

О.Г. Савичев, В.В. Паромов, Ю.Г. Копылова, А.А. Хвацевская, Н.В. Гусева

## ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В БАССЕЙНЕ р. КАТУНЬ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Работа выполнена при финансовой поддержке госзадания «Наука» № 5.4573.2011.

На основе данных государственного мониторинга водных объектов и гидрохимических исследований, выполненных авторами в 1997–2012 гг., получена общая характеристика химического состава и качества поверхностных и подземных вод в бассейне р. Катунь. Оценен средний уровень содержания в ледниковых и речных водах главных ионов, ряда микроэлементов, органических и биогенных веществ, микрофлоры. Показано, что эколого-геохимическое состояние поверхностных вод региона в целом удовлетворительное. Охарактеризована общая структура механизма его формирования.

**Ключевые слова:** эколого-геохимическое состояние; р. Катунь; ледниковые и речные воды.

Около 4–5% стока всего обского бассейна приходится на р. Катунь, при слиянии которой с р. Бия и образуется р. Обь. В свою очередь существенная часть годового стока р. Катунь в ее верхнем течении (до 5% в створе с. Малый Яломан) формируется за счет таяния ледников и многолетних снежников [1], что определяет актуальность исследований эколого-геохимического состояния реки и условий формирования ее стока в пределах нивально-гляциальной зоны. В настоящее время имеется ряд публикаций, в которых, по данным Росгидромета, выполнена общая характеристика химического состава речных вод [2] и выделены экорегионы, отражающие пространственные особенности условий формирования качества речных вод [3], по данным государственного мониторинга недр и экспедиционных исследований ряда организаций оценены гидрогеохимические условия [4–7], установлены особенности химического состава вод некоторых ледников и малых рек [8–11]. Тем не менее общая непротиворечивая картина распределения пространственно-временных изменений химического состава снеговых, ледниковых и речных вод непосредственно в бассейне р. Катунь до сих пор отсутствует.

С учетом этого авторами с 1997 г. проводится систематическое исследование эколого-геохимического состояния Катунь и ее притоков, результаты которого частично опубликованы в [12–16]. В данной работе выполнено обобщение этих материалов и предпринята попытка выявить механизмы формирования качества речных вод и гидравлически с ними связанных подземных вод на основе концепции эволюции системы вода – порода.

### Исходная информация и методика исследований

Исследование выполнено на основе данных Росгидромета (посты Сростки и Тюнгур на р. Катунь) и собственных материалов, полученных авторами во время экспедиционных работ (ТФ ИГНГ СО РАН, ТГУ, ТПУ) в 1997–2012 гг. совместно с Ю.К. Нарожным, Р.Ф. Фахрутдиновым, В.С. Кусковским, С.Л. Шварцевым, Е.В. Домрочевой. Объектами исследований послужили р. Катунь на участке от с. Малый Яломан до с. Верхкатунское, рр. Чуя, Сема, Урсул, Чибит, Бельгумень, Тюнгур, Актру, ледники Водопадный, Левый и Малый Актру, а также воды четвертичных отложений и зоны трещиноватости отложений кембрийского возраста.

Исследования проводились с учетом требований [17] и включали: 1) полевые работы по отбору и консервации

проб речных и ледниковых вод для дальнейшего определения их химического состава в аккредитованной гидрогеохимической лаборатории Томского политехнического университета (ТПУ), соединений органических микропримесей – в Институте химии нефти СО РАН; определение в полевых условиях концентраций быстроизменяющихся компонентов; 2) обобщение и статистический анализ полученных материалов.

После отбора проб и размещения их в специально подготовленной посуде проводилась их консервация, определение pH, температуры воды, удельной электропроводности, содержания растворенного углекислого газа,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , железа общего и транспортировка в стационарные лаборатории с учетом требований [18–20]. Отбор проб льда проводился из слоя 0,4–0,6 м от поверхности ледника. Таяние льда осуществлялось при комнатной температуре.

