

УДК 656.55.8

Халькофильные элементы в воде и донных отложениях озера Умбозеро

В.А. Даувальтер^{1,2}, С.И. Ящишина²

¹ *Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Анапиты*

² *Анапитский филиал МГТУ, кафедра геоэкологии*

Аннотация. Проведены исследования оз. Умбозеро с целью установления геохимических особенностей распределения халькофильных элементов (Hg, Cd, Pb, As) в воде и донных отложениях и оценки геоэкологического состояния озера. В распределении содержания Pb и Cd в толще воды обнаружен поверхностный и придонный максимум. Средняя концентрация Pb и Cd в водной толще оз. Умбозеро больше среднего значения для воды озер таежной зоны. Загрязнение оз. Умбозеро сказывается в повышении концентраций всех исследуемых халькофильных элементов в поверхностных слоях донных отложений.

Abstract. Researches of the lake Umbozero have been carried out with the purpose of assessment of biogeochemical features of the chalcophile elements distribution in water and sediments and assessment of geoeological state of the lake. In distribution of Pb and Cd contents in the water column the superficial and near-bottom maximum has been found out. The average concentrations of Pb and Cd in the water column of the lake Umbozero were more than the average value for water of the taiga zone lakes. Pollution of the lake Umbozero led to increase of concentration in superficial layers of sediments of all investigated chalcophile elements.

1. Введение

Север европейской части России, в том числе и Мурманская область, обладает уникальными минерально-сырьевыми ресурсами. На территории Мурманской области находятся крупнейшие в стране горнодобывающие, горно-перерабатывающие и горно-металлургические предприятия, ежегодно извлекающие на поверхность земли миллионы тонн горных пород и выбрасывающие в атмосферу и сбрасывающие в водоемы и водотоки тысячи тонн загрязняющих веществ, в том числе высокотоксичных соединений металлов и органических загрязнителей.

Среди загрязняющих веществ чрезвычайно опасными для природы и для человека являются тяжелые металлы, в первую очередь высокотоксичные халькофильные элементы (Hg, Cd, Pb, As), способные мигрировать в воздушной и водной средах на значительные расстояния благодаря своим внутренним и внешним геохимическим особенностям (например, относительно низкой температуре плавления, большой способности образовывать металлорганические комплексы и т.д.). Эти элементы в последние десятилетия приобрели статус глобальных загрязняющих элементов. Несмотря на большое количество источников загрязнения халькофильными элементами в мире, в том числе и в Мурманской области, имеется очень мало информации по содержанию этих загрязняющих веществ в окружающей среде, и в водных системах в частности.

Как известно, все элементы по их биологической роли и экологической опасности делятся на эссенциальные, т.е. биофильные, и не-эссенциальные. К первым относится большая группа металлов, в том числе и тяжелых (таких как Co, Cr, Cu, Zn и т.д.), которые функционально присущи живым организмам в тех или иных концентрациях, однако при высоких уровнях содержания в окружающей среде они оказывают токсическое действие, их накопление в организме приводит к нарушению ряда его биохимических функций (Моисеенко и др., 2006). К не-эссенциальным элементам относятся в первую очередь исследуемые халькофильные элементы (Pb, Cd, Hg), которые чрезвычайно токсичны и представляют большую опасность для живых организмов.

Определение халькофильных элементов в природных средах, включая биоту, представляет значительные трудности вследствие низких концентраций и методических ограничений, что определяет специфические требования к аналитическому оборудованию. Поэтому до недавнего времени широкомасштабных исследований распределения халькофильных элементов в компонентах пресноводных экосистем Мурманской области не проводилось. Имеются лишь отрывочные данные по содержанию халькофильных элементов (Hg, Cd, Pb, As) в воде и донных отложениях, полученные при работе над совместными международными научными проектами. Однако в настоящее время развитие аналитической приборной базы сделало возможным проведение подобных исследований.

Целью исследований являлось установление биогеохимических особенностей распределения халькофильных элементов (Hg, Cd, Pb, As) в воде, донных отложениях и органах и тканях сиговых рыб оз. Умбозеро, подверженного влиянию выбросов и стоков предприятий горно-металлургического комплекса Мурманской области.

