

P18-2001-141

Г.Ганболд, Г.Ганчимэг¹, Ш.Гэрбиш¹, Б.Далхсурэн¹,
Ж.Баярмаа¹, О.Д.Маслов, Д.В.Севастьянов²

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ
БАССЕЙНА РЕКИ СЕЛЕНГИ**

Направлено в журнал «Экология»

¹Центр ядерных исследований Монгольского государственного университета, Улан-Батор

²Санкт-Петербургский государственный университет

Изучение содержания растворенных в природных водах макро- и микроэлементов представляет существенный интерес как в теоретическом, так и в практическом отношении [1]. Повышенное содержание некоторых элементов в поверхностных водах может указывать не только на очаги рудопроявлений, что широко используется при геохимических методах поиска полезных ископаемых, но и на источники антропогенных загрязнений среды. Регулярное гидрохимическое опробование речных бассейнов может служить важной научной основой для мониторинга окружающей среды и охраны природных ресурсов от промышленных и сельскохозяйственных загрязнений [2]. Особую актуальность эта проблема приобрела в бассейне реки Селенги, который отличается наибольшей плотностью населения и концентрацией промышленности на территории Монголии.

Экспериментальная часть

Аппаратура. Изучение распределения тяжелых металлов в природных водах в бассейне реки Селенги было проведено на основе гидрохимического опробования и проведения анализа содержания элементов, растворенных в воде, с использованием рентгенофлуоресцентного анализа с полным внешним отражением (РФАПВО) [3].

РФАПВО состоял из источника рентгеновского излучения с рентгеновской трубкой (ID-3000, Seifert, Германия); блока полного отражения рентгеновских лучей (Atominstitut, Австрия); спектрометра рентгеновского излучения с Si(Li)-детектором ("Canberra") и многоканального компьютерного анализатора (РСА-II 8000, "Nucleus").

Методика анализа. Методика определения содержания элементов в воде с использованием рентгенофлуоресцентного анализа с полным внешним отражением состояла в следующем:

- 1) к 1-2 мл образца воды добавляли 5 мкл стандартного раствора галлия (2 г /л);
- 2) 5-10 мкл этой смеси помещали на поверхность полированного кварцевого стекла, играющего роль отражателя;
- 3) образец высушивали под инфракрасной лампой;
- 4) образец измеряли в течение 100-200 с;
- 5) результат измерения обрабатывали с помощью программы AXIL на компьютере.

Отбор проб воды. Отбор проб воды для определения содержания макро- и микроэлементов был проведен при маршрутных исследованиях в бассейне реки Селенги летом 1997, 1998 и 1999 гг.

Анализ был выполнен на следующих створах:

1. Река Туул, 30 км выше г. Улан-Батора.
2. Река Туул, 5 км ниже г. Улан-Батора.
3. Река Хара, ниже г. Дархана.
4. Река Орхон, ниже станции Нарт.
5. Река Селенга, среднее течение, выше сомона Селенги.
6. Река Эгийн, нижнее течение, створ проектируемой ГЭС.
7. Река Орхон, среднее течение, ниже сомона Мандал.
8. Озеро Хубсугул, залив Хатгала.
- 8а. Река Эгийн, верхнее течение, у моста сомона Хатгал.
9. Река Эгийн, среднее течение, 8 км ниже сомона Манхан.
10. Река Идэр, среднее течение, ниже сомона Оргил.
- 10а. Река Идэр, нижнее течение.
11. Озеро Тэрхийн-Цаган.
12. Река Урд-Тамир, 10 км выше г. Цэцэрлэг.
13. Река Орхон, верхнее течение, 10 км выше г. Хархорин.
14. Река Туул, среднее течение, 15 км ниже сомона Лун.
15. Река Селенга, ниже г. Сухэ-Батора, сомона Усть-Кяхта.
16. Река Селенга, нижнее течение, выше слияния с рекой Чикой.
17. Река Еро, среднее течение, выше сомона Тавин.

Результаты и обсуждение

Результаты РФА образцов воды представлены в табл. 1-4 и на рис. 1-4. Для выявления особенностей распределения растворенных в природных водах элементов и их количественных соотношений была проведена обработка данных. Для удобства обобщений они были разделены на группы:

- 1) макроэлементы (P, S, Cl, K, Ca);
- 2) микроэлементы:
 - а) группа железа (Fe, Ti, Bi, Cr, Mn, Co, Ni);
 - б) группа меди (Cu, Zn, W, Hg, Pb, U) [4].