При определении гидрохимических и геохимических показателей в стационарной лаборатории ТПУ использовались следующие методы: pH, F<sup>-</sup> – потенциометрический;  $\text{SO}_4^{2-}$ , – турбидиметрический;  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , Cl<sup>-</sup>, бихроматная окисляемость (Б.О.), перманганатная окисляемость (ПО), гуминовые кислоты (ГК), фульвокислоты (ФК),  $\text{CO}_2$  – титриметрический; соединения азота, фосфаты, Si, Fe – фотометрический; Al – флуориметрический;  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  – пламенно-эмиссионная спектрометрия; Zn, Pb, Cu, Cd, Cr, Li, Hg, Bi – атомная абсорбция, инверсионно-вольтамперометрический [21]. В Институте химии нефти СО РАН проводился хромато-масс-спектрометрический анализ органического вещества исследуемых вод с помощью квадрупольного хромато-масс-спектрометра R-10-10C фирмы «Neritag».

Анализ данных предполагал исключение нехарактерных (экстремально высоких) значений, оценку средних арифметических значений, погрешностей их определения и средних квадратических отклонений, проверку различных выборок на однородность с использованием критериев Фишера, Стьюдента и Уилкоксона согласно [22]. В случаях когда концентрации веществ были меньше предела обнаружения, при расчете статистических характеристик, согласно [23], использовались значения, равные половине предела обнаружения.

### Результаты исследования и их обсуждение

**Величина pH, минерализация и макрокомпоненты.** Величина pH является важным показателем эколого-

геохимического состояния вод, от которого, в частности, зависит развитие и жизнедеятельность водных организмов, устойчивость форм миграции химических элементов и соединений и степень неравновесности вод относительно подстилающих пород и речных наносов. В соответствии с принятыми в Российской Федерации нормативными документами значения рН не должны выходить за пределы диапазона 6,5–8,5. Для р. Катунь и ее притоков в целом нарушения установленного диапазона в последние годы не отмечены, а воды, согласно классификации, приведенной в [24], относятся к нейтральным и слабощелочным, по [25] – к нормальным (см. табл. 1, 2). В весенне-летний период (по мере увеличения притока снеготалых и ледниковых вод) возможны значения рН менее 6,5–7,0, что и наблюдается в истоках горно-ледниковых рек, например в истоках р. Актру (табл. 1).

По величине минерализации (в соответствии с классификацией О.А. Алекина) речные воды относятся к категории с очень малой, малой (преимущественно) и средней (в зимний период) минерализацией (согласно [25] – пресные ксеногалобные и среднеминерализованные), по химическому составу – к гидрокарбонатным кальциевым, реже – к гидрокарбонатным натриевым. Ледниковые воды – обычно с очень малой минерализацией (согласно О.А. Алёкину [26]) или пресные ксеногалобные (по [25]). Минерализация и содержание отдельных макрокомпонентов в водах р. Катунь и ее притоков и тем более в ледниковых водах обычно намного меньше предельно допустимых значений. По сравнению с подземными водами верхней гидродинамической зоны (в среднем пресными средней минерализации, преимущественно гидрокарбонатными кальциевыми) воды р. Катунь и ее притоков содержат растворенные соли в 2–3 раза меньше, ледниковые воды – в 10 раз и более (см. табл. 1, 2).

В пространственной динамике минерализации вод р. Катунь в среднем и нижнем течении существенных изменений не прослеживается [2]. Объясняется это, как было показано в [27], прежде всего тем, что химический состав вод и гидрохимический сток большой реки не являются простой суммой вкладов отдельных источников, а зависят от общих условий взаимодействия в системе вода – органическое вещество – порода, в том числе от времени и площади контакта речных вод с наносами, донными отложениями и атмосферным воздухом.

**Биогенные вещества.** Под биогенными веществами понимались соединения азота, фосфора и кремния. По имеющимся данным, в речных водах (а также подземных водах четвертичных отложений) в районе исследований достаточно часто отмечается нарушение рыбохозяйственных нормативов по содержанию нитрит-ионов, ионов аммония и фосфатов (нормативы для олиготрофных водных объектов), что предопределило оценку качества вод, согласно [25], в диапазоне от «чистых ксено- и олигосапробных» до «загрязненных альфамезосапробных».

