

**ГОУ ВПО «Вологодский государственный педагогический университет»  
Вологодская лаборатория ФГНУ «ГосНИОРХ»  
Вологодское отделение гидробиологического общества РАН  
НП «Научный центр экологических исследований»**

**Водные и наземные экосистемы:  
проблемы и перспективы исследований**

Материалы Всероссийской конференции с международным участием,  
посвященной

**70-летию** кафедры зоологии и экологии ГОУ ВПО  
«Вологодский государственный педагогический университет» и  
**35-летию** Вологодской лаборатории – филиала ФГНУ «Государственный научно-  
исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства»

**ОРГАНИЗМЫ, ПОПУЛЯЦИИ, ЭКОСИСТЕМЫ:  
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ СОХРАНЕНИЯ  
БИОРАЗНООБРАЗИЯ**

**Proceedings of the Conference  
«Aquatic and overland ecosystems:  
problems and perspectives of researches»**

**ORGANISMS, POPULATIONS, ECOSYSTEMS:  
THE PROBLEMS AND THE WAYS OF BIODIVERSITY  
CONSERVATION**

*24–28 ноября 2008 г.  
Вологда, Россия*

Вологда 2008

**Организмы, популяции, экосистемы: проблемы и пути сохранения биоразнообразия.** Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований» (Вологда, Россия, 24–28 ноября 2008 г.). – Вологда, 2008. – 367 с.

В издание включены материалы докладов Всероссийской конференции с международным участием «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований», которые обсуждались на пяти секциях: «Физиология, биохимия, генетика организмов», «Влияние антропогенных факторов на природные экосистемы», «Состояние и динамика популяций наземных организмов и экосистем», «Охрана экосистем, поддержание биоразнообразия, ГЭП-анализ и развитие сети ООПТ», «Проблемы экологического образования». Статьи сгруппированы по секциям и расположены в алфавитном порядке по фамилиям первых авторов.

Материалы публикуются в авторской редакции. Авторы статей несут полную ответственность за содержание материалов.

Издание рассчитано на экологов, биологов, сотрудников природоохранных служб, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Подготовка текста и оригинал-макет: А. Ф. Коновалов, И. В. Филоненко

Фото на обложке: Прионежская низина (автор А. А. Шабунов)

© Вологодский государственный педагогический университет, 2008  
© Вологодская лаборатория ФГНУ «ГосНИОРХ», 2008  
© Вологодское отделение гидробиологического общества РАН, 2008  
© НП Научный центр экологических исследований, 2008

components of the reservoir ecosystem. Source of contamination is located in Cherepovets City. The maximal PCB concentrations in water, bottom sediments, benthos, and fish (liver/muscles) were 4.91 µg/l, 7.16 µg/g dry weight, 1.8 µg/g wet weight, and 15.8/1.56 µg/g wet weight, consequently. The PCB levels are potentially dangerous to human and aquatic animals. The continuing local monitoring for PCB content in this part of reservoir is required.

## ЛЕТОПИСЬ ПОТОКА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ АТМОСФЕРЫ В БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ КАРЕЛИИ

В. П. Шевченко<sup>1</sup>, Р. А. Алиев<sup>2</sup>, О. Л. Кузнецов<sup>3</sup>, А. И. Максимов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, г. Москва, vshevch@ocean.ru

<sup>2</sup>НИИ ядерной физики им. Скобельцына МГУ, г. Москва, ramiz.aliev@gmail.com

<sup>3</sup>Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, oleg.kuz@sampo.ru

Атмосферный перенос является самым быстрым механизмом поставки веществ, в том числе загрязняющих, от источников до различных районов Земли [1–3]. Химический состав торфяных залежей в большой степени зависит от атмосферной поставки в них многих элементов, что особенно актуально для верховых (олиготрофных) болот, которые не связаны с минеральным грунтом и, как правило, находятся вне зоны влияния грунтовых вод [4]. Поэтому верховые болота являются природным архивом (планшетом) вещества, выпадающего из атмосферы [5–7]. В ряде работ [8–11] показано, что Pb, Sb, As, Hg, поступающие в болота, в основном связываются верховым торфом, обладающим высокой сорбционной способностью по отношению к тяжелым металлам, и остаются в том слое, в который они поступили, в то время как Zn может активно мигрировать по разрезу. Промежуточное положение по степени связывания с торфом занимают Cu и Ni. Наиболее высокие содержания Pb, Sb, As, Zn отмечены в слоях, образовавшихся в 50-е годы XX века [8, 10]. Основным источником загрязнения атмосферы тяжелыми металлами в те годы являлось сжигание каменного угля и этилированного бензина.

