

УДК 556 (571.151)

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОМПОНЕНТОВ АКВАЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМ ГОРНО-СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ГОРНОГО АЛТАЯ

Ю.В. Робертус, Р.В. Любимов, А.В. Кивацкая

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, Горно-Алтайский филиал
Кызыл-Озёк (Республика Алтай), E-mail: ricol@mail.gorny.ru*

На основе материалов, полученных в рамках реализации проекта № 134.1.2. рассмотрены геохимические особенности основных компонентов экосистем рек Чуя и Урсул в центральной и юго-восточной частях Горного Алтая. Показаны значительные различия в химическом составе воды, донных отложений и прибрежных почв этих водотоков, объясняемые природными условиями их водосборных бассейнов.

Ключевые слова: Горный Алтай, Чуя, Урсул, вода, донные отложения, прибрежные почвы, элементный состав, геохимические особенности.

DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15414

Дата поступления 3.09.2019

В 2018 г. Горно-Алтайским филиалом ИВЭП в рамках реализации проекта № 134.1.2. «Биогеохимические особенности наземных экосистем в бассейнах рек Сибири и их влияние на качество природных вод» было проведено изучение антропогенного воздействия на водные и наземные экосистемы в условиях горно-степных ландшафтов (на примере рек Чуя и Урсул в Горном Алтае). Опробование аквальных и субаквальных компонентов этих ландшафтов проведено во время летней межени [1]. Всего с традиционными подходами в верхнем, среднем и нижнем течении рек Чуя и Урсул было взято 18 проб воды, донных отложений и прибрежных почв. Расстояние между пунктами отбора проб варьировало от 35 до 60 км. В итоге был получен ориентированный на северо-запад гидрохимический профиль длиной около 240 км (рис. 1).

Водные пробы проанализированы на общий химический состав и ряд загрязняющих веществ (ГАФ ИВЭП СО РАН), а также на 68 микроэлементов методом MS-ISP (НУПЦ «Вода» НИТПУ, Томск). Пробы почв и донных отложений изучены на 28 элементов ин-

струментальным нейтронно-активационным анализом в лаборатории ядерно-геохимических методов НИТПУ (Томск). Особенности солевого состава воды рек Чуя и Урсул заметно отличаются. Для них характерны отчетливо выраженные противоположные тренды изменения химического состава воды от истоков к устью рек. В частности, для р. Чуя характерен рост содержания большинства компонентов и показателей к устью, а для р. Урсул, напротив, их постепенное уменьшение (табл. 1).

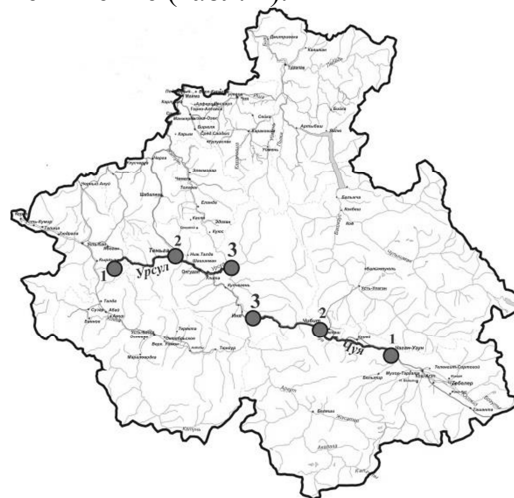


Рис. 1. Схема опробования компонентов экосистем рек Чуя и Урсул:

1 – исток; 2 – среднее течение, 3 – устье.

Вышеотмеченные особенности полностью проявлены и в ее микроэлементном составе воды этих рек. Так, содержание большинства групп микроэлементов (МЭ) по В.В. Иванову [2] в воде р. Чуя выше, чем в р. Урсул. Они закономерно изменяются от истока к устью этих рек и имеет противоположные тренды распределения (табл. 2).

Кларки концентрации изученных МЭ и их спектр в воде рек Чуя и Урсул заметно различаются, особенно для группы элементов, присутствующих на уровне 1-10 кларков. В то же время ассоциация МЭ с содержанием более 10 кларков почти идентична – скандий, железо, уран (табл. 3).

Большинство микроэлементов присутствует в речной воде на уровне выше регионального фона. Более чем 10-

кратное превышение фона присуще для воды обеих рек и характерно для породообразующих элементов (натрий, магний, железо, титан, марганец и др.), что указывает на их поступление в воду из горных пород региона, специализированных на эти элементы. Необходимо отметить, что основное влияние на состав воды р. Чуя оказывают ее левые притоки (Чаган-Узун, Тархата, Актуру и др.), размывающие суглинистые моренные отложения Южно- и Северо-Чуйского хребтов [3-4]. Установлено, что содержание большинства МЭ в воде р. Чуя в среднем на порядок больше, чем р. Урсул (рис. 2), что предположительно объясняется более благоприятными условиями их перехода из горных пород в растворенное состояние.