В большинстве изученных случаев эти факты связаны не с загрязнением исследуемых объектов сточными водами, а с природными факторами, в частности с трансформацией органического вещества в лесных ландшафтах и последующим выносом образующихся продуктов в речную сеть, а также с очень высокой способностью талых вод растворять частицы горных по-

род и тем самым способствовать созданию лучших условий для развития микрофлоры (следовательно, и увеличению в водной среде органического вещества и продуктов его трансформации). В то же время повышенные (относительно рыбохозяйственных нормативов) концентрации нитрит-ионов и ионов аммония в водах р. Катунь у с. Сrostки и подземных водах четвертичных отложений у населенных пунктов могут быть связаны и с трансформацией органических веществ антропогенного происхождения, поступающих в реку в основном из диффузных источников.

**Органические вещества.** При изучении органических веществ (ОВ) были рассмотрены косвенные показатели бихроматной и перманганатной окисляемости и концентрации конкретных органических соединений (фульво- и гуминовые кислоты, углеводороды, фенолы, карбоновые кислоты). В случае использования косвенных показателей качество речных вод, согласно [25], оценивается в среднем как «загрязненное альфа- или бетамезосапробное», согласно [24], – в диапазоне от «загрязненных» до «грязных», что объясняется отбором значительной части проб в летний период с повышенной водностью и, соответственно, усиленным выносом органического вещества с поверхности водосборов и долин.

Содержание фульво- и гуминовых кислот в среднем не превышает 2 мг/дм<sup>3</sup>. Это существенно меньше соответствующих показателей для р. Обь на участке ее среднего течения [28], что связано со значительно меньшей заболоченностью водосборов и более интенсивным водообменом. Тем не менее геоморфологическое строение речных долин даже в высокогорных районах предполагает возможность естественного накопления органического вещества и продуктов его трансформации, а также периодического выноса органических и биогенных веществ в речную сеть в периоды повышенной водности. Нельзя отрицать и влияние антропогенных факторов, связанное в рассматриваемом регионе прежде всего с атмосферным переносом. В частности, именно с антропогенным влиянием связывается содержание в водах р. Актру и ледниковых водах фталатов и хлорорганических соединений (см. табл. 3).

**Железо и микроэлементы.** Концентрации железа и микроэлементов в речных, ледниковых и подземных водах рассматриваемой территории изменяются в очень широком диапазоне (см. табл. 1, 2). Нарушение установленных рыбохозяйственных нормативов по содержанию Fe, Cu, Zn, Al, Hg отмечено в значительной части проб, как и по всему бассейну р. Обь [12, 27, 28]. Этот факт в определенной степени связан с выносом указанных и ряда других элементов, с одной стороны, из коренных пород, почвогрунтов и с подземными водами, взаимодействие которых с твердым веществом происходит в течение более длительного, чем в случае речных вод, времени. С другой стороны, наличие в истоках горных рек Алтая талых, сильно насыщенными относительно большинства минералов и органоминеральных соединений вод предполагает возможность резкого увеличения в водной среде концентраций целого ряда веществ [16], что хорошо подтверждается данными о содержании железа и алюминия в сети ледники Актру – р. Актру – притоки р. Катунь – р. Катунь (табл. 1, 2).

Осредненные показатели химического состава поверхностных вод в бассейне р. Катунь по данным исследований ТПУ и ТГУ (1997–2012 гг.)

