

**ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЧНЫХ ВОД В РАЙОНЕ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КУН-МАНЬЕ» (АМУРСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

В.С. Таловская, Н.М. Шестеркина, С.Е. Сиротский

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, ул. Ким-Ю-Чена, 65,
Хабаровск, 680000, Россия. E-mail: tvs@ivep.as.khb.ru*

В рамках выполнения НИР «Гидрохимический мониторинг водных объектов в зоне ответственности ЗАО «Кун-Манье» (2011–2012 гг.)» изучен химический состав вод рек Большой Курумкан, Малый Курумкан, Левый Курумкан и их притоков. Отмечено, что на современном этапе формирование солевого состава вод исследованных рек определяется природными факторами. Антропогенное влияние в результате локальных пожаров проявляется в повышенном содержании нитратного азота в водах рек. Особенности геохимической обстановки территории определяют микроэлементный состав речных вод.

**HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF RIVER WATERS IN THE AREA OF
THE KUN-MANJE DEPOSIT (AMURSKAYA OBLAST)**

V.S. Talovskaia, N.M. Shesterkina, S.E. Sirotsky

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, 65 Kim Yu Chen Str.,
Khabarovsk, 680000, Russia. E-mail: tvs@ivep.as.khb.ru*

Water chemical composition of rivers Bolshoi Kurumkan, Malyi Kurumkan, Levyi Kurumkan and their tributaries was studied as part of the research Project «Hydrochemical Monitoring of Water Bodies in the Area of Responsibility of CJSC Kun- Manje (2011–2012)». It is noted that at present natural factors determine the formation of the water salt composition in the studied rivers. Anthropogenic impacts caused by local fires are manifested in the increased concentrations of nitrate nitrogen in river waters. Specifics of geochemical environment determine trace element composition of the river waters.

В административном отношении месторождение «Кун-Манье» располагается на северо-востоке Зейского района Амурской области. Район удален от населенных пунктов и в экономическом отношении не освоен.

Территория месторождения располагается, в основном, на южном макросклоне Атагского хребта, в бассейнах двух левых притоков р. Мая – рек Большой и Малый Курумкан. Гидросеть исследуемого участка представлена реками Бол. Курумкан, Лев. Курумкан, Мал. Курумкан и их многочисленными притоками. Ширина русел рек колеблется в различных пределах от 5 до 20 м. Долины рек широкие, корытообразные, хорошо выражены в рельефе, местами сильно заболочены. Характерны торфянисто-мерзлотные почвы со слаборазложившимся торфом и болотной растительностью. Исследованные реки и ручьи района месторождения представляют собой типичные горные холодноводные водотоки с каменистыми берегами, галечным дном, глубиной 0,8–1,2 м, скоростью течения 0,8–1,5 м/с. Вода прозрачная, после дождей может приобретать коричневый оттенок. Пойма в долинах рек и по р. Бол. Курумкан хорошо выражена. У р. Мал. Курумкан пойма слабо разработана, река почти на всем протяжении течет одним руслом. Значительная крутизна береговых склонов и ливневый характер дождей способствуют быстрому подъему уровня

воды в реках и ручьях, что приводит к переформированию пойменных отложений и размыву берегов.

Питание водотоков осуществляется за счет весенних талых снеговых вод, летом за счет атмосферных осадков (70 % осадков выпадает с мая по сентябрь, в том числе почти половина за июль-август), таяния снежников и подземного льда. Многолетняя мерзлота, имеющая сплошное распространение, оказывает огромное влияние. Зимой все ручьи промерзают с начала октября до середины мая. Весеннее половодье отмечается с конца мая по начало июня. Летняя межень характерна для конца июня – начала июля. В некоторые годы из-за обилия осадков летняя межень может отсутствовать. В летнее время с конца июля по август обычны дождевые паводки. Подземная составляющая в питании исследованных водотоков незначительна и проявляется в основном в осеннюю межень. Горный характер рельефа, небольшая мощность аллювиальных и ледниковых отложений, широкое развитие многолетней мерзлоты создают неблагоприятные условия для накопления значительных запасов подземных вод. Условия залегания, режим, питание подземных вод в значительной мере зависят от повсеместно развитой многолетней мерзлоты. Она обуславливает развитие в районе надмерзлотных, межмерзлотных и подмерзлотных подземных вод. По химическому составу это гидрокарбонатные кальциево-магниево-сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниево-сульфатные воды.