2. Объекты исследований

Озеро Умбозеро – второй по величине водоем Мурманской области: общая площадь озера составляет 319.4 км², площадь водного зеркала 313.4 км², наибольшая длина 43.3 км, наибольшая ширина 12.0 км. Высота уровня озера над уровнем моря – 151.6 м. По максимальной глубине (115 м) озеро стоит в ряду наиболее глубоких озер европейской части России. В этом отношении его превосходят лишь Онежское и Ладожское. Южная часть озера мельче северной. Общая площадь водосбора озера Умбозеро 2130.8 км². Из озера вытекает р. Умба, впадающая в Белое море. Озеро расположено на восток от Хибинского массива. Северная, сравнительно узкая часть лежит между Хибинским и Ловозерским щелочными массивами. Здесь ширина озера 5-6 км. С запада в озеро впадают (в губу Постельную) две большие реки: Тулийок и Мойквальтайок, с севера – озерно-болотные реки Большая и Малая Чуда, Умбозерская и Сура, с запада стекают реки Ловозерского горного массива – Тавайок, Паргайок, Кувтуай и другие. С востока впадают реки Пунче и Кица – против острова Сорванова в губу Тульилухт-Сейда. В юго-восточной части озера Умбозеро находится самый большой остров Сорванов, его площадь около 2 км². Следующий по величине остров – Большой Еловый, расположен почти на середине озера. Общая площадь всех островов не превышает 6 км². С севера в направлении продольной оси тянется широкий подводный хребет. Посередине этого хребта лежат три небольших островка: Высокий, Малый, Голодный (Крохин, 1936; Рихтер, 1958; Алферовская, 1966).

Озеро Умбозеро расположено на восток от промышленно развитого центра Мурманской области. Антропогенное воздействие на него происходит в значительно меньших размерах, чем на крупнейшее озеро Кольского полуострова – Имандра. Схема озера Умбозера и расположение станций отбора проб воды и донных отложений показаны на рис. 1.



Рис. 1. Схема оз. Умбозера. Зоны: У-1 – северо-восточная часть Умбозера, куда поступают сточные воды Ловозерского ГОКа (рудник Умбозерский), У-2 – восточная и центральная части Умбозера, У-3 – юго-западная часть Умбозера, куда поступают стоки рудника "Восточный" ОАО "Апатит". 1-9 – станции отбора проб воды и донных отложений.

Освоение Коашвинского апатит-нефелинового месторождения с 1978 г. повлекло загрязнение юго-западной части оз. Умбозера взвешенными веществами и соединениями азота. Сточные воды рудника "Восточный" поступают в реку Вуонемйок, далее через систему озер Китчеявр, Китчепах и реку Умболка вносятся в Умбозеро. В первые годы освоения рудника из-за отставания строительства очистных сооружений в водную систему поступили огромные количества взвешенных веществ, что привело к заилению дна южной части Умбозера. В настоящее время внедрение системы очистки на руднике "Восточный" и снижение объемов производств позволило резко сократить сброс загрязняющих веществ. Повышенное содержание в водной системе азотной группы является, очевидно, следствием ведения взрывных работ на руднике "Восточный". Кроме сточных вод рудника "Восточный", в эту же систему поступают хозяйственно-бытовые воды поселка Коашва (Моисеенко, Яковлев, 1990).

Северо-восточная часть Умбозера испытывает воздействие сточных вод рудника "Умбозерский" Ловозерского ГОКа. Состав сточных вод фторидно-гидрокарбонатно-натриевый. Основными коллекторами сточных вод являются ручьи Азимут и Лопаритовый, вбирающие в себя шахтные воды, откачиваемые на рельеф местности, а также стоки промышленной площадки. По этим ручьям загрязняющие вещества: фтор, взвеси, минеральные соли поступают в Умбозеро (Моисеенко, Яковлев, 1990).

3. Материалы и методы

В апреле и июле 2005 г. была проведена гидрохимическая съемка оз. Умбозера, во время которой было отобраны пробы воды с 9 станций и колонки донных отложений с 5 станций. В пробах помимо основных ионов и главных компонентов были определены концентрации микроэлементов, в том числе и халькофильных элементов.

Пробы воды отбирались стеклянным батометром объемом 2 л, переливались в пластиковые бутылки объемом 1 л и доставлялись в химическую лабораторию ИППЭС КНЦ РАН.

Пробы донных отложений отобраны с помощью гравитационной колонки, разработанной О.К. Скогхеймом (*Skogheim*, 1979), и послойно разделены по 1 см для анализа. Концентрации тяжелых металлов и As в воде и донных отложениях определялись в химико-аналитической лаборатории ИППЭС КНЦ РАН с помощью атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Концентрации Hg определялись с использованием атомной абсорбции холодного пара. Подробно методика отбора и анализа проб донных отложений описана ранее (*Даувальтер*, 1998; 1999; *Моисеенко и др.*, 1996; 1997). Определение Hg в микроколичествах производится с помощью анализатора ртути FIMS-100 методом атомной абсорбции холодного пара. Другие халькофильные элементы (As, Cd, Pb) анализируются новым прибором Analyst-800 методом атомной абсорбции с электротермическим атомизатором. Пределы определения для Cd и Hg составляли 0.01 мкг/л, для Pb – 0.04 мкг/л и As – 0.1 мкг/л.

Для оценки загрязнения оз. Умбозеро халькофильными элементами использовалась методика Л. Хокансона (*Håkanson*, 1980). Для описания загрязнения каждым элементом отдельно определены значения коэффициента загрязнения (C_f^i):

$$C_f^i = C_{0-1}^i / C_n^i,$$

где C_{0-1}^i – содержание вещества (i – халькофильные элементы: Cd, Pb, As, Hg) в поверхностном слое (0-1 см) донных отложений, отобранных из наиболее глубокой части акватории (зоны аккумуляции); C_n^i – фоновое значение, определенное из самой глубокой части колонки донных отложений.