Показатель	Притоки р. Катунь		р. Актру		Ледники Актру	
	A	N	A	N	A	N
pH	7,7	6	7,8	10	5,4	7
<b>мг/дм<sup>3</sup></b>						
Сумма главных ионов	152,7	6	102,6	10	21,3	8
Ca <sup>2+</sup>	30,3	6	19,3	10	2,3	8
Mg <sup>2+</sup>	2,9	6	3,0	10	0,5	8
Na <sup>+</sup>	4,3	6	1,0	10	0,6	8
K <sup>+</sup>	0,8	6	1,1	10	0,3	8
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	101,7	6	57,5	10	14,0	8
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0,0	6	2,8	10	0,0	8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	9,8	6	16,0	10	1,0	8
Cl <sup>-</sup>	2,8	6	1,9	10	2,6	8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	–	–	0,66	9	1,24	3
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,02	6	0,01	9	0,01	3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,09	6	0,07	9	0,09	3
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,01	1	0,06	3	0,04	3
Si	4,79	6	4,56	10	0,46	8
БО, мгО/дм <sup>3</sup>	–	–	3,50	3	–	–
ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	–	–	1,70	10	–	–
ФК	–	–	1,32	3	1,02	3
ГК	–	–	0,77	3	1,30	3
<b>мкг/дм<sup>3</sup></b>						
F <sup>-</sup>	160	6	65	10	39	8
Fe (общее)	550	6	2311	10	329	7
Li	–	–	3,1	10	3,5	8
Hg	–	–	0,38	4	0,25	7
Zn	–	–	14,7	10	44,7	8
Cd	–	–	0,1	10	0,3	8
Pb	–	–	2,4	10	0,9	8
Cu	–	–	3,5	10	1,7	8
Al	–	–	814	9	135	4
Ba	–	–	22,0	3	–	–
Bi	–	–	0,071	3	0,001	6
<b>Бактерии, кл/мл</b>						
Сапрофиты, всего	–	–	102550	3	75240	3
Олиготрофные	–	–	2667	3	16250	3
Аммонифицирующие	–	–	367	3	55	3
Нитрифицирующие	–	–	34	3	1000	3
Денитрифицирующие	–	–	0	3	5	3
Тионовые	–	–	0	3	0	3
Сульфатвосстанавливающие	–	–	4417	3	4525	3

Примечание. БО – бихроматная окисляемость; ПО – перманганатная окисляемость; ФК – фульвокислоты; ГК – гуминовые кислоты; A – среднее арифметическое; N – объем выборки.

Таблица 2

Среднегодовое химическое содержание в вод р. Катунь по данным государственного мониторинга поверхностных и подземных вод, исследований ТПУ и ТФ ИГНГ СО РАН (1997–2012 гг.)

Показатель	р. Катунь – с. Сrostки <sup>1</sup>		р. Катунь – участок от с. Мал. Яломан до с. Веркатунское <sup>2</sup>		Подземные воды четвертичных отложений <sup>3</sup>		Подземные воды зоны трещиноватости кембрийских отложений <sup>3</sup>	
	A	N	A	N	A	N	A	N
1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	7,3	41	7,6	8	8,04	70	7,73	152
<b>(мг/дм<sup>3</sup>)</b>								
Сумма главных ионов	97,6	41	122,4	8	286,7	71	308,8	152
Ca <sup>2+</sup>	18,5	41	23,0	8	42,3	71	38,8	152
Mg <sup>2+</sup>	2,9	41	3,3	8	9,8	71	12,0	152
Na <sup>+</sup>	3,6*	41	2,0	8	17,8	71	15,1	152
K <sup>+</sup>	0,4*	41	1,0	8	2,3	71	1,5	152
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	64,3	41	81,8	8	177,6	71	200,5	152
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Н.д.	–	1,2	8	Н.д.	–	Н.д.	–
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	10,9	41	8,2	8	24,9	71	21,2	152
Cl <sup>-</sup>	1,0	41	1,9	8	12,0	71	19,7	152
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,797	29	1,22	8	5,034	68	Н.д.	–
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,026	29	0,01	8	0,162	68	Н.д.	–
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,477	29	0,06	8	0,102	63	Н.д.	–
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,117	29	0,03	8	0,016	29	Н.д.	–
Si	Н.д.	–	2,68	8	4,32	51	3,63	150
БО <sup>4</sup> , мгО/дм <sup>3</sup>	5,76	29	4,67	3	Н.д.	–	Н.д.	–
ПО <sup>4</sup> , мгО/дм <sup>3</sup>	Н.д.	–	2,15	7	1,50	55	Н.д.	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ФК <sup>4</sup>	Н.д.	–	1,95	4	Н.д.	–	Н.д.	–
ГК <sup>4</sup>	Н.д.	–	0,60	4	Н.д.	–	Н.д.	–
(мкг/дм <sup>3</sup> )								
F <sup>-</sup>	Н.д.	–	70	5	230	46	250	150
Fe (общее)	217	29	740	8	33	24	210	152
Li	Н.д.	–	5,0	7	Н.д.	–	Н.д.	–
Hg	Н.д.	–	0,22	6	0,12	16	0,05	150
Zn	Н.д.	–	10,0	8	Н.д.	–	Н.д.	–
Cd	Н.д.	–	0,1	5	Н.д.	–	Н.д.	–
Pb	Н.д.	–	2,0	8	Н.д.	–	Н.д.	–
Cu	Н.д.	–	3,5	8	Н.д.	–	Н.д.	–
Al	Н.д.	–	508,3	6	142,6	39	36,3	150
Ba	Н.д.	–	22,7	3	Н.д.	–	Н.д.	–
Bi	Н.д.	–	0,071	3	Н.д.	–	Н.д.	–
Бактерии (кл/мл)								
Сапрофиты, всего	Н.д.	–	9363	4	Н.д.	–	Н.д.	–
Олиготрофные	Н.д.	–	1025	4	Н.д.	–	Н.д.	–
Аммонифицирующие	Н.д.	–	278	4	Н.д.	–	Н.д.	–
Нитрифицирующие	Н.д.	–	300	4	Н.д.	–	Н.д.	–
Денитрифицирующие	Н.д.	–	25	4	Н.д.	–	Н.д.	–
Тионовые	Н.д.	–	0	4	Н.д.	–	Н.д.	–
Сульфатвосстанавливающие	Н.д.	–	9800	4	Н.д.	–	Н.д.	–

