выявить достоверные различия между спектром ПАУ в почве референс-ландшафта горы Мозес и привозным грунтом станций Русская ($p < 0.02$) и Ленинградская ($p < 0,03$). Различия в содержании ПАУ прослеживаются на уровне статистической тенденции при сопоставлении почвы референс-ландшафта и загрязненной почвы ст. Дружная-4 ($p < 0,08$). Не наблюдается достоверного увеличения ПАУ в почве у аэродрома ст. Беллинсгаузен ($p < 0,14$) по сравнению с референс-пробой почвы.

Полученные первичные и оригинальные результаты исследований содержания и фракционного состава ПАУ свидетельствуют о начальном загрязнении почв тех ландшафтов, которые подвергаются интенсивному антропогенному освоению. Выявлены также почвы, которые могут считаться объектами сравнения, или референс-пробами. Привозные грунты коренным образом отличаются по составу ПАУ, что выражается в преобладании антропогенных компонентов.

Заключение

На основании проведенных исследований выявлены закономерности накопления ПАУ в почвах Антарктиды. Пул полиаренов в исследованных почвах представлен главным образом легкими ПАУ: нафталином, фенантреном, флуорантеном, пиреном и др. В процессе загрязнения изменяется состав ПАУ в почвах: происходит количественное накопление как легких, так и тяжелых ПАУ при качественном увеличении доли тяжелых полиаренов. Содержание бенз(а)пирена не превышает уровня ПДК (принятого в РФ) для этого экотоксиканта [32] (ГН 2.1.7.2041-06). Проведенный первичный фактологический и статистический анализ данных позволил выявить, что загрязнение почв Антарктиды тяжелыми ПАУ находится в самой начальной стадии, не происходит устойчивого и статистически достоверного накопления ПАУ в почвах как маритимной, так и континентальной Антарктики.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (№ 11-04-00086-а, № 12-04-00680-а), УрО РАН (№ 12-У-4-1003) и ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы», государственный контракт № 11.519.11.2003 от 17 августа 2011 г.

Литература (пп. 1–11, 14, 15, 17–22, 25, 27, 28 – см. References)

12. *Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А.* Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. Л.: Гидрометеоиздат;1988.
13. *Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И.,* ред. Геохимия полициклических ароматических углеводородов в горных породах и почвах. М.: Изд-во МГУ; 1996.
16. *Пиковский Ю.И.* Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ; 1993.
23. *Абакумов Е.В., Крыленков В.А.* Почвы Антарктиды. Природа. 2011; 3: 58–62.
24. *Абакумов Е.В., Сапега В.Ф.* Минералогический состав илистых фракций некоторых Антарктических почв. Вестник Санкт-Петербургского ун-та. 2010; сер. 3; вып. 3: 99–109.
26. *Кирцидели И. Ю., Власов Д.Ю., Абакумов Е.В., Гиличинский Д.А.* Разнообразие и ферментативная активность микромицетов из слаборазвитых почв береговой Антарктики. Микология и фитопатология. 2010; 44(5): 442–53.
29. ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.39-03. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли бенз(а)пирена в пробах почв, грунтов, твердых отходов, донных отложений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием жидкостного хроматографа «Люмахром». ООО «Люмэкс». М.: Люмэкс; 2003.
30. *Габов Д.Н., Безносиков В.А., Кондратенок Б.М.* Полициклические ароматические углеводороды в подзолистых и торфянисто-подзолисто-глееватых почвах фоновых ландшафтов. Почвоведение. 2007; 3: 282–91.
31. *Габов Д.Н., Безносиков В.А., Кондратенок Б.М., Яковлева Е.В.* Закономерности формирования полициклических ароматических углеводородов в почвах северной и средней тайги. Почвоведение. 2008; 11: 1334–43.
32. ГН 2.1.7.2041-06. Гигиенические нормативы «Предельно до-

пустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве». Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 19 января 2006 г. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора; 2006.

