

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИРОДНЫХ ВОД ПРИАМУРЬЯ В РАЙОНАХ РАЗВИТИЯ КАРСТА

В.П. Шестеркин

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
ул. Дикопольцева, 56, Хабаровск 680000, Россия. E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru*

Рассмотрены особенности химического состава природных вод Приамурья в районах развития карста. Максимальное содержание ионов щелочно-земельных металлов, гидрокарбонатно-кальциево-магниевый состав, наличие карбонатов и значения pH более 8,0 характерны для природных вод Мало-Хинганской зоны. Повышенными концентрациями ионов кальция и максимальными сульфатного иона выделяются воды рек Зейской подзоны. Наименьшее содержание ионов магния и сульфатных ионов установлено в природных водах Хорской, Гуджальской и Ниланской подзон.

PECULIARITIES OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF NATURAL WATERS OF THE AMUR REGION IN THE KARST DEVELOPMENT AREAS

Shesterkin V.P.

*Institute of Water and Ecology problems Feb RAS,
56 Dikopol'tsev St., Khabarovsk, 680000, Russia. E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru*

The features of the chemical composition of natural waters in the Amur region in the areas of karst development are considered. The maximum content of alkaline-earth metal ions, bicarbonate-calcium-magnesium composition, the presence of carbonates and pH values of more than 8,0 are characteristic of the natural waters in the Little-Khingan zone. Elevated concentrations of calcium ions and maximum concentrations of sulphate ion are distinctive for waters of the Zeya subzone rivers. The smallest content of magnesium ions and sulfate ions is found in the natural waters of the Khorskaya, Gujalskaya and Nilanskaya subzones.

Введение

Приамурье характеризуется ограниченным распространением карбонатных пород, энергично подвергающихся процессам карстообразования. Наибольшее развитие известняки и доломиты получили в Еврейской автономной области, где их мощность достигает 1000 м, а площадь выходов – 579 км² (Берсенев, 1989). Значительно реже карбонатные породы встречаются в Амурской области и Хабаровском крае.

Изученность химического состава объектов гидросферы в районах распространения карста низкая. Преимущественно исследовались подземные воды и льды пещер «Ледяная» (Караванов, 1973) и «Прощальная» (Шестеркин, 1983; Кондратьева и др., 2018). Мониторинг поверхностных вод начал осуществляться с 1982 г. Росгидрометом на протоке Теплого озера, сформированного мощными карстовыми

источниками суммарным дебитом 1000 л/с (Караванов, 1973). Изучение гидрохимического режима этого уникального водоема проводилось в феврале, марте, ноябре и декабре 1988 г. (Сиротский и др., 1991). В значительно меньшей степени были изучены природные воды в районах развития карста остальной территории Приамурья. Данная работа восполняет этот пробел.

Материалы и методы

Исследования проводили в летний период 2002–2014 гг. на объектах гидросферы в районах распространения карста в Амурской и Еврейской автономной областях, Хабаровском крае. В соответствии со схемой геолого-структурного районирования южной части Дальнего Востока (Берснев, 1989) они охватывали Амуру-Зейскую, Ниланскую, Гуджальскую и Западно-Сихотэ-Алинскую подзоны, Мало-Хинганскую зону. Схема района исследований представлена на рис. 1. Пробы воды отбирали с поверхности. Содержание основных ионов (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-), аммонийного и нитратного азота, фосфатов, кремния и органических веществ (по величине цветности) определяли в ЦКП при ИВЭП ДВО РАН по общепринятым при гидрохимических исследованиях методам.



Рис. 1. Карта-схема районов исследований (по: Берснев, 1989): 1 – Амуру-Зейская подзона; 2 – Мало-Хинганская зона; 3 – Гуджальская подзона; 4 – Ниланская подзона; 5 – Хорская подзона; 6 – Западно-Сихотэ-Алинская подзона

В работе использовали предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воде объектов рыбохозяйственного значения (Об утверждении..., 2016).