Таблица 1

Химический состав воды рек Чуя и Урсул, мг/дм³

Показатели	Чуя				Урсул			
	исток	середина	устье	среднее	исток	середина	устье	среднее
pH, ед	7,48*	7,70*	7,76*	7,65	8,22**	7,98**	7,73**	7,73
Ca ²⁺	16,5*	22,0*	22,6*	20,4	54,6**	37,1**	22,0**	37,9
Mg ²⁺	4,6*	4,6*	4,8*	4,7	6,2**	5,0**	4,3**	5,2
Na ⁺ +K ⁺	4,1**	2,5**	1,9**	2,8	4,9**	3,6**	2,7**	3,7
NO ₃ ⁻	0,57*	0,87*	0,97*	0,80	0,29**	0,15**	0,02**	0,15
HCO ₃ ⁻	74,8*	88,5*	90,0*	84,4	199,8**	143,4**	88,5**	143,9
SO ₄ ²⁻	24,5*	25,1*	25,2*	24,9	15,7**	14,5**	13,2**	14,4
Cl ⁻	3,1**	2,4**	2,2**	2,6	2,1**	2,0**	1,8**	1,9
ХПК, мгО/дм ³	0,83*	1,04*	1,26*	1,04	2,57*	2,70*	2,78*	2,68
Минерализация	105,8*	122,9*	124,4*	117,7	269,0**	195,3**	122,2**	195,5
Чуя	$\frac{HCO_3,67SO_4,28Cl5}{Ca60Mg27(Na+K)13}$				$\frac{HCO_3,71SO_4,26Cl3}{Ca69Mg24(Na+K)7}$			
Урсул	$\frac{HCO_3,90SO_4,9Cl1}{Ca80Mg15(Na+K)5}$				$\frac{HCO_3,87SO_4,11Cl2}{Ca75Mg17(Na+K)8}$			

Примечание: * – увеличение содержания к устью; ** – тренды уменьшения.

Таблица 2

Содержание микроэлементов в воде рек Чуя и Урсул, мг/дм³

Группы МЭ	Чуя				Урсул			
	исток	середина	устье	устье/исток	исток	середина	устье	устье/исток
Σ ¹	16,46	18,68	18,78*	1,14**	19,50	19,14	10,54	0,54
Σ ²	36,37	37,02	37,23*	1,02**	74,34	56,54	36,62	0,49
s-элементы	31,29	33,02	33,54*	1,07**	69,58	50,22	31,40	0,45
p-главные	20,60	22,07	22,32*	1,08**	25,36	24,14	15,17	0,60
p-редкие	0,0095	0,0080	0,0076*	0,80**	0,0178	0,0137	0,0125*	0,70
d-главные	0,929	0,454	0,300*	0,32	0,094	0,083	0,050*	0,53**
d-редкие	0,0021	0,0020	0,0014*	0,67	0,0012	0,0020	0,0020*	1,67**
f-элементы	0,0018	0,0014	0,0012*	0,67**	0,0014	0,0010	0,0007	0,50

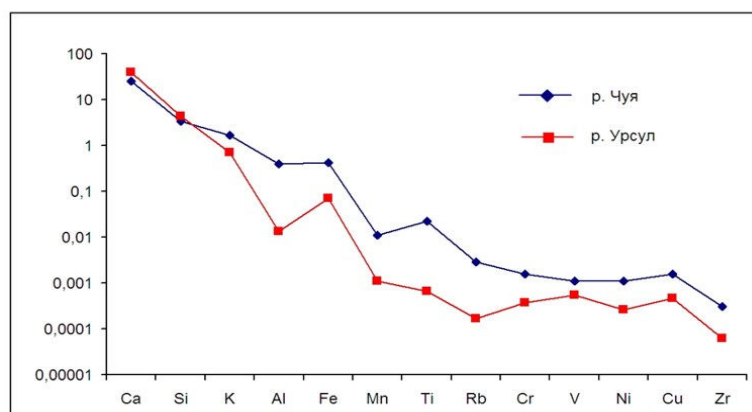
Примечание: Σ¹ – микроэлементы, кроме Ca, Na, Mg, Si, K, Cl; Σ² – сумма Ca, Na, Mg, Si, K, Cl; * – повышенные содержания в устье; ** – отношения устье/исток.