До середины 1980-х годов детальных исследований элементного состава торфов Карелии не проводилось [12]. В работах, опубликованных в этот период [13, 16], обычно приводится агрохимическая характеристика или содержание некоторых макроэлементов (Ca, Mg, K, P) в наиболее распространенных видах торфа или в верхнем метровом слое торфяных залежей. Элементный состав торфяных залежей стал активно изучаться Лабораторией болотных экосистем Института биологии Карельского НЦ РАН на болотах разных типов в ряде районов республики в 80–90-ые годы [12, 17–18]. С 2004 г. в эти исследования включились сотрудники Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН и ряда других организаций [19] в рамках проекта “Система Белого моря” (руководитель – академик А.П. Лисицын). В этих работах начато также изучение содержания ряда радионуклидов и возможность их использования для датирования торфяных отложений.

Авторами изучен состав проб торфа, отобранных на полуострове Киндо (Кандалакшский залив) экспедицией географического факультета МГУ под руководством Ф.А. Романенко в начале июня 2004 г. [20]. Пробы были отобраны болотным буром Гиллера-1, затем высушены и озолены. Радиоактивность <sup>137</sup>Cs определена с помощью гамма-спектрометра с полупроводниковым детектором Canberra GR3818, элементный состав – методами инструментального нейтронно-активационного анализа, рентгенофлуоресцентного анализа с применением синхротронного излучения и атомно-абсорбционного анализа по известной [21, 22] методике. Наиболее детально изучен состав отложений скважин 11 (66°32,717' с.ш., 33°06,333' в.д., 72 м над уровнем моря) и 4 (66°32,552' с.ш., 33°08,257' в.д., 27,5 м над уровнем моря), пройденных в заторфованных озёрных котловинах.

Результаты ботанического анализа отложений скв. 11 свидетельствуют о существенной смене условий осадконакопления в озерно-болотных экосистемах п-ва Киндо в послеледниковое время. Нижняя часть разреза на глубинах от 5 до 3,2 м представлена сапропелевидными торфами, выше до поверхности залегает торф. При его образовании условия были в основном мезотрофные, хотя в отдельные периоды времени трофность болота менялась.

Активность <sup>137</sup>Cs в поверхностном 5-см слое (моховая подушка, состоящая в основном из сфагновых мхов) скважины 11 составляет 36 Бк/кг. Это значение находится на фоновом уровне и значительно ниже активности этого техногенного радионуклида во мхах и почвах Европейской части России [23, 24]. Активность <sup>137</sup>Cs быстро падает до величин менее 1 Бк/кг в слое 0,30–0,35 м, но в слое 0,60–0,65 м скачкообразно возрастает до 7,5 Бк/кг, вероятно, в результате подтока грунтовых вод в этом горизонте, и глубже снова быстро уменьшается до 0,6 Бк/кг в слое 0,95–1,00 м.

Содержание меди в верхнем 25-см слое торфяной залежи в скважинах 4 и 11 варьирует от 9,1 до 80,2 мг/кг, никеля – от 5,4 до 32,2 мг/кг, выше в 4–5 раз, чем в торфяниках Томской области [22],

Южной Карелии [12, 18, 25] и фоновых районах Финляндии [10]. В отдельных слоях эти превышения достигают порядка. В то же время, в окрестностях медно-никелевого комбината Харьявалта (Harjavalta) в Финляндии содержание меди в торфе верхового болота в несколько раз выше (до 600 мг/кг [10]), чем в торфе болота на полуострове Киндо [19].