Кроме того, бассейн реки Селенги был разделен на 4 участка, которые отличаются друг от друга различным антропогенным воздействием внешней среды.

I - первый участок: озеро Хубсугул и река Эгийн с притоками до среднего течения реки Селенги, ниже слияния этих рек (табл. 1).

II - второй участок: среднее и нижнее течение реки Идэр, озеро Тэрхийн-Цаган (табл. 2).

III - третий участок: верхнее течение рек Орхон и Селенги с притоком реки Урд-Тамир (табл. 3).

IV - четвертый участок: реки Туул, Хара, Еро и нижнее течение рек Орхон и Селенги (табл. 4).

Таблица 1. Концентрация элементов в воде озера Хубсугул, реки Эгийн и в среднем течении реки Селенги (участок I, пункты 8, 8а, 9, 6, 5)

Элементы	Пункты отбора проб				
	5	6	8	8-а	9
P, ppm	10	8	25	20	21
S	18	32	48	23	36
Cl	11	10	47	29	43
K	3	4	6	3	4
Ca	40	39	63	52	71
Ti, ppb	171	245	269	177	178
V	85	64	91	86	158
Cr	140	145	165	161	150
Mn	56	63	82	75	85
Fe	1241	1215	1012	1076	1254
Co	54	43	65	63	134
Ni	63	60	57	76	75
Cu	42	35	48	55	104
Zn	82	70	200	47	254
W	107	396	183	139	187
Pb	57	53	80	52	147
Th	112	147	168	162	360
U	155	227	200	222	404

Таблица 2. Концентрация элементов в воде в среднем и нижнем течении реки Идэр и озера Тэрхийн-Цаган (участок II, пункты 10, 10а, 11)

Элементы	Пункты отбора проб		
	10	10а	11
P, ppm	21	19	10
S	59	45	18
Cl	16	33	13
K	8	3	2
Ca	39	37	26
Ti, ppb	193	179	135
V	140	86	96
Cr	137	174	159
Mn	73	78	66
Fe	834	1094	630
Co	107	71	55
Ni	83	63	58
Cu	72	91	294
Zn	122	143	62
W	134	141	107
Pb	47	98	73
Th	236	158	165
U	322	203	191

Таблица 3. Концентрация элементов в воде верхнего течения рек Орхон, Селенги и реки Урд-Тамир (участок III, пункты 7, 12, 13)

Элементы	Пункты отбора проб		
	7	12	13
P, ppm	18	13	11
S	33	22	34
Cl	10	13	26
K	2	4	5
Ca	14	27	40
Ti, ppb	128	163	778
V	156	99	95
Cr	181	130	241
Mn	59	60	67
Fe	882	744	1267
Co	98	53	62
Ni	49	64	59
Cu	134	50	237
Zn	112	115	139
W	104	104	84
Pb	79	81	59
Th	360	151	187
U	323	205	223

Таблица 4. Концентрация элементов в воде рек Туул, Хара, Еро и нижнего течения рек Орхон и Селенги (участок IV, пункты 1, 2, 3, 4, 14,15, 16, 17)

Элементы	Пункты отбора проб							
	1	2	3	4	14	15	16	17
P, ppm	11	10	13	8	11	21	12	8
S	16	16	61	54	55	38	35	12
Cl	5	11	36	34	17	30	15	5
K	2	4	5	4	4	4	4	2
Ca	14	20	54	44	31	47	46	15
Ti, ppb	219	226	814	144	141	153	126	81
V	98	95	109	34	82	121	68	75
Cr	236	303	200	208	195	196	98	196
Mn	80	133	359	124	76	71	50	48
Fe	380	3234	9414	1335	1478	1204	814	1988
Co	62	67	80	27	59	62	51	33
Ni	56	158	255	147	120	161	88	143
Cu	58	51	46	54	227	57	40	29
Zn	126	123	572	184	117	110	72	168
W	132	110	97	60	179	121	107	87
Pb	166	146	155	105	234	190	169	149
Th	88	96	98	86	161	224	113	111
U	201	173	157	147	157	227	137	149

Таблица 5. Сравнительные содержания элементов в речной воде, в воде на исследованных участках I-IV и их ПДК