Коэффициент загрязнения (C_f^i) подсчитывается для каждого отдельного загрязняющего вещества или соединения. Если $C_{0-1}^i > C_n^i$, мы можем определить это вещество как загрязняющее или обогащенное. Если $C_{0-1}^i < C_n^i$, тогда вещество не может считаться загрязняющим.

В этом подходе придерживались следующей классификации значений коэффициента загрязнения: $C_f^i < 1$ – низкий (свидетельствующий о низком загрязнении донных отложений изучаемым элементом); $1 \leq C_f^i < 3$ – умеренный; $3 \leq C_f^i < 6$ – значительный; $C_f^i \geq 6$ – высокий.

Степень загрязнения халькофильными элементами (C_d) определялась как сумма всех коэффициентов загрязнения (C_f^i) для данного озера или данной станции озера:

$$C_d = \sum_{i=1}^n C_f^i = \sum_{i=1}^n (C_{0-1}^i / C_n^i).$$

Данный подход позволил определить как коэффициент загрязнения (C_f^i), который характеризует загрязнение данной акватории как отдельными халькофильными элементами, так и их суммарный вклад на основе установления степени загрязнения C_d , которая определяет общее загрязнение бассейна исследуемыми веществами.

Аналогично, при характеристике степени загрязнения, слагаемой коэффициентами загрязнения отдельных элементов, придерживались классификации значений C_d , предложенной Л. Хокансоном (*Håkanson*, 1980), из расчета, что суммируем значения коэффициентов загрязнения по n веществам: $C_d < n$ – низкая; $n \leq C_d < 2n$ – умеренная; $2n \leq C_d < 4n$ – значительная; $C_d \geq 4n$ – высокая, свидетельствующая о серьезном загрязнении. Следовательно, для четырех загрязняющих токсичных халькофильных элементов принимается следующая классификация степени загрязнения: $C_d < 4$ – низкая; $4 \leq C_d < 8$ – умеренная; $8 \leq C_d < 16$ – значительная; $C_d \geq 16$ – высокая.

4. Результаты и обсуждение

4.1. Халькофильные элементы в воде

В воде в количествах, превышающих предел определения аналитических приборов, обнаруживались только Pb и Cd. В распределении содержания Pb в толще воды в предвесенний подледный период в апреле 2005 г. были обнаружены поверхностный или подповерхностный максимум (рис. 2). Возможно, этот максимум связан с началом деятельности фитопланктона, когда солнечные лучи проникают сквозь толщу льда. В пробах воды, отобранных в июле, т.е. в период вегетации и интенсивного развития фитопланктона, отмечаются два максимума концентраций Pb – поверхностный и придонный (рис. 2). Эти два максимума могут быть связаны с развитием фитопланктона в поверхностных слоях и с осаждением отмерших организмов и механических взвесей в придонные слои.

Вероятно, фитопланктон интенсивно сорбирует соединения Pb в результате жизнедеятельности, о чем говорит довольно высокий коэффициент корреляции ($r=0.31$, $n=42$) концентраций Pb с содержанием органического материала в воде. В общем, средняя концентрация Pb в водной толще оз. Умбозеро (0.45 ± 0.40 мкг/л) оказалась больше среднего значения для воды озер таежной зоны (<0.1 мкг/л), определенного (Моисеенко и др., 2006). Наибольшее содержание Pb (2.39 мкг/л) было зафиксировано в придонном слое станции 9 в июле, наименьшее (0.04 мкг/л) – на станции 7 на глубине 50 м также в июле.

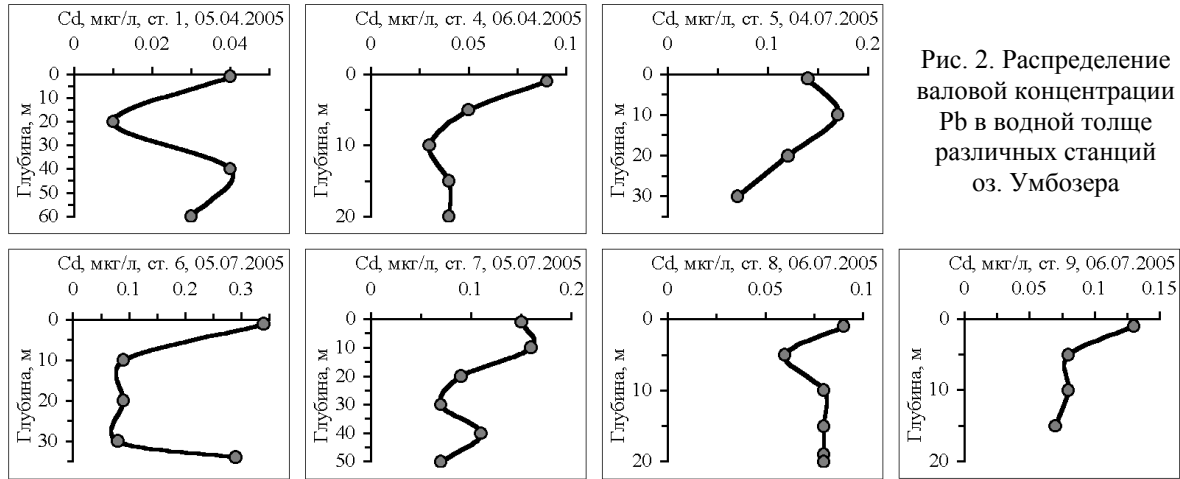


Рис. 2. Распределение валовой концентрации Pb в водной толще различных станций оз. Умбозера

