ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ ОЗЕР УРБАНИЗИРОВАННЫХ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИИ

Слуковский З.И.

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, slukovskii_z@igkrc.ru

Городская (урбанизированная) среда создает серьезные предпосылки для экологических рисков. Антропогенное влияние, оказываемое в городе на окружающую среду в первую очередь благодаря деятельности промышленных предприятий и транспорта, приводит к ухудшению состояния биоты, вплоть до гибели отдельных видов и групп организмов. Тяжелые металлы являются одними из основных агентов негативного влияния техногенеза в пределах экосистем, затронутых урбанизацией. Регистрация экстремально высоких концентраций тяжелых металлов в почве, донных отложениях водных объектов и живых организмах городской среды иллюстрирует характер, интенсивность и диапазон воздействия тех или иных источников антропогенного воздействия, давая возможность для оценки экологических рисков на территории города.

Цель работы – провести общую оценку содержания микроэлементов, в том числе тяжелых металлов, в донных отложениях городских озер Республики Карелии, являющихся индикаторами состояния водосборных районов и появления экологических рисков на исследуемых территориях.

Исследование состояния урбанизированной среды проводилось на примере трех городов Республики Карелии (Петрозаводска, Медвежьегорска и Суоярви). В каждом из указанных населенных пунктов было исследовано эколого-геохимическое состояние донных отложений малых озер, расположенных в пределах городских территорий (рис. 1).

Отбор проб донных отложений проводится в 2016 и 2017 гг. в зимний и летний периоды. Для анализа был выбран слой озерных осадков до 30-60 см в зависимости от конкретного водного объекта. Методика отбора проб донных отложений и подготовки их к аналитическим исследованиям

Рис. 1. Расположение объектов исследования.

Рис. 2. Взаимосвязь концентраций Pb и Sb в озерных отложениях городской среды территории Республики Карелии.

описана в ранее проведенных работах [5, 6]. Оценка микроэлементного состава донных отложений проведена при помощи масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой XSeries-2 ICP-MS на базе аналитического центра Института геологии КарНЦ РАН [4]. Формула геохимической ассоциации рассчитывалась согласно методическим указаниям [7].

Анализ изученных донных отложений городских малых озер Карелии показал, что все они относятся к сапропелям, наиболее распространенному типу пресноводных осадков региона [3]. Содержание микроэлементов в донных отложениях изученных урбанизированных водоемов позволило оценить мощность техногенно измененного слоя осадка в каждом озере. Минимальная мощность техногенно измененного слоя донных отложений была установлена для оз. Китайского, г. Медвежьегорск (16 см), а максимальная – для оз. Ламба, г. Петрозаводск (48 см).

Рис. 3. Вертикальное распределение концентраций V (а) и Cr и Ni (б) в разрезе современных донных отложений оз. Ламба (г. Петрозаводск).

Согласно формулам геохимических ассоциаций донных отложений исследованных городских озер (табл. 1) приоритетным загрязнителем для всех урбанизированных водоемов является Pb. Концентрации этого элемента в верхних слоях озерных отложений многократно превышают условно-фоновый уровень для исследованных донных осадков (табл. 1). Наибольшие концентрации Pb установлены в отложениях оз. Ламба (Петрозаводск), оз. Кайпинское и оз. Каймановское (оба – Соуярви) и оз. Плотичье (Медвежьегорск).

Повышенный уровень свинцового загрязнения в донных отложениях изученных водоемов связан с фактором активного использования в 1940-80-е года по всему миру соединений Pb при изготовлении моторного топлива [9, 10], а также фактором трансграничного переноса этого элемента через атмосферу, что многократно отмечалось при изучении малых водоемов Севера России и сопредельных стран [2, 8].

При анализе химического состава донных отложений городских озер Карелии следует выделить повышенный уровень концентраций Sb, известной своими токсичными свойствами по отношению к живым организмам. Кроме того, отмечается тесная связь между концентрациями Pb и Sb во всех техногенно измененных донных отложениях малых водоемов урбанизированной среды Карелии (рис. 2), что, вероятно, связано с содержанием Sb в тех пылевых выбросах, с которыми в водную среду региона поступал Pb.

