

ГЕОХИМИЯ НАКОПЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕР БЛАГОВЕЩЕНСКА

В работе приведены результаты изучения процессов миграции и концентрирования металлов в стратифицированных разрезах донных отложений озер, расположенных в импактной и рекреационной зонах г. Благовещенска. Многолетняя деятельность Благовещенской ТЭЦ привела к загрязнению территории водосборов и увеличению концентрации в поверхностных слоях донных отложений Ротаньего и Асташинских озер таких элементов как стронций, ртуть, свинец, молибден, медь, цинк, серебро, олово, сурьма. Вместе с этим геохимический состав донных отложений определяется геологическим строением водосборной площади, которая сложена интрузивными и осадочными комплексами пород.

The results of studying the processes of metal migration and its concentration in the stratified soil sediments of the lakes, which are located in impactive and recreation zones of Blagoveschensk City are given in the article. Many years activity of the Blagoveschensk heat station led to pollution of the territory of reservoirs and increase of different elements like strontium, mercury, lead, molybdenum, copper, zinc, silver, tin, and antimony in soil sediments of the Rotanye and Astashinsky lakes. Besides that the geochemical structure of the stratified soil sediments can be identified with geological structure of the water-collecting area which is presented by intrusive and complex sedimentary rocks.

Введение

Донные отложения континентальных водоемов, наряду с почвами, рассматриваются как основные депонирующие среды для накопления и трансформации аномальных концентраций многих микроэлементов в условиях изменения окружающей среды [4]. Изучение причинно-следственных связей между геохимическим составом донных отложений озер, их бассейнами водосбора и окружающей средой становится все более актуальным в связи с усиливающейся техногенной нагрузкой, особенно на урбанизированных территориях.

Благовещенск является административным центром Амурской области, он расположен на слиянии двух крупных рек – Амура и Зеи. Территория города находится на юго-западной окраине Нижнезейской впадины, в зоне сочленения Благовещенского поднятия и Дмитриевского прогиба. Фундамент впадины сложен раннепалеозойскими и раннемеловыми интрузивными образованиями кислого состава. Осадочный чехол представлен песчано-глинистыми отложениями мелового и кайнозойского возраста [3].

Площадь территории города – около 320 км², с численностью населения более 215 тыс. человек. Основными промышленными предприятиями города являются ТЭЦ, заводы «Амурский металлург», судостроительный, мельзавод, предприятия железнодорожного транспорта и др. Крупнейший источник выбросов загрязняющих веществ в атмосферу города и сопредельных территорий – работающая на буром угле Благовещенская ТЭЦ, объем валовых выбросов которой в

2011 г. составил более 33 тыс. тонн, из них твердых – около 8.8 тыс. тонн. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в Благовещенске оценивается как высокий [1].

В работе приведены результаты изучения процессов миграции и концентрирования металлов в стратифицированных разрезах донных отложений озер Благовещенска с целью оценки современного экологического состояния воздушной и водной сред.

Объекты исследования

Объектами исследования послужили донные отложения Песчаного, Ротаньего и Асташинских озер Благовещенска.

Озеро Песчаное расположено в озерно-болотной котловине грядово-оползневого рельефа одноименного урочища на правом берегу нижнего течения р. Зеи, в 20 км к северо-востоку от центральной части города. Площадь зеркала озера составляет 850 м², средняя глубина – 2.5 м, максимальная – 5.9 м. Объем воды в озере равен приблизительно 2.1 тыс. м³. Питание озера грунтовое и дождевое. К западной части озера прилегает небольшой болотный массив с мощной (до 7 м) залежью сапропеля и торфа.

Озеро Ротанье находится в районе Верхнеблаговещенска, в центральной части второй надпойменной террасы р. Амур. Оно имеет сложную конфигурацию береговой линии, с множеством заливов. Амплитуда колебаний уровня воды в озере не превышает 0.3 м. Средняя высота уровня воды – 129.7 м. Озеро мелководное. Средняя глубина его составляет 0.86 м, максимальная – 1.9 м. Площадь озера – 256 тыс. м², объем воды в нем – 220 тыс. м³. Дно большей части озера покрыто слоем сапропелевых грязей мощностью до 0.5 м; в южной части озера дно галечно-песчаное. Питание озера – за счет атмосферных осадков и подземных вод. С 1975 г. озеро Ротанье имеет статус гидрогеологического памятника природы регионального значения. В 1.5 км к северу от озера, в пади Горбуниха, расположен золоотвал Благовещенской ТЭЦ.