Для кадмия и свинца, опасных для окружающей среды, характерен дальний перенос с мельчайшими аэрозольными частицами. Содержание их в наших пробах в несколько раз ниже, чем в Томской области, поэтому в отношении этих элементов можно считать Карелию чистым фоновым районом. Содержание хрома в карельском торфянике примерно в 2 раза ниже, чем в Западной Сибири, железа – примерно в 5 раз ниже, чем в торфяниках Томской области [22].

Для оценки роли различных источников в формировании химического состава озерно-болотных отложений были рассчитаны коэффициенты обогащения (КО) химическими элементами относительно среднего состава земной коры по формуле:

$$КО = (\text{Эл./Sc})_{\text{проба}} / (\text{Эл./Sc})_{\text{земн. кора}}$$

где Эл. и Sc – содержания интересующего нас элемента и скандия в пробе и земной коре [26] соответственно.

Для большей части химических элементов в торфе скважин 4 и 11 п-ва Киндо значения КО близки к 1, что свидетельствует о том, что основным источником вещества, оседающего из атмосферы и поступающего с грунтовыми водами, является материал выветривания земной коры.

КО для Ni в разных слоях торфа п-ва Киндо варьирует от 2 до 4, Cu – от 5 до 20, La – от 4 до 20, Ce – от 3 до 21. Одной из возможных причин более высокого содержания меди и никеля в изученном нами болоте является антропогенное загрязнение аэрозолями, переносимыми из района города Мончегорск и посёлка Никель, расположенных в северо-западной части Кольского полуострова. Там находятся медно-никелевые комбинаты – мощный источник загрязнения атмосферы и окружающей среды в целом. Незначительное обогащение озерно-болотных отложений La и Ce, по-видимому, связано с поступлением редкоземельных элементов из окружающих метаморфических пород Беломорского пояса Балтийского щита [27].

Для вертикального распределения тяжелых металлов в верховых торфяниках Карелии характерно обогащение ими верхнего 25-см слоя, образовавшегося в течение последних 100–200 лет [12, 18, 19]. Такое же обогащение тяжелыми металлами слоев, образовавшихся с начала XIX века (эпоха индустриализации), отмечено в природных архивах – торфяных залежах верховых болот, ледовых кернах Антарктиды, Гренландии, ледников арктических островов и высокогорных районов, донных осадках озер и морей [5–11; 28–32]. Тяжелые металлы поступают в удаленные от промышленных предприятий и городов районы за счет атмосферного переноса аэрозольных частиц. Аэрозоли имеют высокие (>100) КО такими металлами как As, Se, Cd, Sb, Zn, Pb [2, 3, 32, 33].

Хронология накопления тяжелых металлов в молодых (приповерхностных) отложениях верховых болот Карелии не изучена из-за отсутствия датировок по  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Этот пробел мы планируем восполнить в наших дальнейших исследованиях.

### **Выводы**

1. Верховые торфяные болота питаются в основном из атмосферы и могут служить природными архивами потока тяжелых металлов и радионуклидов из атмосферы и антропогенного загрязнения окружающей среды.
2. Содержание в торфе верховых болот Карелии тяжелых металлов, поступающих в основном из атмосферы, находится в большинстве случаев на фоновом для Северной Европы уровне. Повышенное содержание Cu и Ni отмечено вблизи металлургических комбинатов.
3. На распределение ряда металлов в торфяной залежи оказывают природные процессы.
4. Необходимо дальнейшее исследование накопления тяжелых металлов в болотных отложениях с использованием современных методов и приборов.

Авторы благодарят коллег, принимавших участие в полевых и лабораторных исследованиях, за помощь, и академика А. П. Лисицына за поддержку. Работа выполнена при финансовой поддержке проекта 4.4 Программы № 17 Президиума РАН, проекта “Наночастицы во внешних и внутренних сферах Земли”, бюджетного финансирования Московского университета, проектов РФФИ №№ 07-05-00691 и 05-05-64872, гранта НШ-361.2008.5, российско-германской Лаборатории им. О. Ю. Шмидта.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Лисицын А. П. Процессы океанской седиментации. Литология и геохимия. М.: Наука, 1978. 392 с.
2. Brimblecombe P. Air Composition and Chemistry. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 253 p.
3. Шевченко В. П. Влияние аэрозолей на среду и морское осадконакопление в Арктике. М.: Наука, 2006. 226 с.

4. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975. 342 с.
5. Баденкова С. В., Гунова В. С., Мнацаканян Р. А. и др. Оценка интенсивности поступления свинца, цинка, меди и кадмия из атмосферы в голоцене (по результатам изучения верховых торфяников) // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Вып. 6. Под ред. Ю. А. Израэля и Ф. Я. Ровинского. Л.: Гидрометеоздат, 1990. С. 211–219.
6. Бояркина А. П., Байковский В. В., Васильев Н. В. и др. Аэрозоли в природных планшетах Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 1993. 157 с.
7. Shotyk W. Atmospheric deposition and mass balance of major and trace elements in two oceanic peat bog profiles, northern Scotland and the Shetland Islands // *Chemical Geology*. 1997. V. 138. P. 55–72.
8. Shotyk W., Goodsite M.E., Roos-Barraclough F. et al. Anthropogenic contributions to atmospheric Hg, Pb, and As accumulation recorded by peat cores from southern Greenland and Denmark dated using the  $^{14}\text{C}$  "bomb pulse curve" // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2003. V. 67. P. 3991–4011.
9. Shotyk W., Krachler M., Chen B. Antimony in recent, ombrotrophic peat from Switzerland and Scotland: Comparison with natural background values (5,320 to 8,020  $^{14}\text{C}$  yr BP) and implications for the global Sb cycle // *Global Biogeochemical Cycles*. 2004. V. 18. GB1016, doi:10.1029/2003GB002113.
10. Rausch N., Nieminen T., Ukonmaanaho L. et al. Comparison of atmospheric deposition of copper, nickel, cobalt, zinc, and cadmium recorded by Finnish peat cores with monitoring data and emission records // *Environ. Sci. Technol.* 2005. V. 39. P. 5989–5998.
11. Cloy J.M., Farmer J.C., Graham M.C. et al. Historical records of atmospheric Pb deposition in four Scottish ombrotrophic peat bogs: An isotopic comparison with other records from western Europe and Greenland // *Global Biogeochemical Cycles*. 2008. V. 22. GB2016, doi:1029/2007GB003059.
12. Максимов А. И., Егорова Г. Ф., Степаненкова В. А., Ширяева Т. А. Геохимическая характеристика торфяных залежей // *Методы исследований болотных экосистем таежной зоны*. Отв. ред. О.Л. Кузнецов. Л.: Наука, 1991. С. 97–110.
13. Бухман В. А. К характеристике агрохимических свойств основных типов торфяных почв Карелии // *Почвоведение*. 1960. № 11. С. 99–105.
14. Волкова В. И., Кузнецов О. Л. Торфяные залежи и их агрохимическая характеристика // *Биологические ресурсы района Костомукши, пути их освоения и охраны*. Петрозаводск, 1977. С. 23–31.
15. Елина Г. А., Кузнецов О. Л., Максимов А. И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии / Ред. Н.И. Пьявченко. Л.: Наука, 1984. 128 с.
16. Максимов А. И. Агрохимическая характеристика видов торфа Карелии // *Болотные экосистемы Европейского Севера*. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1988. С. 163–179.
17. Максимов А. И. Макро- и микроэлементный состав торфяных залежей Заонежского полуострова (на примере болот Замощье и Бярущина) // *Острова Кижского архипелага. Биогеографическая характеристика / Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Серия «Биогеография Карелии»*. Вып. 1. Петрозаводск, 1999. С. 55–62.
18. Максимов А. И. Содержание макро- и микроэлементов в торфяных залежах болотных экосистем вблизи месторождения Падма // *Экологические проблемы освоения месторождения Средняя Падма*. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005. С. 72–81.
19. Шевченко В. П., Бобров В. А., Романенко Ф. А. и др. Геохимия озерно-болотных отложений полуострова Киндо, побережье Северной Карелии // *Геология морей и океанов. Материалы XVII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии*. Т. III. М.: ГЕОС, 2007. С. 295–297.
20. Олонина О. С., Романенко Ф. А., Головнина Е. А. Постледниковое поднятие Карельского берега Белого моря: предварительные результаты изучения береговых торфяников // *Геология морей и океанов. Тез. докл. XVI Международной научной школы по морской геологии*. М.: ГЕОС, 2005. Т. I. С. 91–92.
21. Сапожников Ю. А., Алиев Р. А., Калмыков С. Н. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2006. 286 с.
22. Гавшин В. М., Сухоруков Ф. В., Будашкина В. В. и др. Свидетельства фракционирования химических элементов в атмосфере Западной Сибири по данным исследования верхового торфяника // *Геохимия*. 2003. № 12. С. 1337–1344.
23. Киселев Г. П., Крячюнас В. В., Киселева И. М. и др. Природная радиоактивность территории Европейского Севера и ее антропогенные изменения // *Геоэкология*. 2005. № 3. С. 205–218.
24. Киселев Г. П., Замбер Н. С., Киселева И. М. Гамма-активные изотопы в компонентах природной среды Государственного природного заповедника «Костомукшский» // *Геология морей и океанов. Материалы XVII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии*. М.: ГЕОС, 2007. Т. III. С. 236–238.
25. Кузнецов О. Л., Тойкка М. А., Максимов А. И. Содержание микроэлементов в торфяных залежах верховых болот Южной Карелии // *Структура растительности и ресурсы болот Карелии*. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1983. С. 160–171.