<sup>1</sup> Обобщение данных Росгидромета в том числе данные, приведенные в [12].

<sup>2</sup> Обобщение данных [14, 15] и неопубликованных материалов ТПУ и ТФ ИГНГ СО РАН.

<sup>3</sup> Обобщение данных [14, 15], неопубликованных материалов государственного мониторинга геологической среды [6, 7], данных ТПУ, ТФ ИГНГ СО РАН.

Таблица 3

**Концентрации органических микропримесей в поверхностных водах в бассейне р. Катунь в августе 1998 г.**

Показатель	р. Катунь – п. Муны	р. Актру – перевалка	Исток р. Актру (Большой Актру)
Парафины C <sub>10</sub> :C <sub>20</sub>	Не обнаружено (н/о)	0,237	0,088
Парафины C <sub>21</sub> :C <sub>34</sub>	6,275	1,179	0,119
Изопарафины	Н/о	0,041	н/о
Нафтены	0,761	0,544	0,280
Ароматические углеводороды	0,236	0,174	0,053
Фенолы	0,012	0,007	0,005
Насыщенные карбоновые кислоты	3,613	1,461	0,142
Ненасыщенные карбоновые кислоты	0,380	Н/о	0,035
Фталаты	219,295	1,753	0,630
Хлорорганические соединения	Н/о	0,045	0,015

**Микрофлора речной воды.** Сапрофиты развиваются, используя отмерший органический материал. Соответственно, их содержание может использоваться в качестве косвенного показателя как накопления органики, так и общей интенсивности биогеохимических процессов в водно-наземных экосистемах речного водосбора. В изученных пробах поверхностных вод концентрации сапрофитов изменяются в среднем от 9363 кл/мл в водах р. Катунь до 102 550 кл/мл в водах р. Актру (см. табл. 1), в подземных водах – в среднем 13 425 кл/мл [13]. Данный факт, как и приведенные выше данные об относительно повышенном содержании целого ряда веществ в талых водах, служит еще одним подтверждением наличия общего механизма формирования эколого-геохимического состояния горных рек Алтая как последовательной цепи «реакторов», в которых происходит достаточно бурное растворение минералов и появление субстрата для развития микрофлоры, затем (или одновременно) увеличение численности микрофлоры и продуктов ее деятельности, а также уменьшение содержания растворенного вещества за счет образования малорастворимых соединений и сорбции микроэлементов на частицах наносов [29].

Олиготрофные бактерии способны развиваться при низких концентрациях органического вещества, что в

целом характерно для горных водных экосистем, в том числе и на рассматриваемой территории, где их содержание в среднем не превышает нескольких тысяч или десятков тысяч клеток в миллилитре воды. Примерно такой же уровень содержания (или меньше) характерен и для ряда других групп микроорганизмов, например, для сульфатвосстанавливающих, тионовых, аммонифицирующих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий (см. табл. 1, 2). Средние значения соответствующих показателей подземных вод верхней гидродинамической зоны чаще всего выше, чем для поверхностных вод (олиготрофные бактерии – 37 925 кл/мл, денитрифицирующие – 78 кл/мл, аммонифицирующие – 5825 кл/мл [13]), что объясняется более благоприятными условиями для развития изученных представителей микрофлоры при замедленном водообмене.