Подобная ситуация отмечается и в распределении валовой концентрации Cd в толще воды (рис. 3) – поверхностный максимум содержания наблюдается как в предвесенних, так и в летних пробах. Кроме того, отмечено увеличение концентраций Cd в придонных слоях воды в летний период (рис. 3). В общем, средняя концентрация Cd в водной толще оз. Умбозеро (0.085 ± 0.065 мкг/л) оказалась больше среднего значения для воды озер таежной зоны (0.04 ± 0.05 мкг/л), определенного (Моисеенко и др., 2006). Наибольшее содержание Cd (0.34 мкг/л) было зафиксировано в поверхностном слое станции 6 в июле, наименьшее (0.01 мкг/л) – на станции 1 на глубине 20 м в апреле.

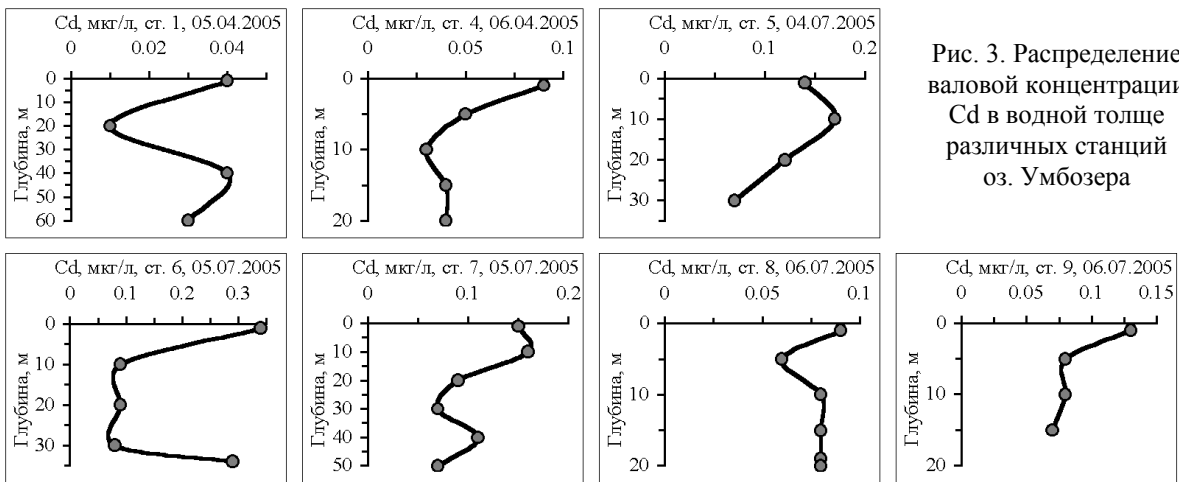


Рис. 3. Распределение валовой концентрации Cd в водной толще различных станций оз. Умбозера

4.2. Халькофильные элементы в донных отложениях

В самых глубоких частях колонок донных отложений оз. Умбозеро концентрации Cd на порядок меньше, чем среднее значение фоновых концентраций Cd в донных отложениях малых озер Кольского полуострова (Даувальтер, 1999). В донных отложениях всех исследуемых станций к поверхности донных отложений происходит увеличение концентраций Cd (рис. 4). Коэффициенты загрязнения Cd находятся в пределах от 4.5 до 8.4 (табл. 1), т.е. относятся к значительным и высоким по классификации Л. Хокансона (Håkanson, 1980). Наибольшее значение коэффициента загрязнения Cd (классифицируемое как высокое) отмечено в донных отложениях станций 8 и 9 ($C_f^{Cd}=8.4$ и 8.3 соответственно), наиболее близко расположенных к месту поступления сточных вод Восточного рудника ОАО "Апатит" (через р. Вуонемйок). Значительные значения коэффициента загрязнения Cd отмечены на станциях 3 и 4 Умбозера. Однако наибольшее абсолютное значение содержания Cd (0.51 мкг/г) в поверхностных слоях

донных отложений наблюдается на станции 6 в южной части озера. На этой же станции зарегистрированы и наибольшие концентрации этого элемента в воде – 0.34 мкг/л. Отрицательная корреляционная зависимость концентраций Cd с глубиной слоев в колонке донных отложений (табл. 2) говорит в пользу вывода, что происходит увеличение концентраций Cd в поверхностных современных слоях донных отложений, и что этот элемент является одним из основных загрязняющих тяжелых металлов. Концентрации Cd в толще донных отложений исследуемых озер имеют высокие значения коэффициента корреляции со всеми исследуемыми халькофильными элементами, а также с содержанием органического материала (табл. 2). Следовательно, на процессы миграции и аккумуляции этого халькофильного элемента в донных отложениях оказывает влияние сорбционная способность органического материала.