Результаты исследования

Химический состав вод большинства малых таежных рек Приамурья формируется в условиях муссонного климата, низкогорного рельефа, высокой устойчивости подстилающих пород к выветриванию и низкой хозяйственной деятельности. Поэтому по химическому составу воды многих рек и родников в основном относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция, первому типу (Алекин, 1970).

Зейская подзона характеризуется значительными запасами мраморизованных известняков в синийских и девонских образованиях (Геологическая..., 1966). Воды

рек Широковская и Большой Гармакан (притоков Зейского водохранилища), дренирующих восточные склоны хребта Тукурингра, выделяются наибольшими значениями рН и минерализации, содержанием ионов кальция и магния, гидрокарбонатного и сульфатного ионов (табл. 1). Минерализация воды превышает 116 мг/дм^3 (Шестеркин, 2018). Среди катионов отмечается значительное доминирование иона кальция (68% мг-экв), второе место занимает ион магния (21–24% мг-экв). В анионном составе преобладает гидрокарбонатный ион (78–79% мг-экв), существенно меньше доля сульфатного иона (20–21% мг-экв). В отличие от этих рек химический состав воды р. Малый Гармакан формируется на интрузивных породах, что обуславливает более низкое содержание сульфатного иона, ионов кальция и магния (табл. 1). Наблюдаются низкие значения рН и небольшие различия в содержании ионов кальция (45% мг-экв) и магния (38,0% мг-экв). Воды рек Гулик, Большая Эракингра и Большая Мокча, дренирующих западные склоны хребта Тукурингра, по сравнению с реками Большой Гармакан и Широковская характеризуются более низкими значениями рН и минерализации (табл. 1). Среди катионов доминирует ион кальция (60–66% мг-экв), доля иона магния достигает 25–34% мг-экв. В составе анионов значительно преобладает гидрокарбонатный ион (79–92% мг-экв). Воды рек Алленга, Тынды и других, дренирующих южные склоны хребта Джагды, выделяются повышенными значениями рН, содержанием гидрокарбонатного и сульфатного ионов, ионов кальция (табл. 1). В отличие от остальных рек в их катионном составе доля иона кальция является максимальной (70–71% мг-экв), а иона магния – минимальной (17–20% мг-экв). Среди анионов доминирует гидрокарбонатный ион (76% мг-экв). Содержание иона калия и хлоридного иона в исследуемых водотоках распределено относительно равномерно, не превышает $1,0 \text{ мг/дм}^3$.

Концентрации биогенных веществ, за исключением минеральных форм азота, в карстовых водах крайне низкие, изменяются в узких пределах. Наименьшая концентрация аммонийного азота отмечается в воде рек с максимальными значениями рН и минерализации, а наибольшая – в водотоках заболоченных территорий.

Таблица 1

Химический состав вод рек Зейской подзоны

Показатель / Реки	Мал. Гармакан	Бол. Гармакан	Широковская	Алленга	Бол. Эракингра	Бол. Мокча	Гулик
рН, ед. рН	6,81	7,88	7,83	7,51	6,95	7,32	7,18
Na^+ , мг/дм ³	1,2	2,5	2,5	2,5	1,2	1,8	2,5
K^+ , мг/дм ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4
Ca^{2+} , мг/дм ³	2,9	19,7	23,0	16,8	11,9	9,0	18,1
Mg^{2+} , мг/дм ³	1,5	4,2	4,2	3,0	4,0	2,7	4,2
HCO_3^- , мг/дм ³	18	73	82	58	60	41	82
SO_4^{2-} , мг/дм ³	2,8	14,9	17,5	14,1	4,7	7,8	5,4
Cl^- , мг/дм ³	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3
$\text{N}-\text{NH}_4^+$, мг/дм ³	0,19	0,06	0,08	0,22	0,05	0,14	<0,05
$\text{N}-\text{NO}_3^-$, мг/дм ³	< 0,04	0,07	0,20	0,06	0,17	0,03	0,23
P , мг/дм ³	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001	0,003	0,003
$\text{Fe}_{\text{обш}}$, мг/дм ³	0,20	0,02	<0,02	0,04	<0,02	0,03	<0,02
Минерализация, мг/дм ³	27,2	116,3	131,2	95,7	83,4	63,2	113,9
Si , мг/дм ³	3,8	3,6	3,9	3,4	3,1	3,8	4,8

Среди минеральных форм азота преобладает нитратная форма, содержание которой не превышает 0,23 мг N/дм³. Повышенное содержание этого вещества в воде рек Широковская, Гулик, Большая Эракингра, также как и в воде многих таежных рек Сихотэ-Алиня, может быть обусловлено влиянием лесных пожаров (Форина и др., 2011).