Таблица 3

Содержание микроэлементов в воде рек Чуя и Урсул относительно кларка и фона

Доля, ед	Чуя	Урсул
	<i>Доля от кларка*</i>	
0,1-1	Li, B, Na, Si, P, Cl, K, Cu, Zn, As, Se, Y, Ag, Cd, Sn, I, Ce, Nd, Tm, Lu, W, Au, Hg, Pb, Th	Li, Na, Al, Si, P, Cl, K, Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Y, Cd, Sn, I, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sn, Eu, Gd, Tb, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, W, Au, Hg, Pb, Th
1-10	Be, Mg, Al, S, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Ga, Ge, Br, Rb, Sr, Mo, Sb, Cs, Ba, La, Pr, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb	B, Mg, S, Ca, V, Fe, Sr, Mo, Ag, Sb
> 10	Sc, Fe*, U*	Sc*, U*
	<i>Доля от фона*</i>	
0,1-1	Cr, Cu, Zn, Br, Cd, Sn, Pb	Al, K, Ti, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Br, Rb, Y, Zr, Nb, Cd, Sn, Ba, La, Tl, Pb, Th
1-10	Li, Be, B, Al, Si, P, K, Ca, V, Co, Ni, Ga, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Sb, I, Ba, La, Tl, Th, U	Li, Si, P, Ca, V, As, Sn, Mo, Ag, Sb, I, U
> 10	Na*, Mg*, Sc*, Ti*, Mn*, Fe*	B*, Na*, Mg*, Sc*, Mn*, Fe*

Примечание: * – кларки химических элементов в гидросфере [2].

Рис. 2. Микроэлементный состав воды рек Чуя и Урсул, мг/дм³

Средние концентрации большинства МЭ не превышает их ПДК для вод водоемов рыбохозяйственного назначения, кроме породообразующих элементов (алюминий, железо, марганец, ванадий), а также ртути, меди и лития, т.е. основных профилирующих рудных элементов Центрального и Юго-Восточного Алтая. Значительные различия проявлены и в элементном составе песчано-глинистых донных отложений этих рек и сопряженных с ними прибрежных почв. В частности, содержание большинства изученных химических элементов в прибрежных почвах р. Чуя в целом выше, чем для почв р. Урсул, однако отношение их концентраций в устье и истоке выше для р. Урсул

(табл. 4). С учетом ее меньшей длины, градиенты изменения содержания МЭ по течению для р. Урсул будут значительно выше, чем для р. Чуя. Эта геохимическая особенность предположительно объясняется повышенной гумидностью бассейна р. Урсул [1], способствующей более быстрому переходу МЭ в почву.

Для донных отложений рек Чуя и Урсул картина распределения МЭ по течению несколько отличается, хотя их среднее содержание и накопление в устье также выше для р. Чуя (табл. 4). Близкий между собой элементный состав прибрежных почв и донных отложений этих рек объясняется их тесными экосистемными связями.

Таблица 4

Элементный состав прибрежных почв и донных отложений рек Чуя и Урсул, мг/кг

МЭ	Чуя					Урсул				
	исток	середина	устье	среднее	устье/ исток, ед.	исток	середина	устье	среднее	устье/ исток, ед.
<i>Прибрежные почвы</i>										
Cr	113,7	128,7	141,7	128,0*	1,25	54,6	73,8	86,9	71,8	1,59**
Fe, %	4,9	5,2	5,6	5,2*	1,14	2,9	4,0	4,6	3,9	1,59**
Na, %	1,80	1,74	1,37	1,64*	0,76**	1,49	1,42	0,78	1,23	0,52
Ca, %	3,15	2,97	2,80	2,97*	0,89**	3,62	2,29	2,12	2,68	0,58
Zn	89,9	90,4	92,2	90,8*	1,02	61,8	86,0	114,7	87,5	1,86**
Co	15,9	18,0	21,3	18,4*	1,34	10,9	14,8	16,0	13,9	1,47**
Ba	363	460	484	436*	1,33	289	346	470	368	1,63**
Rb	58,0	72,6	107,6	79,4*	1,86**	73,9	74,0	82,0	76,6	1,11
Sb	2,43	3,16	6,41	4,00*	2,64**	1,68	2,83	3,23	2,58	1,92
Sc	16,3	17,1	19,2	17,5*	1,18	10,3	16,1	17,9	14,8	1,74**
Yb	3,40	3,63	4,88	3,97*	1,44	2,20	3,60	3,87	3,22	1,76**
La	34,2	34,7	45,3	38,1*	1,32	22,0	32,8	34,8	29,9	1,58**
Ta	0,65	0,71	1,85	1,07*	2,85	0,35	0,72	1,04	0,70	2,97**
U	2,86	3,31	3,43	3,20*	1,20	2,34	2,41	3,60	2,78	1,54**
Th	10,4	10,5	11,0	10,6*	1,06	6,8	8,2	9,1	8,0	1,34**
<i>Донные отложения</i>										
Cr	97,2	111,5	164,4	112,6*	1,16	75,8	82,3	89,2	82,5	1,18**
Fe, %	4,3	4,9	7,2	5,0*	1,67	3,8	4,1	4,7	4,2	1,24
Na, %	1,61	1,66	1,68	1,65*	1,04	1,09	1,29	1,58	1,32	1,45**
Ca, %	2,56	2,64	3,29	2,83*	1,28	2,46	2,52	2,57	2,35	1,04
Zn	60,2	100,7	153,8	107,3*	2,55**	91,2	92,8	108,2	97,4	1,19
Co	17,4	17,6	18,5	17,9*	1,06	14,6	15,1	17,4	15,7	1,19**
Rb	58,7	70,7	70,9	66,8	1,21	89,9	93,4	106,2	96,5*	1,18
Sc	16,1	17,5	18,4	16,1	1,14	13,9	16,0	18,9	16,2*	1,36**
Yb	3,53	3,59	8,17	4,73*	2,31**	3,11	3,55	4,23	3,63	1,36
La	32,7	30,3	83,0	45,2*	2,54**	32,1	34,2	37,8	34,7	1,18
Ta	0,30	0,48	1,07	0,69	3,57**	0,77	0,98	1,02	0,93*	1,32
U	2,53	2,66	6,47	3,50*	2,56**	2,74	3,38	3,49	3,20	1,27
Th	8,4	9,4	19,4	12,2*	2,31**	9,1	9,1	9,3	9,2	1,02