Целью данных исследований было получение репрезентативных данных о фоновом химическом составе водных объектов до начала строительных и эксплуатационных работ и оценка качества воды водотоков по гидрохимическим показателям.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отбор проб осуществлён на 7 станциях в период открытого русла: в июне-сентябре 2011 г., в июне-июле 2012 г. 1–3 раза в месяц (рис. 1). Количественный химический анализ отобранных проб поверхностных вод на 40 показателей выполнен в аккредитованном Межрегиональном центре экологического мониторинга гидроузлов ИВЭП ДВО РАН по ат-

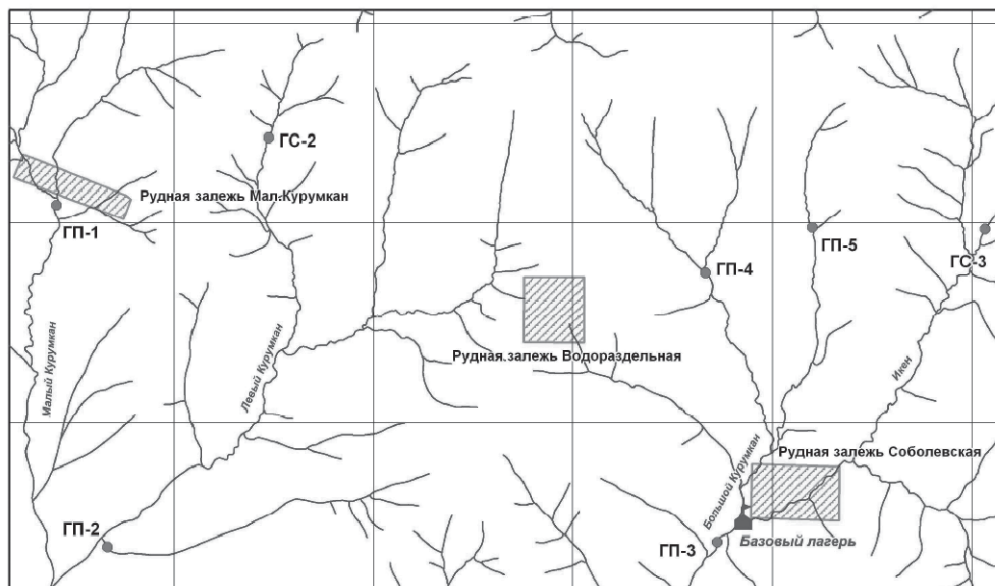


Рис. 1. Схема расположения станций отбора гидрохимических проб в районе месторождения «Кун-Манье».

Обозначения: ГП-1 – р. Малый Курумкан, верховье; ГП-2 – р. Левый Курумкан, низовье; ГС-2 – р. Левый Курумкан, верховье; ГП-3 – р. Большой Курумкан, верховье; ГП-4 – правый приток р. Большой Курумкан; ГП-5 – левый приток р. Большой Курумкан; ГС-3 – р. Икен

тестованным методикам. Биогенные элементы определяли фотометрическими методами на спектрофотометре «UV-mini 1240». Бихроматная окисляемость (химическое потребление кислорода), фенолы, нефтепродукты, анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ) – на «Флюорате-02-М». Элементный состав анализировали масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой на масс-спектрометре «Agilent 7500» мод.7500сх. Цветность определялась в градусах хром-кобальтовой шкалы.