В Гуджальской подзоне широкое распространение получили крупные и средние линзы окремненных мраморов союзненской свиты максимальной мощностью до 200 м и суммарной площадью выходов до 3 км² (Берсенов, 1989). Повышенная заболоченность этой территории обуславливает более высокое, чем в водах рек Зейского карстового района, содержание ионов калия, соединений железа, кремния (табл. 2) и органических веществ (цветность воды достигает 57°). Содержание остальных основных ионов мало отличается от содержания в водах рек Гулик, Большая Эракингра и Большая Мокча.

Таблица 2

Химический состав вод природных вод Гуджальской подзоны, мг/дм³ (16.09.2015)

pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	N-NO ₃ ⁻	Fe _{общ.}	Si	Минерализация
р. Джансово											
7,22	2,0	1,3	15,7	4,6	69	5,6	0,6	0,07	0,09	5,4	99,1
р. Гуджал											
7,06	2,0	0,9	11,9	3,9	53	7,4	0,9	0,02	0,09	4,8	79,2
безымянный ручей, приток р. Гуджал											
7,36	1,0	0,9	19,1	3,1	76	7,0	0,7	0,28	0,48	5,5	125,7
кл. Джансово											
7,17	2,0	1,1	23,8	5,4	94	7,6	0,7	<0,01	0,13	6,0	134,8

Мало-Хинганская зона отличается широким развитием образований нижнепротерозойского, верхнепротерозойского и кайнозойского возрастов. Максимальная мощность карстующихся пород достигает 1000 м, суммарная площадь выходов – 579 км². Большие площади распространения карбонатных пород (доломиты мурандавской и известняки лондоковской свит), благоприятные литологические и структурно-геоморфологические условия обусловили здесь развитие карста (Берсенов, 1989).

Наибольшее проявление карста наблюдается в северо-восточной части Сутарского хребта, где значительная водоносность карбонатных пород, залегающих ниже местных базисов эрозии, обуславливает появление большого количества родников разного химического состава. Воды ключей Федоткин, Большой и Лопатин в районе Биджанского рыбоперерабатывающего завода выделяются гидрокарбонатным кальциево-магниевым составом, слабощелочными значениями pH, повышенными концентрациями гидрокарбонатов кальция и магния, наличием карбонатных ионов (до 6,9 мг/дм³). Отмечаются низкие концентрации хлоридного иона, ионов натрия и калия, фосфора, растворенного железа (до 0,02 мг/дм³), аммонийного азота (до 0,07 мг/дм³) и кремния (табл. 3). Среди минеральных форм азота доминируют нитраты, повышенное содержание которых может быть обусловлено влиянием пирогенного фактора (Форина и др., 2011).

Воды р. Карьер, дренирующей территорию Лондоковского известкового завода, и р. Биджан в отличие от вод родников, характеризуются гидрокарбонатно-кальциевым составом, более низким содержанием основных ионов и высоким –