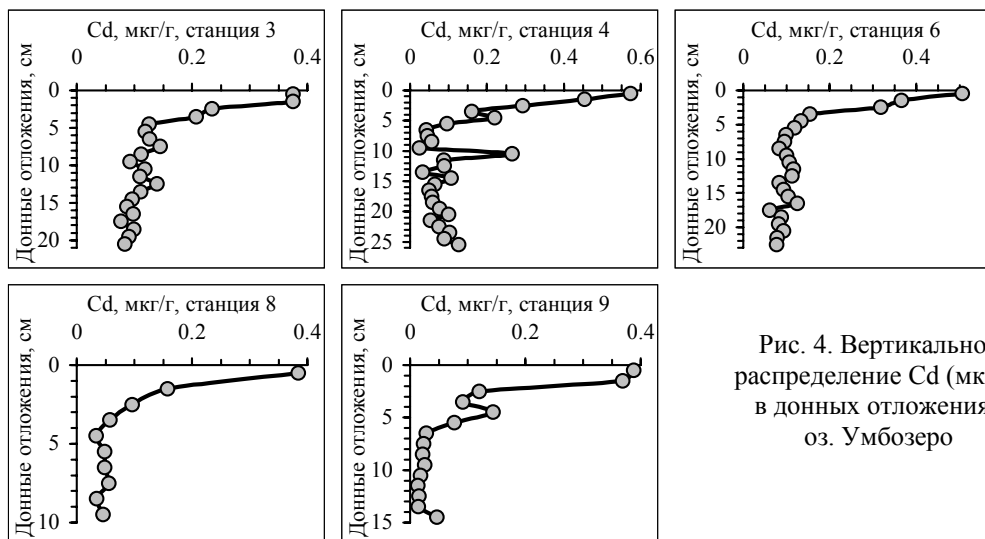


Рис. 4. Вертикальное распределение Cd (мкг/г) в донных отложениях оз. Умбозеро

Таблица 1. Концентрации элементов (мкг/г) в поверхностном (0-1 см) и фоновом слое донных отложений, величины потерь веса при прокаливании (ППП, %) и значения коэффициента (C_f) и степени (C_d) загрязнения в оз. Умбозере

Станция, глубина, м	Слой, см	ППП, %	Cd	Pb	As	Hg	C_d
Ст. 3 54 м	0-1	12.74	0.375	26.9	17.3	0.051	
	20-21	9.61	0.084	4.1	4.3	0.016	
	C_f		4.5	6.6	4.0	3.2	18.3
Ст. 4 21 м	0-1	16.20	0.574	24.4	5.0	0.049	
	25-26	11.63	0.127	3.7	1.1	0.014	
	C_f		4.5	6.6	4.5	3.6	19.2
Ст. 6 34 м	0-1	17.70	0.507	24.8	32.1	0.083	
	22-23	12.18	0.077	4.5	6.9	0.020	
	C_f		6.6	5.5	4.6	4.2	20.9
Ст. 8 20 м	0-1	15.28	0.385	27.5	11.5	0.103	
	9-10	6.60	0.046	2.3	5.8	0.018	
	C_f		8.4	11.9	2.0	5.8	28.1
Ст. 9 19 м	0-1	16.59	0.388	32.2	15.5	0.106	
	14-15	8.61	0.047	3.6	7.1	0.018	
	C_f		8.3	9.0	2.2	6.0	25.5
Среднее содержание	0-1	15.70	0.446	27.2	16.3	0.079	
	Фон	9.73	0.076	3.6	5.0	0.017	

Среднее значение фоновых концентраций Pb для малых озер Кольского полуострова в среднем в 2 раза больше, чем содержание Pb в самых нижних слоях колонок донных отложений исследуемых станций оз. Умбозера (Даувальтер, 1999). По направлению к поверхности донных отложений концентрации Pb постепенно увеличиваются и в верхних слоях достигают максимальных содержаний (рис. 5). Значения коэффициента загрязнения Pb также высокие по классификации Л. Хокансона (Håkanson, 1980), как и Cd, и находятся в пределах от 5.5 до 11.9 (табл. 1). Максимальное значение

коэффициента загрязнения Pb отмечено в донных отложениях станции 8, близко расположенной к устью р. Вуонемйок, по которой в озеро поступают стоки Восточного рудника ОАО "Апатит". Максимальное абсолютное значение содержания Pb (32.2 мкг/г) в поверхностных слоях донных отложений наблюдается на станции 9, где были зафиксированы и наибольшие концентрации этого элемента в воде – 2.39 мкг/л. Также установлена достоверная отрицательная корреляционная связь концентраций Pb с глубиной слоев в донных отложениях исследуемых озер (табл. 2), что говорит о загрязнении этим элементом поверхностных современных донных отложений. Следовательно, можно также сделать вывод, что Pb является одним из основных загрязняющих тяжелых металлов. Концентрации Pb в толще донных отложений исследуемых озер имеют высокие значения коэффициента корреляции со всеми исследуемыми халькофильными элементами, а также с содержанием органического материала (табл. 2). Следовательно, на процессы миграции и аккумуляции этого высокотоксичного халькофильного элемента в донных отложениях оказывают влияние сорбционная способность органического материала.