References

1. *Waterhouse E.J.,* ed. Ross Sea Region: A state of the environment report for the Ross Sea region of Antarctica. Christchurch: New Zealand Antarctic Institute; 2001.
2. *Bargagli R.* Environmental contamination in Antarctic ecosystems. Sci. Total Environ. 2008; 400: 212–26.
3. AMAP. Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environment Report. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Oslo, Norway; 1997.
4. *Martins C.C., Bícego M.C., Rose N.L., Taniguchi S., Lourenço R.A., Figueira R.C.* et al. Historical record of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and spheroidal carbonaceous particles (SCPs) in marine sediment cores from Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. Environ. Pollut. 2010; 158(1): 192–200.
5. *Montone R.C., Martins C.C., Bícego M.C., Taniguchi S., Moreira da Silva D. A., Campos L.S., Weber R.R.* Distribution of sewage input in marine sediments around a maritime Antarctic research station indicated by molecular geochemical indicators. Sci. Total Environ. 2010; 408: 4665–71.
6. *Gröndahl F., Sidenmark J., Thomsen A.* Survey of waste water disposal practices at Antarctic research stations. Polar. Res. 2008; 28: 298–306.
7. US EPA (United States Environmental Protection Agency). Evaluation and estimation of potential carcinogenic risks of polynuclear aromatic hydrocarbons: carcinogen assessment group. Washington DC: Office of Health and Environmental Assessment; 1985.
8. U.S. Environmental Protection Agency. Method 3550b: Ultrasonic extraction. Washington DC: Office of Health and Environmental Assessment; 1996. Revision 2.
9. U.S. Environmental Protection Agency. Method 3630c: Silica gel cleanup. Washington DC: Office of Health and Environmental Assessment; 1996. Revision 3.
10. U.S. Environmental Protection Agency. Method 8310: Polynuclear Aromatic Hydrocarbons. Washington DC: Office of Health and Environmental Assessment; 1996, 1986. Revision 0.
11. International Agency for Research on Cancer. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Polynuclear aromatic compounds, part I : Chemical, environmental and experimental data. France: Lyon; 1983.
12. *Rovinskij F.Ja., Teplickaja T.A., Alekseeva T.A*. Fonovyj monitoring policiklicheskih aromaticheskih uglevodorodov (Background monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons). Leningrad; 1988. (in Russian)
13. Geohimija policiklicheskih aromaticheskih uglevodorodov v gornyh porodah i pochvah (Geochemistry of polycyclic aromatic hydrocarbons in rocks and soils) / Ed. *A.N. Gennadiev, Ju.I. Pikovskiy*. Moscow; 1996
14. *Bouloubassi I., Saliot A.* Investigation of anthropogenic and natural organic inputs in estuarine sediments using hydrocarbon markers (NAH, LAB, PAH). Oceanol. Acta. 1993; 1: 145–61.
15. *Yunker M.B., Macdonald R.W.* Alkane and PAH depositional history, sources and fluxes in sediments from Fraser River basin and Strait of Georgia, Canada. Organic Geochem. 2004; 34: 142 –54.
16. *Pikovskij Ju.I.* Prirodnye i tehnogennye potoki uglevodorodov v okruzhajushhej srede (Natural and thechnogenic fluxes of hydrocarbons in enviroment). Moscow; 1993. (in Russian)
17. UNEP (United Nations Environment Programme Chemicals). Regionally based assessment of persistent toxic substances. Antarctic regional report. Geneva: Global Environment Facility; 2002.
18. *Young L.Y., Cerniglia E.* Microbial transformation and degradation of toxic organic chemicals. New York: Wiley-Liss, Inc; 1995.
19. *Pelletier E., Delille D., Delille B.* Crude oil bioremediation in sub-Antarctic intertidal sediments: chemistry and toxicity of oiled residues. Mar. Environ. Res. 2004; 57(4): 311–27.
20. *Coulon F., Pelletier E., Gourhant L., Delille D.* Effects of nutrient and temperature on degradation of petroleum hydrocarbons in contaminated sub-Antarctic soil. Chemosphere. 2005; 58: 1439–48.
21. *Abakumov E.V.* The sources and composition of humus in some soils of west Antarctica. Eurasian Soil Sci. 2010; 5: 499–508.
22. *Abakumov E.V*. Particle size distribution in soil of west Antarctica. Eurasian Soil Sci. 2010; 3: 297–304.
23. *Abakumov E.V., Krylenkov V.A.* Soils of Antarctic. Priroda. 2011; 3: 58–62. (in Russian)
24. *Abakumov E.V., Sapega V.F.* Mineralogical composition of clay fraction in some Antarctic soils. Vestnik S-Peterb. un-ta. 2010; Ser. 3.; 3: p. 99–109. (in Russian)
25. *Vlasov D.Ju., Abakumov E.V., Nadporozhskaja M.A., Kovsh N.V.* Lithosols of King-George Island, Western Antarctica. Eurasian Soil Sci. 2005; 7: 773-81.
26. *Kircideli I. Ju., Vlasov D.Ju., Abakumov E.V., Gilichinskij D.A*. Diversity and enzymatic activity of microfungi from week soils of shore Antarctic. Mikologija i fitopatologija. 2010; 44(5): 442–53. (in Russian)
27. *Gilichinsky D., Abakumov E., Abramov A., Fyodorov-Davydov D.,Goryachkin S., Lupachev A.* et al. Soils of mid and low Antarctic: diversity, geography, temperature regime. In: Gilkes R.J., Prakongkep N., eds. Proceedings of the 19th World congress of soil science; soil solutions for a changing world. 2010, Aug 1-6. Brisbane, Australia: IUSS; 2010: 32–5. http://www.iuss.org; Symposium WG 1.4.; Cold soils in a changingworld; 2010 Aug 1–6.
28. *Abakumov E., Lodigin E., Gabov D., Krylenkov V.* Benzo(a) pyrene content in soils of Antarctica. In: The 6th International conference on soils of urban, industrial, traffic, mining and military areas. October 3-7, Marrakech, Morocco; 2001: 32.
29. PND F 16.1:2:2.2:3.39-03 Kolichestvennyj himicheskij analiz pochv. Metodika vypolnenija izmerenij massovoj doli benz(a) pirena v probah pochv, gruntov, tverdyh othodov, donnyh otlozhenij metodom vysokojeffektivnoj zhidkostnoj hromatografii s ispol'zovaniem zhidkostnogo hromatografa «Ljumahrom» (Quantitative chemical analyzes of soils. Method of determination of mass portion of benzo(a)pyrene in samples of soils, grounds, solid wastes, bottom sediments by the method of fine layer liquid chromatography with use of liquid chomatographe "Ljumahrom"). OOO «Ljumjeks». Moscow. 2003; 27 p. (in Russian)
30. *Gabov D.N., Beznosikov V.A., Kondratenok B.M.* Polycyclic aromatic hydrocarbons in Podzol and Peatty gleic podzol soils of benchmark landscapes. Pochvovedenie. 2007;3: 282–91. (in Russian)
31. *Gabov D.N., Beznosikov V.A., Kondratenok B.M., Jakovleva E.V.* Dependencies of formation of plolycyclic aromatic hydrocarbons in soil of northern and middle taiga. Pochvovedenie. 2008; 11: 1334–43 (in Russian)
32. GN 2.1.7.2041-06. Hygienic standards "Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in the soil" (Gigienicheskie normativy «Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskih veshhestv v pochve.) Approved by the Chief Medical Officer of the Russian Federation of January 19, 2006, Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor. 15 p. (in Russian)

Поступила 14.03.13