Асташинские озера расположены на территории северо-западного промышленного узла, в 0.5-1.5 км от Благовещенской ТЭЦ, в зоне подфакельных выбросов загрязняющих веществ. Общая площадь этих озер ориентировочно составляет 10 га. Глубина варьирует в среднем от 1 до 2 м, максимальная – 3 м. Питание озер осуществляется за счет атмосферных осадков и подземных вод. Мощность органогенных донных осадков – до 0.5 м, редко встречаются песчаные участки.

Материалы и методы

Отбор проб донных отложений озер произведен с помощью торфоразведочного бура ТБГ-1 с диаметром полуцилиндрической керноприемной камеры пробоотборника 2.4 см, с интервалом отбора проб 5 см (верхний метровый слой) и 10 см (нижние горизонты). Пробурено 13 пог. м скважин, из них на оз. Песчаном – 7.5 м, на оз. Ротаньем – 1.5 м и на Асташинских озерах – 4 м. Всего пробурено 12 скважин и отобрано 185 проб.

Элементный состав проб определяли атомно-эмиссионным и масс-спектральным методами анализа в Институте проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН (г. Черноголовка). Обработка аналитических данных включала составление баз данных, расчет кларков концентраций относительно верхней земной коры, проведение кластерного и факторного анализов в программе «Statistika».

Для оценки загрязнения использована методика определения коэффициента загрязнения. Коэффициент загрязнения (C_f) рассчитывали для каждого отдельного элемента как отношение концентрации элемента в поверхностном слое к его концентрации в нижней части разреза отложений, придерживаясь следующей градации: $C_f < 1$ – низкий; $1 \leq C_f < 3$ – умеренный; $3 \leq C_f < 6$ – значительный [2].

Результаты и их обсуждение

Результаты расчета статистических параметров содержания металлов в донных отложениях озер Благовещенска представлены в таблице.

Статистические параметры содержания металлов (мкг/г) в донных отложениях озер Благовещенска