Примечание: * – повышенные средние содержания; ** – отношения устье/исток.

Основные выводы проведенного исследования состоят в следующем:

– химический состав воды рек Чуя и Урсул имеет заметные отличия, обусловленные различием природных условий их формирования в условиях высокогорья и среднегорья, соответственно;

– в химическом составе воды рек Чуя и Урсул не проявлены следы антропогенного воздействия на экосистемы этих водных объектов, что указывает на незначительный вклад этого фактора в формировании их гидрохимического типа.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект № 0383-2019-0005).

Список литературы

1. Атлас Алтайского края. Т.1. – Барнаул: ГУГК, 1978. – 222 с.
2. Большух Т.В. Распределение и природно-антропогенная трансформация химического состава поверхностных вод в бассейне р. Катунь: автореф. дис... к.г.н. – Калуга: 2005. – 21 с.
3. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Кн. 1. – М.: Недра, 1994. – 304 с.

4. Савичев О.Г., Паромов В.В., Копылова Ю.Г., Хвашевская А.А., Гусева Н.В. Эколого-геохимическое состояние поверхностных вод в бассейне р. Катунь (Горный Алтай) // Вестн. ТГУ. – 2013. – № 366. – С. 157-161.

References

1. Atlas Altayskogo kraya. T.1. – Barnaul: GUGK, 1978. – 222 s.
2. Bolbukh T.V. Raspredeleniye i prirodno-antropogennaya transformatsiya khimicheskogo sostava poverkhnostnykh vod v basseynе r. Katun: avtoref. dis... k.g.n. – Kaluga: 2005. – 21 s.
3. Ivanov V.V. Ekologicheskaya geokhimiya elementov. Kn. 1. – M.: Nedra, 1994. – 304 s.
4. Savichev O.G., Paromov V.V., Kopylova Yu.G., Khvashchevskaya A.A., Guseva N.V. Ekologo-geokhimicheskoye sostoyaniye poverkhnostnykh vod v basseynе r. Katun (Gorny Altay) // Vestn. TGU. – 2013. – № 366. – S. 157-161.

GEOCHEMICAL FEATURES OF COMPONENTS OF AQUATIC ECOSYSTEMS OF MOUNTAIN-STEPPE LANDSCAPES OF THE GORNY ALTAI

Yu.V. Robertus, R.V. Lyubimov, A.V. Kivatskaya

*Institute for Water and Environmental Problems of the SB RAS, Gorno-Altai Branch of IWEP SB RAS
(Republic of Altai), E-mail: ricol@mail.gorny.ru*

Geochemical features of the main components of the Chuya and Ursul river ecosystems in the Central and South-Eastern parts of the Gorny Altai were considered on the basis of materials obtained under project 134.1.2. Significant differences in the chemical composition of the water, sediments and coastal soils of these streams, due to the natural conditions of their catchment areas were shown.

Keywords: Gorny Altai, Chuya, Ursul, water, bottom sediments, coastal soils, elemental composition, geochemical features.

Received September 3, 2019