Таблица 2. Значения коэффициентов корреляции (r) между концентрациями элементов, глубиной слоя донных отложений и значениями потерь веса при прокаливании (ППП), как косвенного показателя содержания органического материала, в колонках донных отложений исследуемых станций оз. Умбозеро. Корреляционная связь достоверно устанавливается при $r > 0.27$ ($p < 0.01$) при выборке $n = 95$ (выделено жирным шрифтом)

	Слой	ППП	Cd	Pb	As	Hg
Слой	1.00					
ППП	-0.13	1.00				
Cd	-0.52	0.66	1.00			
Pb	-0.63	0.67	0.88	1.00		
As	-0.38	0.17	0.36	0.39	1.00	
Hg	-0.57	0.51	0.74	0.82	0.29	1.00

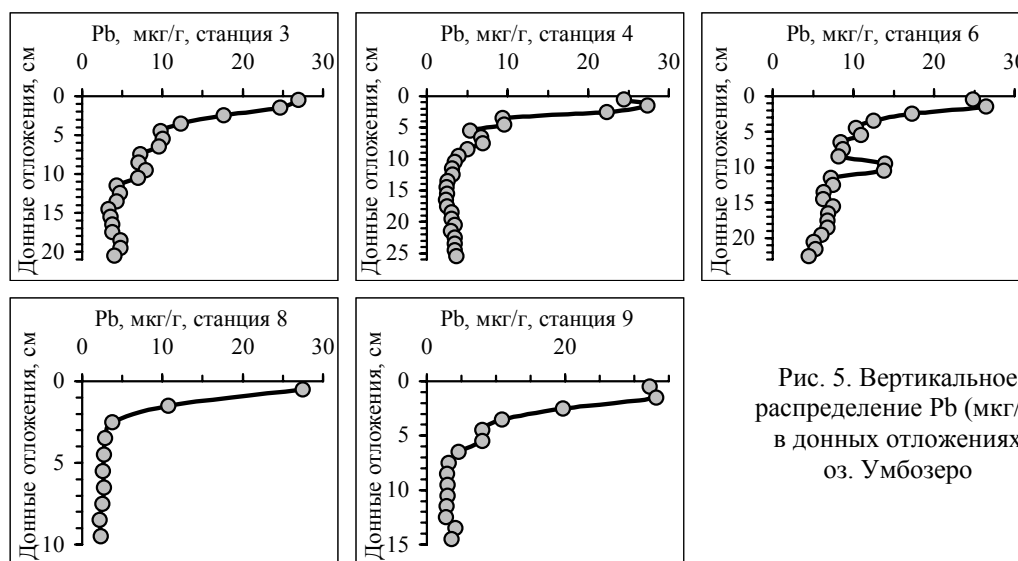


Рис. 5. Вертикальное распределение Pb (мкг/г) в донных отложениях оз. Умбозеро

В оз. Умбозеро концентрации As в самых глубоких частях колонок донных отложений меньше, чем среднее значение фоновых концентраций As в донных отложениях озер бассейна р. Печоры (Даувальтер, 1999). Во всех исследуемых станциях Умбозера к поверхности донных отложений происходит увеличение концентраций As, ранее отмеченное для Cd и Pb (рис. 6). Коэффициенты загрязнения As донных отложениях станций Умбозера находятся в пределах от 2.0 до 4.6 (табл. 1), т.е. относятся к умеренным и значительным по классификации Л. Хокансона (Håkanson, 1980), причем наибольшие значения отмечены не только на станциях, расположенных около устья р. Вуонемйок, но и в северной части озера, испытывающей влияние стоков рудника "Умбозерский". Точно так же, как и для концентраций Cd и Pb, концентрации As в толще донных отложений исследуемых станций оз. Умбозера имеют высокие значения коэффициента корреляции со всеми исследуемыми халькофильными элементами (табл. 2).