Таблица 3

Химический состав природных вод Мало-Хинганской зоны, мг/дм³

pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	N-NO ₃ ⁻	Si	HPO ₄ ²⁻	Минерализация
кл. Большой (05.06.2014)											
8,24	0,3	0,4	31,2	18,4	136	0,7	6,4	0,32	2,6	0,015	202,5
кл. Федоткин (05.06.2014)											
8,29	0,3	0,4	30,8	17,4	162	0,7	5,6	0,31	2,6	0,033	227,5
кл. Лопатин (31.03.2015)											
7,52	0,9	1,0	41,0	18,1	213	0,8	4,6	0,31	2,8	0,041	282,6
р. Биджан (05.06.2014)											
7,94	1,4	0,6	24,6	9,0	117	0,9	5,6	0,29	4,6	0,019	164,1
Теплое озеро (05.06.2014)											
8,20	2,4	0,5	42,7	9,5	150	1,0	13,4	0,63	5,0	0,039	235,2
руч. Карьер (03.10.2012)											
7,90	2,5	0,6	28,0	1,9	94	0,7	2,1	0,09	–	0,010	130,1

растворенного железа (до 0,05 мг/дм³) и органического вещества (цветность воды до 25°) из-за разбавления водами поверхностного стока (табл. 3). Теплое озеро, как и родники, выделяется слабощелочной величиной pH и наличием карбонатного иона (до 9,3 мг/дм³). Однако, в отличие от родников, в озерной воде наблюдаются более высокие концентрации ионов натрия и кальция, сульфатного иона, кремния (табл. 3). Величина соотношения между ионами кальция и магния в озерной воде составляет 2,7, что в 2 раза выше, чем в родниках (возможно из-за питания водами более глубоких горизонтов). Полученные в ходе работ 2014 г. материалы о содержании основных ионов сопоставимы с данными за 1988 г. (Сиротский и др., 1991). В то же время очень высокие концентрации аммонийного и нитратного азота (до 1,32 и 1,0 мг N/дм³ соответственно) в ноябре-декабре 1988 г. могли быть вызваны загрязнением подземных вод.

Содержание растворенных форм металлов в природных водах этого карстового района, также как и в таежных реках северного Сихотэ-Алиня, значительно ниже кларковых значений для рек, варьирует в небольших пределах (Чудаева и др., 2011). Содержание ртути находится ниже предела обнаружения (0,01 мкг/дм³), концентрация растворенного железа не превышает 0,02 мг/дм³. На уровне кларковых значений и в пределах ПДК содержится медь (0,66–1,80 мкг/дм³), которая в условиях слабощелочных значений pH может мигрировать в виде неорганических комплексов (Линник, Набиванец, 1986). Существенные отличия отмечаются в содержании марганца: 0,69 и 1,78 мкг/дм³ в воде ключей Большой и Федоткин; в воде р. Биджан и Теплого озера эти показатели были на порядок выше – 7,2 и 11,1 мкг/дм³ (Шестеркин, Шестеркина, 2016). При цветности воды менее 5° в родниках и озере и 26° в воде р. Биджан органическая форма миграции марганца незначительна. Изучение содержания микроэлементов в илах Теплого озера в 1988 г. (Сиротский и др., 1991) показало, что из всех микроэлементов только свинец, барий и цинк содержались в количествах в 2–4 выше кларка в почвах. Содержание остальных металлов было ниже. В 2014 г. повышенных концентраций растворенных форм свинца, бария, цинка в воде не отмечалось, так как слабощелочная реакция воды не способствует миграции многих металлов.

Сравнение химического состава карстовых вод Зейской подзоны и Мало-Хинганской зоны свидетельствует о более высоком содержании ионов натрия и сульфат-

ного иона, низком – ионов магния и кальция в воде рек этого района. Более заметны в воде рек Зейской подзоны различия между концентрациями кальция и магния.

Значительную часть **Ниланской подзоны** занимает утанакская свита, включающая линзы рифогенных известняков, протяженность которых достигает 6,6 км. Максимальная мощность составляет 300 м, суммарная площадь выходов – 7 км² (Берсенов, 1989).

Химический состав природных вод Ниланского карстового района (табл. 4) мало отличается от природных вод Гуджальского района по значениям pH и минерализации (табл. 2). Среди катионов наблюдается значительное доминирование иона кальция (64–80% мг-экв), среди анионов – гидрокарбонатного иона (91–95% мг-экв). Второе место среди катионов занимает ион магния (12–34% мг-экв), среди анионов – сульфатный ион (4,4–7,4% мг-экв). В содержании минеральных форм азота из-за влияния пирогенного фактора доминирует нитратная форма (Форина и др., 2011).