Гидрохимическая характеристика водотоков в пределах месторождения «Кун-Манье» дана на основе результатов химического анализа проб воды из рек Большой, Малый, Левый Курумкан, а также притоков реки Большой Курумкан. Кроме этого использованы данные, полученные для отдельных компонентов при исследованиях в 2008 г.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Влияние природно-климатических условий предопределило формирование в рассматриваемом районе ультрапресных, слабокислых и нейтральных вод. Соподчиненное влияние зональных факторов формирования определяет близость их химического состава. Содержание растворенных солей в водах водотоков изменяется в узких пределах. Минерализация воды р. Мал. Курумкан составила в среднем $27,9 \text{ мг/дм}^3$ с интервалом колебания $18,3\text{--}35,0 \text{ мг/дм}^3$, р. Бол. Курумкан – $25,8 \text{ мг/дм}^3$ с интервалом $19,1\text{--}30,8 \text{ мг/дм}^3$. Несколько ниже содержание растворенных солей в притоках р. Бол. Курумкан. В правом притоке минерализация воды составила в среднем $11,8 \text{ мг/дм}^3$ с интервалом $6,4\text{--}17,3 \text{ мг/дм}^3$; в левом притоке – $15,3 \text{ мг/дм}^3$ с интервалом $9,2\text{--}21,9 \text{ мг/дм}^3$. В низовьях р. Лев. Курумкан эти значения составили $17,5 \text{ мг/дм}^3$, интервал колебания $11,4\text{--}24,3 \text{ мг/дм}^3$. В р. Икен отмечена максимальная минерализация $36,1 \text{ мг/дм}^3$ при среднем значении $30,2 \text{ мг/дм}^3$ (табл.1).

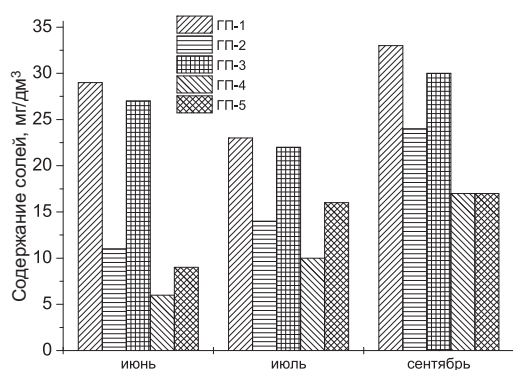


Рис. 2. Сезонная динамика минерализации речных вод.

Изменения обстановки на водосборе в большей степени влияют на содержание растворенных веществ в воде более мелких водотоков, пределы варьирования минерализации для них шире. С июня по сентябрь минерализация воды всех водотоков возрастает, достигая максимальных значений в сентябре, за счет понижения уровней воды и поступления веществ с надмерзлотными водами (рис. 2).

По величине pH ($5,5\text{--}7,1$) это слабокислые и нейтральные воды, средние значения pH для всех водотоков изменяются в узких пределах ($6,2\text{--}6,6$) и сопоставимы со значениями 2008 г. Минимальное значение

pH 5,5 отмечено в одном случае в левом притоке р. Бол. Курумкан при максимальной за период наблюдения цветности воды (250°). Повышение кислотности и цветности в данном случае обусловлено поступлением аллохтонного органического вещества в виде гуминовых соединений с дождевым поверхностно-склоновым стоком.

Содержание взвешенных веществ низкое и сопоставимо с данными 2008 г. Максимальное значение составило $9,3 \text{ мг/дм}^3$ в июле 2011 г. в воде р. Мал. Курумкан (табл.1). В 2008 г. повышенное содержание взвесей $24,5 \text{ мг/дм}^3$ отмечалось в воде р. Лев. Курумкан. Эпизодическое увеличение взвесей в этих водотоках, очевидно, обусловлено их поступлением с дождевым поверхностно-склоновым стоком за счет смыва грунта с дорог. В мелких притоках р. Бол. Курумкан содержание взвешенных веществ часто ниже предела обнаружения (3 мг/дм^3).

Среди главных ионов концентрация ионов натрия, калия ниже 1 мг/дм^3 , хлоридов – 2 мг/дм^3 , что ниже предела обнаружения и свидетельствует об их атмосферном континен-

Таблица 1

Химический состав вод рек в районе месторождения «Кун-Манье» в 2011–2012 гг.