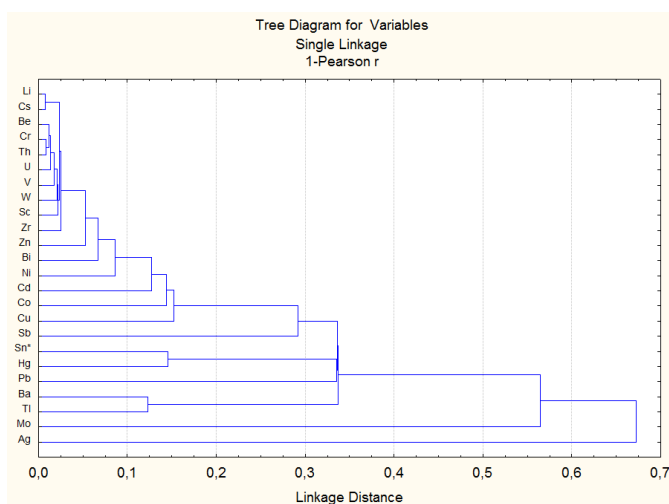
Элемент	Средне-арифмет.	min	max	S	C _f	КК	Средне-арифмет.	min	max	S	C _f	КК	Средне-арифмет.	min	max	S	C _f	КК	
																			Песчаное озеро
<i>1 класс опасности</i>																			
Pb	14,37±3,13	8,42	36,4	6,99	2,5	0,7	25,07±0,95	19,82	29,90	2,60	0,9	1,3	42,84±10,1	16,13	405,7	45,24	1,4	2,1	
Cd	0,15±0,02	0,07	0,24	0,05	1,9	1,5	0,040±0,01	0,013	0,110	0,03	2,8	0,4	0,145±0,04	0,010	1,120	0,18	4,0	2,3	
Zn	77,28±11,8	33,8	136,0	26,3	1,3	1,1	61,64±6,24	35,65	91,83	17,1	0,8	0,9	141,7±32,0	48,16	835,1	143,2	1,5	2,0	
Hg	0,04±0,01	0,01	0,08	0,02	2,8	0,5	0,02±0,004	0,006	0,041	0,01	0,5	0,3	0,034±0,01	0,001	0,147	0,02	1,8	0,6	
<i>2 класс опасности</i>																			
Co	11,08±2,13	3,50	18,4	4,77	0,8	1,1	11,10±0,95	8,13	19,92	2,59	0,7	1,1	13,32±0,99	5,18	31,54	4,44	0,8	1,3	
Ni	24,37±4,29	8,07	46,8	9,58	0,8	1,2	28,65±2,47	19,12	55,43	6,78	1,2	1,4	26,93±1,99	9,16	64,0	8,92	0,9	1,3	
Mo	1,64±0,17	0,34	2,15	0,38	2,5	1,1	1,28±0,34	0,32	4,47	0,93	0,7	0,9	1,67±0,28	0,50	7,36	1,27	2,2	1,2	
Sb	0,88±0,12	0,51	1,59	0,27	1,5	4,4	1,37±0,09	0,93	1,80	0,24	0,7	6,9	1,71±0,39	0,53	16,45	1,74	1,1	8,5	
Cu	13,06±0,96	7,51	16,9	2,15	1,7	0,5	17,14±2,09	7,38	26,4	5,73	1,2	0,7	26,30±3,60	7,11	116,5	16,6	1,1	1,0	
Cr	26,42±4,83	12,6	53,8	10,8	0,8	0,8	54,41±4,67	28,66	98,3	12,8	0,9	1,6	48,87±3,49	13,39	89,91	15,6	0,7	1,4	
<i>3 класс опасности</i>																			
Ba	272,30±78,8	177,7	984,9	176,2	1,2	0,5	637,7±22,2	383,0	720,4	60,9	1,0	1,2	736,2±26,7	421,5	1119,7	119,5	0,9	1,3	
V	54,13±9,75	27,7	100,0	21,8	0,8	0,9	90,74±4,56	50,04	107,1	12,5	0,9	1,5	80,71±4,59	23,47	114,3	20,52	0,8	1,3	
W	0,70±0,13	0,44	1,42	0,29	0,8	0,3	2,03±0,09	1,24	2,34	0,26	0,9	1,0	2,11±0,13	0,63	4,37	0,58	0,9	1,1	
Sr	83,70±8,9	70,9	162,8	19,9	1,9	0,2	187,3±8,43	151,0	258,2	23,1	1,2	0,5	269,3±18,8	184,9	595,9	83,9	1,3	0,8	
<i>циклические и рассеянные элементы</i>																			
Li	14,22±2,57	8,67	28,68	5,74	0,9	0,7	47,5±3,51	24,7	61,9	9,62	1,3	2,4	38,36±3,52	10,48	78,71	15,7	0,7	1,9	
Be	2,15±0,39	1,19	4,24	0,87	0,8	0,7	2,51±0,14	1,41	2,98	0,37	1,0	0,8	2,69±0,17	1,17	5,42	0,77	0,9	0,9	
Sc	6,12±1,12	2,86	11,4	2,50	0,9	0,6	11,4±0,92	7,41	15,6	2,52	1,0	1,0	10,99±0,62	3,22	18,19	2,75	0,8	1,0	
Ag	0,06±0,02	0,02	0,18	0,04	1,8	1,1	0,104±0,11	0,02	1,65	0,29	0,8	2,1	0,063±0,01	0,02	0,285	0,05	1,9	1,5	
Sn	1,94±0,39	0,95	4,64	0,86	3,8	0,4	2,72±0,16	1,78	3,42	0,45	1,0	0,5	2,99±0,26	0,38	8,31	1,16	0,9	0,5	
Cs	2,70±0,32	1,92	4,43	0,72	1,1	0,7	7,92±0,68	5,26	11,4	1,86	1,0	2,1	6,69±0,41	2,35	9,22	1,84	0,7	1,8	
Zr	33,14±5,14	22,73	62,06	11,48	0,9	0,2	98,2±5,60	55,6	123,8	15,4	1,0	0,5	91,70±4,49	29,05	129,1	20,9	0,8	0,5	
Bi	0,17±0,02	0,08	0,27	0,05	1,5	1,3	0,35±0,03	0,22	0,44	0,07	0,9	2,8	0,34±0,02	0,11	0,53	0,10	0,9	2,7	
<i>радиоактивные элементы</i>																			
Th	5,63±0,92	3,60	10,9	2,05	0,9	0,5	12,39±0,83	7,97	15,89	2,26	1,0	1,2	12,34±2,76	4,08	16,46	2,58	0,8	1,1	
U	1,65±0,28	0,91	3,24	0,62	0,9	0,6	3,29±0,19	2,12	4,15	0,53	1,0	1,2	3,42±0,18	1,14	5,61	0,81	1,1	1,2	

Примечание. S – стандартное отклонение, C_f – коэффициент загрязнения, КК – кларк концентрации относительно верхней земной коры по [5].