Таблица 4

Химический состав природных вод Ниланской подзоны (25.07.2012), мг/дм³

pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	N-NO ₃ ⁻	Fe _{общ.}	Si	Минерализация
руч. Безымянный											
7,60	2,0	0,9	21,5	2,0	72,0	4,6	0,7	0,37	0,03	6,5	104,5
родник											
8,30	1,1	<1,0	42,6	13,8	186,7	6,8	1,1	0,24	0,05	6,2	254,3

В пределах **Хорской подзоны** наиболее крупные массивы рифогенных известняков с крупнейшей на Дальнем Востоке пещерой «Прощальная» отмечаются в бассейне р. Сагды-Селанка. Максимальная мощность карстующихся пород здесь достигает 100 м, суммарная площадь выходов – 30,3 км² (Берсенов, 1989).

Водные объекты этого карстового района отличаются от других районов наибольшим содержанием иона кальция (82–86% мг-экв) и очень низкой концентрацией иона магния (9–12% мг-экв). Содержание остальных основных ионов в воде рек этого района находится в тех же пределах, что и в воде рек Ниланского карстового района (табл. 5). Водотоки Хорской подзоны выделяются очень высоким для таежных рек содержанием нитратного азота, вызванным, вероятно, катастрофическими пожарами 1998 г. (Форина и др., 2011). Значительное содержание этого

Таблица 5

Химический состав речных вод Хорской подзоны, мг/дм³

pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	N-NO ₃ ⁻	Si	Fe _{общ.}	Минерализация
руч. Ветвистый (24.06.2002)											
6,93	1,1	0,3	15,5	1,4	56,1	1,0	4,1	0,54	–	0,18	82,0
руч. Сагды-Селанка (24.06.2002)											
6,95	1,1	0,3	16,4	1,0	57,4	1,3	2,3	0,57	–	0,21	82,2
руч. Ветвистый (28.05.2004)											
7,69	1,3	0,4	14,5	1,0	40,3	0,5	5,9	0,59	5,8	0,08	66,6
руч. Сагды-Селанка (28.05.2004)											
7,68	1,6	0,4	11,4	1,3	39,1	0,5	5,9	0,56	6,2	0,09	62,8
озеро в пещере «Прощальная» (24.06.2002)											
7,07	0,4	0,5	40,9	0,8	122,2	2,3	3,2	1,49	–	0,37	177,3

вещества в воде озера пещеры «Прощальная» может быть вызвано как влиянием пирогенного фактора, так и присутствием отходов жизнедеятельности летучих мышей. Например, в наледном льду этой пещеры концентрация иона калия достигала 16,5 мг/дм³, а фосфатов – 0,765 мг/дм³ (Шестеркин, 1983).

Западно-Сихотэ-Алинская подзона включает небольшие выходы известняков юго-восточнее г. Вяземский. Максимальная мощность карстующихся пород достигает 330 м, суммарная площадь выходов – 3 км². Карстовые воды разгружаются в долине кл. Родникового в виде постоянного и временно действующих источников с максимальным дебитом 1–2 м³/с (Берсенов, 1989). Химический состав вод рек Вторая и Третья Седьмая, дренирующих известняки, характеризуется нейтральными значениями рН, гидрокарбонатно-кальциево-магниевым составом (доля кальция составляет 46–47% мг-экв, магния – 37–40% мг-экв), максимальным для карстовых районов содержанием ионов натрия и железа из-за заболоченности бассейна (табл. 6).