Концентрации Hg в самых глубоких частях колонок донных отложений исследуемых станций Умбозера в среднем в 5 раз меньше, чем среднее значение фоновых концентраций Hg в донных отложениях малых озер Кольского полуострова (Даувальтер, 1999). Во всех исследуемых станциях

Умбозера к поверхности донных отложений происходит увеличение концентраций Hg, ранее отмеченное для остальных халькофильных элементов (рис. 7). Коэффициенты загрязнения Hg донных отложений находятся в пределах от 3.2 до 6.0 (табл. 1), т.е. относятся к значительным по классификации Хокансона (*Håkanson, 1980*). Наибольшие величины коэффициента загрязнения Hg отмечены в донных отложениях станций 8 и 9 ($C_f^{Hg}=5.8$ и 6.0 соответственно), расположенных близко к устью р. Вуонемйок (табл. 1). Отмечена достоверная отрицательная корреляционная связь концентраций Hg исследуемых озер с глубиной слоев донных отложений (табл. 2), что подтверждает вывод о росте концентраций Hg по направлению к поверхности донных отложений. Следовательно, можно сделать вывод, что Hg относится к одному из загрязняющих тяжелых металлов вследствие его чрезвычайной токсичности. Наблюдаются также высокие значения коэффициента корреляции содержания Hg в толще донных отложений исследуемых станций оз. Умбозера со всеми исследуемыми халькофильными элементами, а также с содержанием органического материала (табл. 2). Следовательно, на процессы миграции и аккумуляции этого халькофильного элемента в донных отложениях оказывают влияние сорбционная способность органического материала.

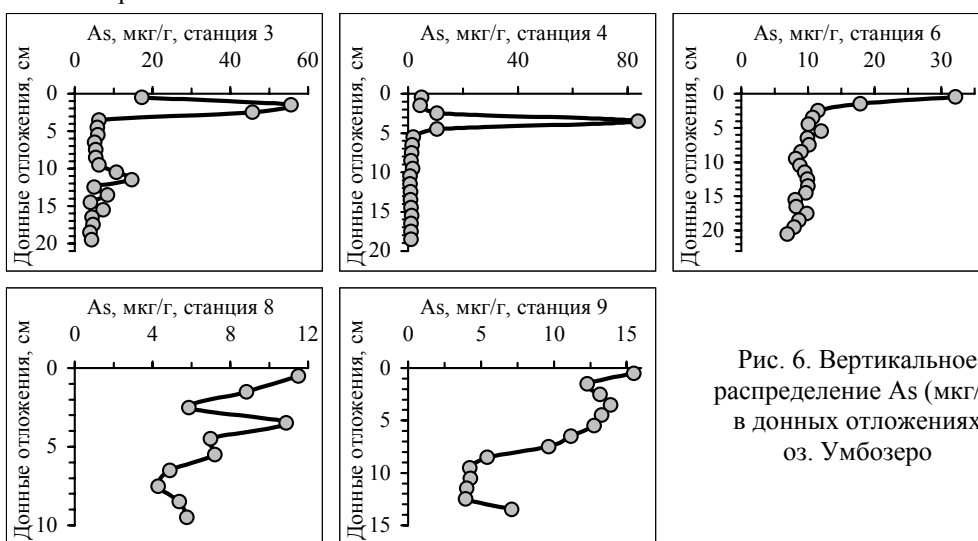


Рис. 6. Вертикальное распределение As (мкг/г) в донных отложениях оз. Умбозера

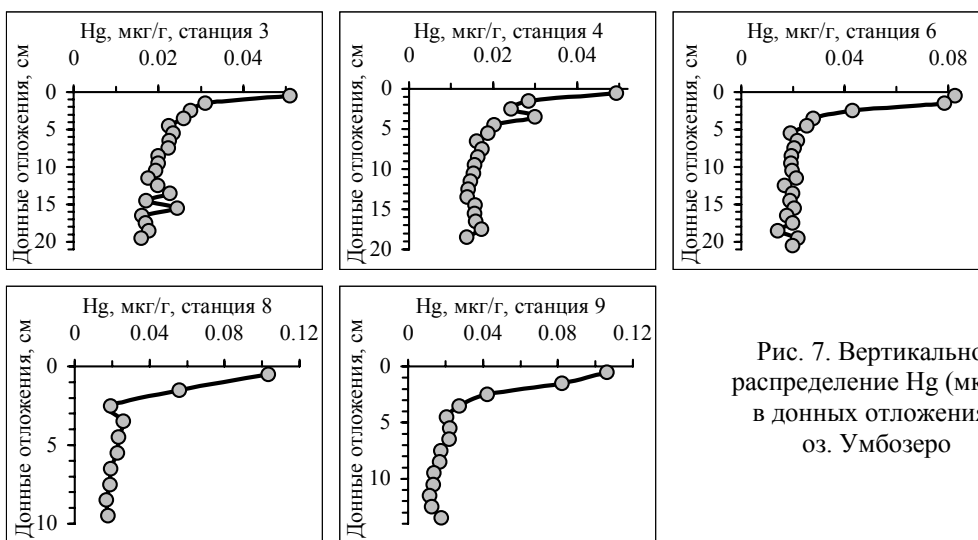


Рис. 7. Вертикальное распределение Hg (мкг/г) в донных отложениях оз. Умбозера

Судя по материалам изучения донных отложений Умбозера, исследуемое озеро испытывает антропогенное воздействие, в первую очередь рудников (Восточный и Умбозерский), расположенных на берегах этого самого глубокого озера Мурманской области. Это воздействие сказывается в повышении концентраций в поверхностных слоях донных отложений таких элементов, как тяжелые металлы. Среди тяжелых металлов наибольшие коэффициенты загрязнения зафиксированы для Cd и Pb, т.е. металлов, которые в последние десятилетия относятся учеными-экологами к одним из глобальных загрязняющих элементов, особенно в арктической и субарктической зонах Северного полушария. Коэффициенты загрязнения по этим элементам достигают 8.4 и 11.9 (на станции 8) соответственно.