26. Taylor S. R. The abundance of chemical elements in the continental crust – a new table // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1964. V. 28. P. 1273–1285.
27. Терехов Е. Н. Особенности распределения редкоземельных элементов в корундсодержащих и других метасоматитах периода подъема к поверхности метаморфических пород Беломорского пояса (Балтийский щит) // *Геохимия*. 2007. № 4. С. 411–428.
28. Murozumi M., Chow T. J., Patterson C. C. Chemical concentrations of pollutant lead aerosols, terrestrial dust and sea-salts in Greenland and Antarctic snow strata // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1969. V. 33. P. 1247–1294.
29. Norton S. A., Dillon P. J., Evans R. D. et al. The history of atmospheric deposition of Cd, Hg, and Pb in North America: evidence from lake and peat bog sediments // *Sources, deposition, and canopy interactions*. V. 3. Edited by S.E. Lindberg, A.L. Page, and S.A. Norton. Berlin: Springer-Verlag, 1990. P. 73–102.
30. Boutron C. F., Candelone J.P., Hong S. Past and recent changes in the large-scale tropospheric cycles of lead and other heavy metals as documented in Antarctic and Greenland snow and ice: A review // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1994. V. 58. P. 3217–3225.
31. Smol J. P. *Pollution of Lakes and Rivers. A Paleoenvironmental Perspective*. London: Arnold. 2002. 280 p.
32. Steinnes E., Friedland A. J. Metal contamination of natural surface soil from long-range atmospheric transport: Existing and missing knowledge // *Environ. Rev.* 2006. V. 14. P. 169–186.
33. Rahn K. A. *The elemental composition of the atmospheric aerosol*. University of Rhode Island, Technical Report. 1976. 265 p.

#### SUMMARY

#### **Shevchenko V. P., Aliev R. A., Kuznetsov O. L., Maksimov A. I. RECORD OF HEAVY METALS AND RADIONUCLIDES FLUX FROM THE ATMOSPHERE TO KARELIAN PEAT BOG DEPOSITS**

Ombrotrophic peat cores have proved to be meaningful archives of recent as well as ancient atmospheric metal deposition, especially for Pb, Sb, As, Hg. The existing data on heavy metals and  $^{137}\text{Cs}$  in Karelian peat bog deposits are summarized. The radioactivity of  $^{137}\text{Cs}$  and contents of most trace elements in the upper part of deposits (peat) is at the background level. The upper part of peat deposits is strongly enriched by Pb, Sb and some other trace metals relatively to deeper “back-ground layers” as a result of long-range transport of pollutants and associated contamination of natural surfaces. Further studies on the deposition history of Pb and other metals in recent and past environment of Karelia are necessary.