Таблица 6

Химический состав речных вод Западно-Сихотэ-Алинской подзоны, мг/дм³

рН	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	N-NO ₃ ⁻	Si	Fe _{общ.}	Минерализация
р. 2-Седьмая (16.08.2008)											
6,86	3,3	0,9	6,6	3,0	37,5	0,7	9,1	0,05	–	0,36	61,3
р. 2-Седьмая (23.11.2008)											
6,87	3,6	0,8	10,0	4,8	49,5	1,2	12,6	0,03	5,9	0,63	82,6
р. 3-Седьмая (16.08.2008)											
6,54	4,6	1,1	12,3	5,0	68,3	1,0	8,9	0,14	–	1,59	101,3
р. 3-Седьмая (23.11.2008)											
7,03	5,2	1,0	15,8	8,3	89,4	1,3	10,1	<0,03	7,2	1,17	131,7
р. 3-Седьмая (25.05.2009)											
7,02	4,2	0,5	6,4	3,0	28,4	0,9	14,1	0,06	5,9	0,29	58,4

Заключение

Гидрохимические исследования свидетельствуют о больших различиях в содержании гидрокарбонатов и сульфатов кальция, магния и натрия в составе природных вод карстовых районов Приамурья, которые в условиях слабого хозяйственного воздействия в основном зависят от состава подстилающих пород.

Гидрокарбонатно-кальциево-магниевым составом, наибольшими значениями рН и минерализации, наличием карбонатных ионов выделяются природные воды Мало-Хинганской зоны, а наименьшими – Западно-Сихотэ-Алинской подзоны. Гидрокарбонатно-кальциевым составом характеризуются речные воды Зейского, Гуджальского и Ниланского карстовых районов. Максимальная концентрация сульфатного иона установлена в водах рек Зейской подзоны, иона магния – природных водах **Мало-Хинганской зоны**.

Среди биогенных веществ наибольшая амплитуда колебаний отмечена в содержании нитратного азота вследствие влияния пирогенного фактора, а железа – из-за заболоченности земель.

Литература

- Алекин О.А. 1970. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат. 444 с.
 Берсенов Ю.И. 1989. Карст Дальнего Востока. М: Наука. 172 с.

- Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Амуро-Зейская. Лист N-52-XIX. Объяснительная записка. 1966. М.: Недра. 80 с.
- Караванов К.П. 1973. Карст и карстовые воды Приамурья и Приохотья // Вопросы географии Дальнего Востока. Природные воды Дальнего Востока. Хабаровск. С. 284–309.
- Кондратьева Л.М., Полевская О.С., Голубева Е.М., Штарева А.В., Коновалова Н.С. 2018. Элементный состав грунтовых вод и спелеотемы «лунное молоко» в карстовой пещере «Прощальная» (Дальний Восток) <https://elibrary.ru/item.asp?id=36763056> // Литосфера. Т. 18, № 6. С. 928–941.
- Линник П.Н., Набиванец Б.И. 1986. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеиздат. 270 с.
- Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. 2016.** Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 года, № 552.
- Сиротский С.Е., Неудачина И.И., Ивашов П.В., Ким В.И., Махинов А.Н., Белоцкий С.В., Хавень З.В. 1991. Гидроморфологические, гидрохимические и биогеохимические особенности озера Теплое // Биогеохимические ореолы рассеивания химических элементов в экосистемах Дальнего Востока. Владивосток: ДВО АН СССР, С. 51–80.
- Форина Ю.А., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., Таловская В.С. 2011. Гидрохимия вод малых рек западного склона Сихотэ-Алиня // Биогеохимические и гидроэкологические параметры наземных и водных экосистем. Хабаровск: Дальнаука. С. 125–135.
- Чудаева В.А., Шестеркин В.П., Чудаев О.В. 2011. Микроэлементы в поверхностных водах бассейна реки Амур // Водные ресурсы. № 5. С. 606–617.
- Шестеркин В.П. 1983. Химический состав подземных вод и льда пещеры «Прощальная» // Генезис подземных вод. Иркутск: Институт земной коры. С. 12–14.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2016. Характеристика химического состава карстовых вод Сутарского хребта // Современные проблемы регионального развития: тез. VI Междунар. науч. конф. Биробиджан: ИКАРП. С. 175–178.
- Шестеркин В.П. 2018. Гидрохимия карстовых вод Тукуринга-Джагдинского массива // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: Материалы III Всерос. науч. конф. с межд. участием. Чита: ИПРЭК СО РАН. С. 205–206.