Элемент	Речная вода	Участки I-IV, максимальное содержание	ПДК
	Макроэлементы		
	мг/л	мкг/л	мг/л
P	0,005 - 0,200	63	0,050
SO ₄ ²⁻	5-10	59	100
Cl	-	47	300
K	18	8	50
Ca	<1 000	71	180
Группа железа, мкг			
Fe	< 1	9,4	100
Cr	<1	0,3	1
Mn	1 до 160	0,359	10
Ni	0,8 до 10	0,255	0,01
Группа меди, мкг			
Cu	2 до 30	0,294	1
Zn	от 3 до 120	0,572	10
Pb	<1	0,01	0,234

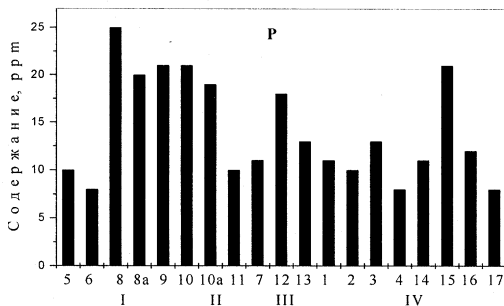


Рис.1. Распределение P в бассейне реки Селенги:

I - озеро Хубсугул и река Эгийн с притоками до среднего течения реки Селенги, ниже слияния этих рек (табл. 1);

II - среднее и нижнее течение реки Идэр, озеро Тэрхийн-Цаган (табл. 2);

III - верхнее течение рек Орхон и Селенги с притоком реки Урд-Тамир (табл. 3);

IV - реки Туул, Хара, Еро и нижнее течение рек Орхон и Селенги (табл. 4)

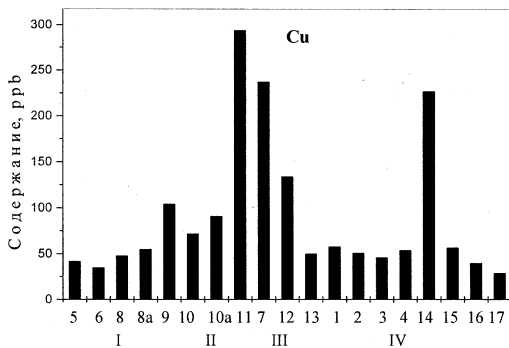
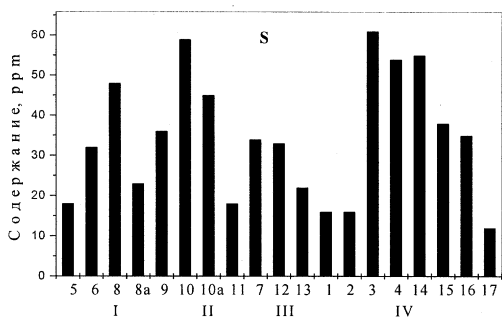
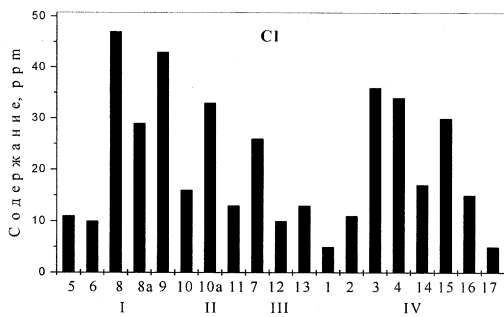


Рис. 2. Распределение Cl, S, и Cu в бассейне реки Селенги

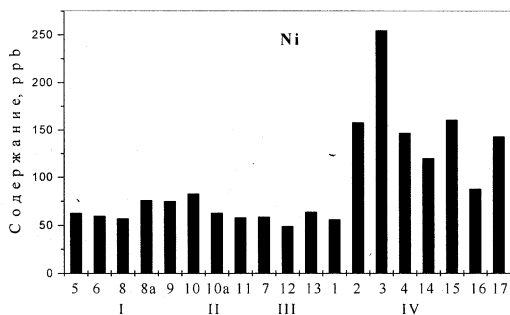
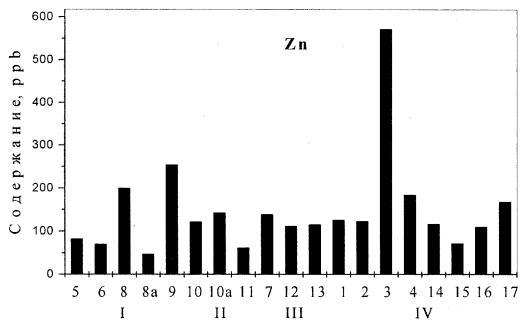
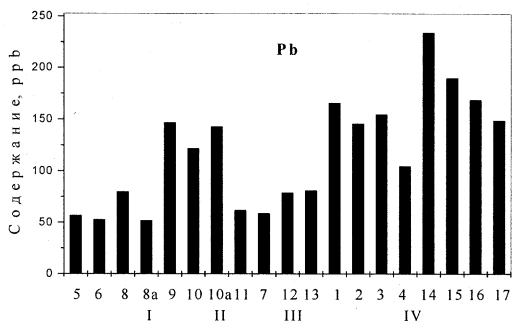