### Заключение

Эколого-геохимическое состояние поверхностных вод в бассейне р. Катунь в целом характеризуется как удовлетворительное и формируется преимущественно под влиянием природных факторов.

Основные черты механизма формирования эколого-геохимического состояния поверхностных вод заключаются в следующем: 1) в горно-ледниковых районах про-

исходит многолетнее накопление атмосферных осадков в виде снега и льда, а по всей рассматриваемой территории – сезонное; 2) в период таяния сезонных снегов в весенний период и осеннее межсезонье и ледников в весенне-летний период происходит поступление в речную сеть большого количества пресных и ультрапресных вод, способных растворять большое количество минералов и органоминеральных соединений [29]; при этом в водной среде увеличивается содержание биогенных и иных веществ, способствующих развитию микрофлоры, в результате чего возрастает содержание органического вещества и продуктов его трансформации; 3) по мере увеличения времени взаимодействия воды с минералами и органоминеральными соединениями происходит стабилизация химического состава воды на фоне: 3.1) выведения из раствора малорастворимых соединений и сорбции микроэлементов на частицах наносов; 3.2) поступления в русло-

вую сеть подземных вод, большее время взаимодействия с горными породами и потому более минерализованных; 4) в результате выпадения интенсивных дождей и аномальных процессов формирования снегового покрова, а следовательно, образования и последующего поступления в речную сеть пресных и ультрапресных вод происходит эпизодическое дополнительное отклонение от гидрхимического «фона», являющегося, как было показано в [30], функцией состояния в системе вода – порода – органическое вещество в рамках всего бассейна.