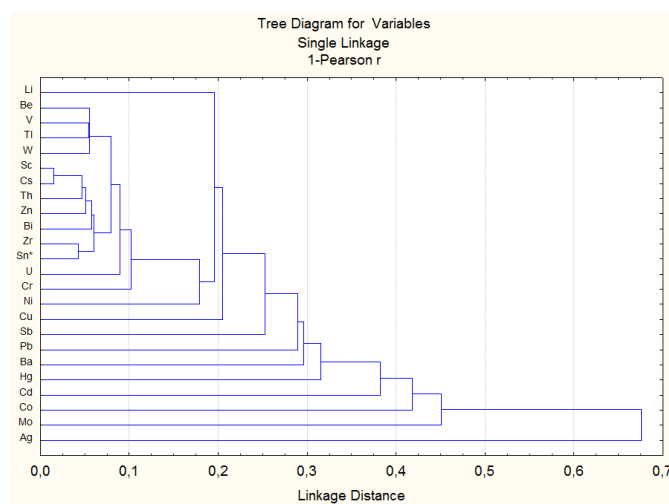
Во всех разрезах донных отложений исследуемых озер в поверхностном слое (0-10 см) обнаружены максимальные концентрации элементов стронция и меди. В поверхностном слое донных отложений Песчаного и Асташинских озер обнаружены ртуть, свинец, молибден, цинк, серебро, сурьма. Значения C_f для данных элементов соответствуют умеренному загрязнению. Значительная степень загрязнения поверхностного слоя донных отложений установлена для кадмия в Асташинских озерах, повышенное содержание которого объясняется непосредственной близостью железнодорожных путей с подвижным составом, работающим на дизельном топливе.

В нижних слоях донных отложений исследуемых озер отмечено накопление таких элементов как Li, Be, V, Co, Cr, Zr, W, Sc, Bi. Данная ассоциация элементов генетически связана с природными преимущественно кислого состава комплексами интрузивных и осадочных горных пород водосборных бассейнов озер и соответствует околочларковым содержаниям.

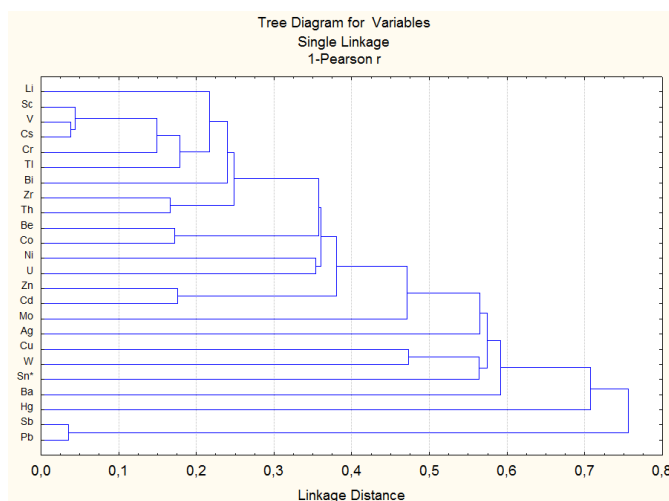
Геохимическое своеобразие донных отложений озер устанавливалось с применением статистических методов – кластерного и факторного анализа. Результаты кластерного анализа представлены в виде корреляционных дендрограмм на рис. 1.