К глобальным загрязнителям относятся также Hg и As. Концентрации Hg увеличиваются в поверхностных слоях донных отложений практически всех исследуемых станций. Коэффициенты загрязнения Hg находятся в пределах от 3.2 до 6.0. Ртуть является чрезвычайно токсичным металлом, поэтому даже эти величины коэффициента загрязнения могут оказать значительное отрицательное влияние на жизнедеятельность гидробионтов. Мышьяк характеризуется умеренным и значительным загрязнением в донных отложениях исследуемых станций Умбозера. Коэффициенты загрязнения As в них находятся в пределах от 2.0 до 4.6.

Наибольшая величина степени загрязнения, рассчитанная как сумма коэффициентов загрязнения 4 элементов (Cd, Pb, Hg и As), отмечена на станции 8 Умбозера – 28.1 (табл. 1). На остальных станциях Умбозера также отмечены высокие значения степени загрязнения, и, согласно (Håkanson, 1980), все станции характеризуются как сильно загрязненные по исследуемым 4 халькофильным элементам.

Следовательно, можно сделать вывод, что Умбозеро испытывает интенсивное воздействие глобального характера, а также загрязняется стоками рудников, что сказывается на повышении концентраций высокотоксичных халькофильных элементов Cd, Pb, Hg и As в поверхностных слоях донных отложений озер.

5. Заключение

Озеро Умбозеро, второе по площади и самое глубокое озеро Мурманской области, испытывает загрязнение в первую очередь сточными водами Восточного и Умбозерского рудников, а также аэротехногенное загрязнение глобального характера. В распределении содержания Pb и Cd в толще воды обнаружен поверхностный и придонный максимум. Эти два максимума могут быть связаны с развитием фитопланктона в поверхностных слоях и с осаждением отмерших организмов и механических взвесей в придонные слои. Вероятно, фитопланктон интенсивно сорбирует соединения Pb и Cd в результате жизнедеятельности, о чем говорит довольно высокий коэффициент корреляции содержания этих тяжелых металлов с содержанием органического материала в воде. Средняя концентрация Pb и Cd в водной толще оз. Умбозеро больше среднего значения для воды озер таежной зоны. Загрязнение оз. Умбозера сказывается в повышении концентраций в поверхностных слоях донных отложений таких элементов, как тяжелые металлы. Среди тяжелых металлов наибольшие коэффициенты загрязнения зафиксированы для Cd и Pb, т.е. металлов, которые в последние десятилетия относятся учеными-экологами к одним из глобальных загрязняющих элементов, особенно в арктической и субарктической зонах Северного полушария. Коэффициенты загрязнения по этим элементам достигают 8.4 и 11.9 соответственно.

Литература

- Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control – a sedimentological approach. *Water Researches*, v.14, p.975-1001, 1980.
- Skogheim O.K. Rapport fra Arungenprosjektet. *Oslo, As-NLH*, Report 2, 7 p., 1979.
- Алферовская М.М. Термический и гидрохимический режим Умбозера. *Рыбы Мурманской области. Мурманск*, с.37-48, 1966.
- Даувальтер В.А. Закономерности осадконакопления в водных объектах Европейской субарктики (природоохранные аспекты проблемы). *Автореф. дис. ... доктора геогр. наук. Апатиты, КНЦ РАН*, 52 с., 1999.
- Даувальтер В.А. Тяжелые металлы в донных отложениях озерно-речной системы озеро Инари – река Пасвик. *Водные ресурсы*, т.25, № 4, с.494-500, 1998.
- Крохин Е.М. Материалы к познанию озера Умбозеро. *Известия Всесоюзного географического общества*, т.18, вып. 2, с.15-27, 1936.
- Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Родюшкин И.В. Геохимическая миграция элементов в субарктическом водоеме (на примере озера Имандра). *Апатиты, КНЦ РАН*, 127 с., 1997.
- Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. *М., Наука*, 261 с., 2006.
- Моисеенко Т.И., Родюшкин И.В., Даувальтер В.А., Кудрявцева Л.П. Формирование качества вод и донных отложений в условиях антропогенных нагрузок на водоемы арктического бассейна (на примере Кольского Севера). *Апатиты, КНЦ РАН*, 263 с., 1996.
- Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера. *Л., Наука*, 220 с., 1990.
- Рихтер Г.Д. Физико-географическое описание. *Геология СССР. М., Недра*, т.27, ч.1, с.20-41, 1958.