Таблица 1. Геохимические ассоциации в техногенно измененных донных отложениях водоемов урбанизированной среды Республики Карелии (Кс – коэффициент концентрации, нижние индексы – величины коэффициентов концентрации для отдельно взятого элемента).

Название озера	Формула геохимической ассоциации донных отложений		
	$K_c \geq 10$	$10 > K_c \geq 3$	$3 > K_c \geq 1,5$
Ламба	$Pb_{21,1}-Sn_{16,9}-V_{16,6}$	$Sb_{8,4}-Bi_{5,6}-Ni_{4,5}-Zn_{4,4}-(Rb-Cu)_{4,3}-Ti_{3,7}-Cs_{3,6}-Ga_{3,3}-(Ag-Li)_{3,1}-W_{3,0}$	$Nb_{2,8}-Zr_{2,6}-(Cd-Rb)_{2,5}-(Mo-Ta-Tl)_{2,4}-Cr_{2,2}-Sr_{2,1}-Co_{2,0}-(Hf-Sc)_{1,9}-Ba_{1,7}$
Четырехверстное	–	$Pb_{5,7}-Sb_{4,3}-Sn_{3,5}$	$(As-Mn)_{2,9}-W_{2,5}-(Rb-Ti)_{2,2}-(Ga-Li-Zn)_{2,1}-(Co-Cr-Cs-Nb-Ta)_{2,0}-(Sr-V)_{1,8}-Tl_{1,7}-Bi_{1,6}-Cu_{1,5}$
Плотичье	$Pb_{10,2}$	$Sb_{9,8}-Zn_{7,5}-Sn_{6,6}-Cu_{6,2}-P_{6,0}-Cd_{3,4}$	$Co_{2,9}-(Bi-V)_{2,7}-Cs_{2,6}-(Mn-Ni)_{2,2}-(As-Cr-Tl)_{2,0}-(Nb-Th)_{1,7}-Ga_{1,6}-Ta_{1,5}$
Китайское	–	$Pb_{6,4}-(Cd-Sb)_{4,5}-Zn_{3,3}-(Bi-Sn)_{3,0}$	$(Mn-P)_{2,6}-(Ta-Tl-U)_{2,0}-Rb_{1,8}-(Ga-Li-V)_{1,7}-(Ba-Nb-Cs)_{1,6}-Be_{1,5}$
Кайпинское (северное)	$Pb_{17,7}$	$Sb_{9,8}-Sn_{5,9}-Cd_{4,2}-Ag_{3,9}-(As-Ba)_{3,6}-Li_{3,5}-Rb_{3,2}-(Co-Ti)_{3,1}-Zr_{3,0}$	$(Sr-V)_{2,9}-(Zn-Cs)_{2,8}-(Bi-Hf)_{2,7}-(Nb-P)_{2,6}-Ga_{2,4}-(Cu-Tl-U)_{2,3}-(Be-W)_{2,2}-Th_{2,1}-(Cr-Ta)_{1,9}-Mn_{1,8}-Ni_{1,6}-Sc_{1,5}$
Каймановское (южное)	$Sb_{19,1}-Pb_{18,4}$	$As_{5,4}-Sn_{4,6}-Zr_{4,3}-(Cu-Hf)_{4,1}-Bi_{3,9}-Li_{3,8}-Rb_{3,7}-(Nb-Ti-Tl)_{3,6}-Ba_{3,5}-(Cs-U)_{3,4}-(Cd-Ga)_{3,3}-(Mo-Ta-Th-V)_{3,0}$	$(Be-Co)_{2,8}-Cr_{2,7}-W_{2,6}-Ag_{2,3}-Sr_{2,2}-Zn_{2,0}-Sc_{1,9}-P_{1,6}$

Одним из главных загрязнителей оз. Ламба является V (табл. 1), чье поступление в водную среду связано с деятельностью Петрозаводской теплоцентрали (ТЭЦ), использовавшей и использующей до сих пор в качестве топлива мазут, в чьем составе обычно присутствуют V, Ni, Cr и другие химические элементы [1]. Переход на использование природного газа в начале 2000-х годов отразился на распределении V и сопутствующих ему микроэлементов в разрезе современных отложений оз. Ламба (рис. 3) [4].