Песчаное озеро



Ротанье озеро



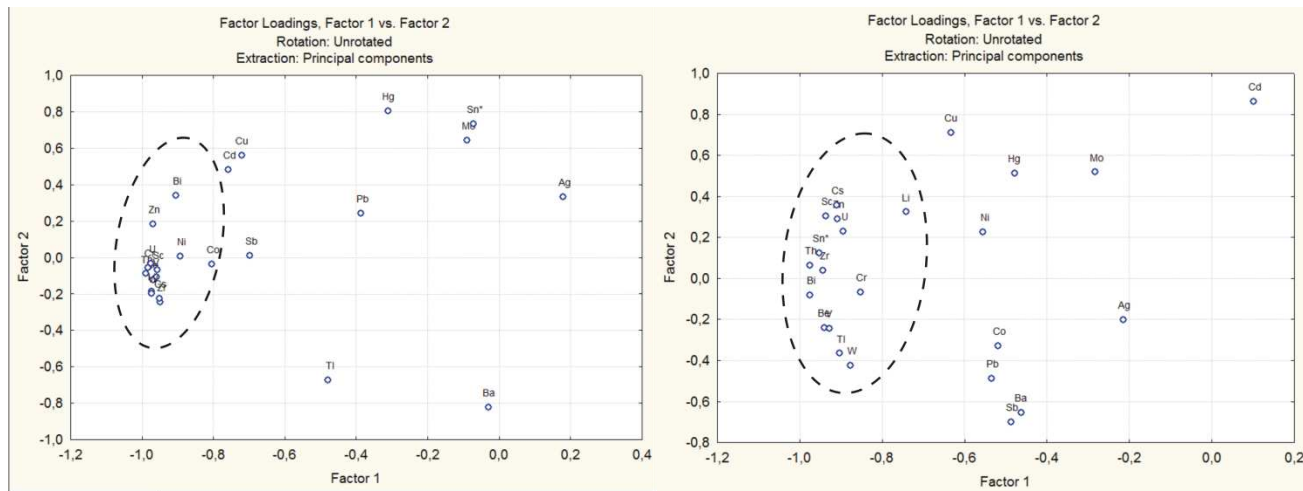
Асташинские озера

Рис. 1. Результаты кластерного анализа.

Они построены путем объединения в группы элементов с положительными корреляционными связями между собой. При этом ядро групп образуют пары или группы

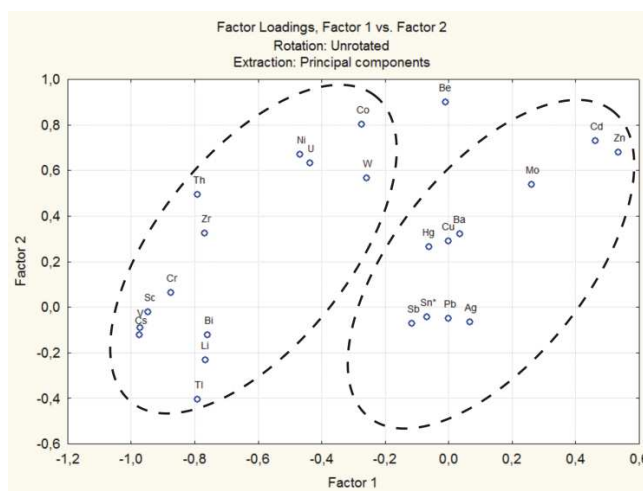
элементов с максимальными коэффициентами корреляции. На приведенных дендрограммах видно, что наиболее тесные корреляционные связи в донных отложениях озер имеют металлы: Li-Cs-Be-Cr-Th-U-V-W-Sc-Zr, Sn-Hg (Песчаное озеро); Be-V-W, Sc-Cs-Th-Bi-Zr-Sn (Ротанье озеро); Sc-V-Cs, Zr-Th, Be-Co, Zn-Cd, Sb-Pb (Асташинские озера).

Для определения структуры взаимосвязей между устойчивыми ассоциациями элементами нами применен факторный анализ, результаты которого приведены на рис. 2.



Песчаное озеро

Ротанье озеро



Асташинские озера

Рис. 2. Результаты факторного анализа.

В верхней левой части диаграмм с отрицательными координатами по оси фактор 1 выделяется поле с ассоциацией химических элементов: Li-Bi-Cs-V-Sc-Cr-Zr-Th-U-Ni-Co-Be-W. В правой части диаграмм с положительными координатами по оси фактор 2 выделяется другая ассоциация химических элементов: Sb-Cd-Cu-Pb-Hg-Sn-Mo-Ag.

Заключение

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что в донных отложениях озер Благовещенска выделяются две комплексные геохимические ассоциации элементов. Первая ассоциация рассеянных, циклических и радиоактивных элементов, концентрирующаяся в нижних частях разрезов, отражает природный геохимический состав пород водосборной площади. Вторая ассоциация токсичных элементов (1 и 2 классов опасности), концентрирующихся в поверхностных

слоях донных отложений, связана преимущественно с влиянием аэротехногенного переноса выбросов Благовещенской ТЭЦ, а также с загрязнением железнодорожным транспортом.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 12-05-31523.

-
1. Государственный доклад «Об охране окружающей среды и экологической ситуации в Амурской области за 2011 год». – Благовещенск: МПР Амурской области, 2012. – 200 с.
 2. Даувальтер, В.А., Даувальтер, М.В., Кашулин, Н.А., Сандимиров, С.С. Влияние выбросов горно-металлургического комбината на химический состав донных отложений озер (Мончегорский полигон) // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. – 2010. – № 2. – С. 129-139.
 3. Кузьменко, С.П. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Амурско-Зейская. Лист М-52-Х1V (Благовещенск). – М.: ВСЕГЕИ, 1983.
 4. Страховенко, В.Д. Геохимия донных отложений малых континентальных озер Сибири: Автореф. дис. ...д-ра геол.-минер. наук. – Новосибирск: ИГМ СО РАН, 2011. – 33 с.
 5. Тейлор, С.Р., Мак-Леннан, С.М. Континентальная кора, ее состав и эволюция / пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 384 с.