Показатель	ГП-1	ГП-2	ГС-2	ГП-3	ГП-4	ГП-5	ГС-3
pH, ед. pH	6,5* / 6,0–7,1	6,4 / 6,0–6,7	6,2 / 6,0–6,3	6,4 / 6,0–6,7	6,6 / 6,2–6,7	6,3 / 5,5–6,6	6,4 / 6,2–6,5
УЭП, мксм/см	40,4 / 25,1–52,8	23,0 / 12,8–34,4	21,9 / 19,3–24,5	36,5 / 28,6–44,9	15,0 / 8,1–22,7	18,3 / 10,2–25,2	40,4 / 36,4–44,3
Цветность, град. цветности	56 / 30–85	73 / 45–125	70	59 / 35–85	30 / 20–40	70 / 10–250	63 / 60–65
Взвешенные вещества, мг/дм ³	7,6 / 6,0–9,3	6,2 / 4,7–6,9	6,2 / 5,8–6,5	4,0 / < 3,0–6,9	1,9 / < 3,0–4,4	3,6 / < 3,0–7,0	4,8 / 3,6–5,9
Ca ²⁺ , мг/дм ³	3,6 / 3,0–4,4	2,5 / 1,7–3,2	2,3 / 2,1–2,5	4,1 / 3,4–4,8	1,3 / < 1,0–2,0	2,1 / 1,3–2,6	4,6 / 4,2–5,0
Mg ²⁺ , мг/дм ³	2,3 / 1,1–2,9	1,3 / 1,0–1,9	1,6 / 1,5–1,8	1,7 / 1,3–2,2	< 1,0 / < 1,0–1,5	< 1,0 / < 1,0–1,2	1,6 / 1,5–1,8
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	7,3 / 5,5–9,8	4,8 / 3,7–6,1	5,5 / 4,3–6,7	7,6 / 6,1–9,8	4,6 / 3,1–6,1	7,8 / 4,9–12,2	8,3 / 7,3–9,2
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	11,6 / 6,6–16,8	6,1 / 2,1–10,8	7,2 / 5,6–8,8	9,8 / 5,8–13,3	2,0 / < 2,0–4,8	2,0 / < 2,0–3,8	13,2 / 9,6–16,8
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,28 / < 0,05–0,52	0,54 / 0,30–1,04	0,60 / 0,48–0,73	0,43 / 0,05–0,85	0,19 / < 0,05–0,38	0,30 / < 0,05–0,78	0,42 / 0,29–0,54
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	1,38 / 0,85–1,78	0,57 / < 0,04–1,34	0,80 / 0,71–0,88	0,78 / 0,51–1,29	0,95 / 0,40–1,82	0,67 / 0,15–1,13	0,96 / 0,84–1,07
Fe _{общ.} , мг/дм ³	0,11 / 0,03–0,17	0,16 / 0,06–0,28	0,13 / 0,11–0,15	0,08 / 0,03–0,14	0,05 / 0,03–0,07	0,26 / 0,02–1,13	0,09 / 0,07–0,11
M, мг/дм ³	27,9 / 18,3–35,0	17,5 / 11,4–24,3	19,3 / 15,7–22,9	25,8 / 19,1–30,8	11,8 / 6,4–17,3	15,3 / 9,2–21,9	30,2 / 24,3–36,1
БПК ₅ , мгО/дм ³	0,9 / < 0,5–2,5	0,6 / < 0,5–1,1	0,8 / 0,8–0,9	0,5 / < 0,5–1,9	0,5 / < 0,5–2,0	0,8 / < 0,5–1,6	0,7 / 0,5–0,9
ПО, мгО/дм ³	13,5 / 8,5–19,0	15,4 / 10,4–23,3	16,8 / 16,2–17,3	13,4 / 8,4–17,4	7,3 / 5,9–8,7	–	13,8 / 13,2–14,5
БО (ХПК), мгО/дм ³	17 / 10–36	27 / 11–52	32 / 31–33	21 / 10–36	7 / < 5–14	20 / < 5–70	28 / 24–33

Примечание: * - средние значения показателей / пределы изменения; М – минерализация, ПО – перманганатная окисляемость;