Рис. 3. Распределение Pb, Zn и Ni в бассейне реки Селенги

Участки I, II и III имеют минимальное антропогенное изменение окружающего ландшафта, поэтому мы выбрали их в качестве эталонных образцов. Участок IV отличается более интенсивным хозяйственным освоением.

Из табл. 1-4 и рис. 1-3 видно, что вариации состава макроэлементов, а также меди и цинка (группа меди) одинаковые для участков I-IV. Превышение средних значений содержания элементов группы железа и свинца (группа меди), характерных для участков I, II и III, наблюдается на IV участке.

В табл. 5 для сравнения даны содержания элементов в речной воде, в воде на исследованных участках I-IV и их ПДК (лимитирующий показатель вредности — токсикологический) [5].

Как видно из табл. 5, в исследованных поверхностных водах превышение ПДК наблюдается для никеля. Кроме того, превышение средних значений содержания элементов для эталонных образцов указывает на загрязнение металлами исследованных вод следующих зон:

- 1) район реки Туул ниже Улан-Батора до слияния ее с Орхоном;
- 2) нижнее течение реки Хара, ниже г. Дархан;
- 3) нижнее течение реки Селенги, ниже г. Сухэ-Батора, на территории Российской Федерации.

В этих зонах необходимо организовать регулярный мониторинг состояния водных экосистем и провести мероприятия по снижению антропогенной нагрузки и загрязнения природных вод. Регулярное гидрогеохимическое опробование может служить важной научной основой для мониторинга окружающей среды и охраны природных ресурсов от промышленных и сельскохозяйственных загрязнений.

В Центре ядерных исследований Монгольского государственного университета мониторинговые исследования по определению содержания элементов в бассейне реки Селенги проводятся с 1997 года.

Литература

1. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. Geneva, 1993.
2. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной системы. М., 1984.
3. Wobruschek P. Total reflection XRF-trace element analysis in the femtogram Region. XXX CSI Melbourne Proceeding OJAAS, 1997.
4. Гэрбиш Ш., Ганболд Г., Ганчимэг Г., Баярмаа Ж. Экологический журнал. 1998, № 4, с. 277-283 (на монгольском языке).
5. Гусева Т.В., Молчанова Л.П., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Аверочкин Е.И. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. <http://cci.glasnet.ru/mc/refbooks/hydroch>.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 июля 2001 года.

Ганболд Г. и др.
Исследование распределения элементов
в природных водах бассейна реки Селенги

P18-2001-141

Исследовано распределение тяжелых металлов в природных водах в бассейне реки Селенги. Содержание элементов определялось с использованием рентгенофлуоресцентного анализа с полным внешним отражением (РФАПВО). Обнаружены зоны с превышением средних значений содержания элементов по сравнению с эталонными образцами, что указывает на загрязнение данных зон металлами. Предлагается в этих зонах организовать регулярный мониторинг состояния водных экосистем и провести мероприятия по снижению антропогенной нагрузки и загрязнения природных вод.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2001

Перевод авторов

Ganbold G. et al.
Research of Distribution of Elements
in Natural Waters of the Selenga River Pool

P18-2001-141

The distribution of heavy metals in natural waters of the Selenga river pool was investigated. The contents of elements were determined using X-ray analysis with complete external reflection (XRACER). The zones with excess of the average contents of elements in comparison with reference samples were found out, that specifies their pollution by metals. It is offered in these zones to organize the regular water quality monitoring for supervision over the condition of the water ecosystems and to carry out actions on decrease of anthropogenous load and pollution of natural waters.

The investigation has been performed at the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2001

Редактор А.Н.Шабашова. Макет Н.А.Киселевой

Подписано в печать 06.08.2001
Формат 60 × 90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. л. 0,85
Тираж 290. Заказ 52806. Цена 85 к.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
Дубна Московской области