Кроме описанных элементов экологические риски для биоты исследованных городских территорий могут быть связаны с воздействием Cu, Zn, W, Sr, Co, Mo, As, Mn и Tl для г. Петрозаводска,

с Cu, Zn, P, Co, Ni, Mn, As, Cr, Tl, U, V, Be для г. Медвежьегорска и с Cu, Zn, Sr, V, Bi, P, Tl, U, Be, W, Cr, Mn, Ni, Co, As, Mo для г. Суоярви (табл. 1). Повышенные концентрации указанных химических элементов, в том числе, тяжелых металлов, могут оказывать воздействие на изменение структуры видового состава разного ранга водных организмов, на развитие заболеваемости у них, вплоть до гибели отдельных групп организмов, а также на биоаккумуляцию загрязнителей. Следует разработать специальные меры по предотвращению загрязнения малых водных объектов на территории городов Республики Карелии с учетом важности малых озер с точки зрения рекреации и бытового использования местным населением.

Автор выражает искреннюю благодарность своим коллегам А.С. Медведеву, Д.Г. Новицкому и Е.В. Сыроежко за всевозможное содействие в проведении совместных эколого-геохимических исследований.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 16-35-00026 и № 18-05-00897

Литература

1. Гоголашвили Э. Л., Гарифзянов А. Р. Проблемы анализа ванадия в сточных водах тепловых электростанций // Энергетика Татарстана. 2007. № 3. С. 60-63.
2. Даувальтер В. А. Халькофильные элементы (Hg, Cd, Pb, As) в донных отложениях водных объектов водосбора Белого моря в пределах Кольского полуострова // Геохимия. 2006. № 2. 237-240. doi:10.1134/S0097807810040093.
3. Синькевич Е.И., Экман И.М. Донные отложения озер Восточной части Фенноскандинавского кристаллического щита. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 1995. 177 с.
4. Слуковский З.И., Ильмаст Н.В., Суховская И.В., Борвинская Е.В., Гоголев М.А. Геохимическая специфика процесса современного осадконакопления в условиях техногенеза (на примере оз. Ламба, Петрозаводск, Карелия) // Труды Карельского научного центра РАН. 2017. № 10. С. 45-63.
5. Слуковский З.И., Медведев А.С. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в донных отложениях озер Четырехверстного и Ламба (г. Петрозаводск, Республика Карелия) // Экологическая химия. 2015. № 1. С. 56-62.
6. Слуковский З.И., Медведев А.С., Бубнова Т.П., Сыроежко Е.В. Накопление и вертикальное распределение тяжелых металлов в сапропеле озера Грязное (Медвежьегорский район, Республика Карелия) // Вестник МГТУ 2017. Т. 20, № 1/2. С. 177-188. DOI: 10.21443/1560-9278-2017-20-1/2-177-188.
7. Янин Е.П. Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек агроландшафтов (формирование, состав, экологическая оценка) // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 1. С. 66-71.
8. Keinonen M. The isotopic composition of lead in man and the environment in Finland 1966-1987: isotope ratios of lead as indicators of pollutant source // The Science of the Total Environment. 1992. V. 113, No 3. P. 251-268. doi:10.1016/0048-9697(92)90004-C.
9. McConnell, J. R., Edwards, R. Coal burning leaves toxic heavy metal legacy in the Arctic. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2008. V.34. P. 12140-12144.
10. Thomas V. M. The elimination of lead in gasoline // Annual Review of Energy and the Environment. 1995. V. 20. P. 301-324.