Влияние антропогенных факторов на качество поверхностных вод в бассейне р. Катунь, и особенно в горно-ледниковых районах, связано с атмосферным переносом веществ антропогенного и природно-антропогенного происхождения. Кроме того, возможно локальное загрязнение речных и подземных вод органическими и биогенными веществами у населенных пунктов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Паромов В.В.* Ресурсы речного стока бассейна Верхней Оби. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2002. 113 с.
2. *Даниленко А.А., Коломейчук В.С., Селегей В.В.* Химический состав и загрязнение поверхностных вод Верхней Оби, рек Катунь, Бия, Чулышман и Телецкого озера // Поведение ртути и других тяжелых металлов в экосистемах: аналитический обзор : в 3 ч. Ч. 3: Закономерности миграции и региональные особенности. Новосибирск : Изд-во ГПНТБ СО АН СССР, 1989. С. 30–42.
3. *Земцов В.А.* Экорегiónы бассейна Верхней и Средней Оби и определение целевых гидрохимических показателей качества вод местного стока // Доклады VI Всероссийского гидрологического съезда. Санкт-Петербург, 28 сентября – 1 октября 2004 г. Секция 4, ч. 2. М. : Метеоагентство Росгидромета, 2006. С. 67–71.
4. *Гидрогеология СССР. Т. 17: Кемеровская область и Алтайский край / под ред. А.В. Сидоренко.* М. : Недра, 1972. 398 с.
5. *Росляков Н.А., Кусковский В.С., Нестеренко Г.В. и др.* Катунь: экогеохимия ртуты / под ред. Н.А. Рослякова и А.Н. Дмитриева. Новосибирск: СО РАН, 1992. 180 с.
6. *Состояние геологической среды (недр) территории Сибирского федерального округа в 2007 г. : информационный бюллетень / под ред. В.А. Льготина.* Вып. 4. Томск : Томскгеомониторинг, 2008. 194 с.
7. *Состояние геологической среды (недр) территории Сибирского федерального округа в 2009 г. : информационный бюллетень / под ред. В.А. Льготина.* Вып. 6. Томск : Томскгеомониторинг, 2010. 193 с.
8. *Галахов В.П., Темерев С.В., Сапрыкин А.И. и др.* Тяжелые металлы антропогенного происхождения в ледниках Алтая (по исследованиям в бассейне Актру) // Материалы гляциологических исследований. 2002. № 93. С. 195.
9. *Рихванов Л.П., Робертус Ю.В., Таловская А.В. и др.* Особенности распределения химических элементов в талой воде ледника Большой Актру (Горный Алтай) // Известия Томского политехнического университета. 2008. Т. 313, № 1. С. 97–103.
10. *Рождественская Т.А., Пузанов А.В.* Фосфор в поверхностных водах Алтая // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов : материалы Всерос. науч. конф. Барнаул, 24–28 августа 2010 г. Барнаул : Изд-во АРТ, 2010. С. 213–215.
11. *Кудерина Т.М., Мерзлякова И.А., Кудиков А.В., Замотаев И.В.* Геохимические особенности природных вод высокогорных ландшафтов Верхней Катунь (Горный Алтай) // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами : материалы Всерос. конф. Томск, 1–5 октября 2012 г. Томск : Изд-во НТЛ, 2012. С. 148–150.
12. *Савичев О.Г.* Химический состав речных вод бассейна Верхней и Средней Оби // Вопросы географии Сибири : сб. статей. Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 1999. Вып. 23. С. 164–170.
13. *Шварцев С.Л., Кусковский В.С., Савичев О.Г. и др.* О критериях выявления ранних стадий антропогенного загрязнения подземных вод (на примере бассейна р. Катунь) // Материалы Толстухинских чтений. СПб. : Горный ин-т, 1999. С. 90–95.
14. *Шварцев С.Л., Савичев О.Г.* Базовые пункты гидрогеохимических наблюдений – новая методологическая основа для решения водно-экологических проблем (на примере бассейна Верхней и Средней Оби) // Обской вестник. 1999. № 3–4. С. 27–32.
15. *Шварцев С.Л., Колмаков Ю.С., Савичев О.Г.* Базовые пункты гидрогеохимических наблюдений в бассейне Верхней Оби в 1998 году // Обской вестник. 2001. № 1. С. 2–5.
16. *Савичев О.Г., Нарожный Ю.К., Паромов В.В., Фахрутдинов Р.Ф.* Химический и микробиологический состав водно-ледниковых объектов в бассейне р. Актру (Горный Алтай) // Материалы гляциологических исследований. 2002. Вып. 92. С. 187–191.
17. *Технический регламент ВМО (ВМО – № 49). Т. III: Гидрология.* Женева : Секретариат ВМО, 2006. 130 с.
18. *ГОСТ 17.1.5.05-85.* Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. Дата введения 1986-07-01.
19. *ГОСТ Р 51592-2000.* Вода. Общие требования к отбору проб. Дата введения 2001-07-01. Госстандарт России, 2000. 31 с.
20. *РД 52.24.353-94.* Рекомендации. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. Дата введения 1995-10-01.
21. *Зарубина Р.Ф., Копылова Ю.Г., Зарубин А.Г.* Анализ и улучшение качества природных вод : в 2 ч. Ч. 1: Анализ и оценка качества природных вод. Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2007. 168 с.
22. *Методические указания.* Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. РД 52.24.622-2001. М. : Фед. служба России по гидрометеорологии и мониторингу окр. среды, 2001. 68 с.
23. *Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1: 200000 / А.А. Головин, Н.Н. Москаленко, А.И. Ачкасов, К.Л. Волочкович и др.* М. : ИМГРЭ, 2002. 92 с.
24. *Молчанова Я.П., Заика Е.А., Бабкина Э.И., Сурнин В.А.* Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. М. : Форум, 2007. 192 с.
25. *ГОСТ 17.1.2.04-77.* Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. Дата введения 1977-07-27. М. : Изд-во стандартов, 1977. 17 с.
26. *Справочник по гидрохимии / под ред. А.М. Никанорова.* Л. : Гидрометеиздат, 1989. 392 с.
27. *Савичев О.Г.* Влияние крупных притоков на химический состав вод Средней Оби // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 340. С. 222–228.
28. *Савичев О.Г.* Водные ресурсы Томской области. Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2010. 248 с.
29. *Савичев О.Г.* Влияние взаимодействий в системе вода – порода на формирование состава речных вод бассейна Оби // География и природные ресурсы. 2009. № 2. С. 74–80.
30. *Савичев О.Г.* Фоновые концентрации веществ в речных водах таежной зоны Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 334. С. 169–175.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 15 ноября 2012 г.