БО – биохроматная окисляемость; прочерк – отсутствие данных

тальном генезисе. В катионном составе вод преобладают кальций и магний. Отмечается закономерный их рост с увеличением минерализации. В анионном составе гидрокарбонат-ион преобладает в водах левого и правого притоков р. Бол. Курумкан, причем во всех водотоках его концентрации варьируют в небольших пределах. В реках Бол. Курумкан, Мал. Курумкан, Лев. Курумкан, Икен в анионном составе чаще преобладает сульфат-ион. Химический тип вод междуречья Большой и Малый Курумкан при учете компонентов, доля которых превышает 25 %-экв, определяется как гидрокарбонатный кальциево-магниевый в притоках и сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-магниевый и магниевый-кальциевый в реках Бол. Курумкан, Мал. Курумкан, Лев. Курумкан, Икен. Сульфатно-гидрокарбонатные воды в основном локализуются на участках техногенно-нарушенного ландшафта, где активно протекают процессы окисления сульфидных руд разрабатываемого месторождения (Шварцев, 1998). Соотношение Ca^{2+}/Mg^{2+} – важный геохимический показатель состава маломинерализованных вод. В водах гидрокарбонатного класса с минерализацией до $0,5 \text{ г/дм}^3$ величина его колеблется от 2 до 4. Для исследованных водотоков эти значения были меньше двух и в среднем составили $0,95-1,74$. Низкая величина соотношения Ca^{2+}/Mg^{2+} для маломинерализованных вод является признаком влияния процессов криогенной метаморфизации (Иванов, Власов, 1974). Трансформацией химического состава вод, обусловленной процессами криогенной метаморфизации, вызвана смена кальциево-магниевого состава на магниевый-кальциевый.

Содержание фторид-иона в воде рек в основном менее $0,1 \text{ мг/дм}^3$. Главным источником поступления этого компонента в поверхностный сток являются подземные воды, доля которых в питании водотоков района незначительна.

Концентрации растворенного железа варьируют в основном в небольших пределах, не превышают значений ПДК_п (предельно допустимых концентраций) питьевого водоснабжения $0,3 \text{ мг/дм}^3$ и эпизодически незначительно превышают ПДК_{р/х} рыбохозяйственное ($0,1 \text{ мг/дм}^3$). Временная динамика характеризуется их повышением с понижением уровней воды в сентябре. В одном случае зафиксирована превышающая значение ПДК_{р/х} в 11,3 раза концентрация $1,13 \text{ мг/дм}^3$ в левом притоке р. Бол. Курумкан при одновременном повышении цветности воды, что указывает на его поступление с дождевым ливневым стоком с болот.

Биогенная составляющая представлена соединениями минерального азота (аммонийным и нитратным). Концентрации нитритного азота и минерального фосфора ниже предела обнаружения вследствие удаленности района исследования от населенных пунктов и отсутствия влияния хозяйственно-бытовой деятельности. Содержание ионов аммония и нитрат-ионов достаточно высокое для районов, незатронутых хозяйственной деятельностью: в среднем $0,19-0,60 \text{ мг/дм}^3$ и $0,57-1,38 \text{ мг/дм}^3$, соответственно. Для них характерны большой диапазон и короткопериодные колебания концентраций. Временная динамика выражена в повышении в осенний период (рис. 3).

Подобное распределение указывает на их поступление с поверхностно-почвенным стоком, короткопериодные колебания обусловлены ливневым характером дождей. Дополнительным источником поступления аммонийного азота служат небольшие сфагново-кустарничковые и сфагново-пушицевидные болота, сформированные за счет многолетней мерзлоты на пологих привершинных участках и в долинах рек, где скапливается и удерживается влага. Повышенное содержание нитратов можно объяснить пониженным потреблением их в условиях низких температур воды, и еще одним источником, очевидно, являются имеющиеся на территории пожарища. Исследования, проведенные на горячих водосборах горных рек в бассейне р. Ануй, свидетельствуют о длительном выносе нитратного азота с водосбора, огромном влиянии атмосферного переноса продуктов горения, в первую очередь оксидов азота, из отдаленных охваченных пожарами районов (Шестеркин, Шестеркина, 2002). Локальным антропогенным источником повышенного содержания и накопления нитратного азота может быть производство взрывов на выброс.

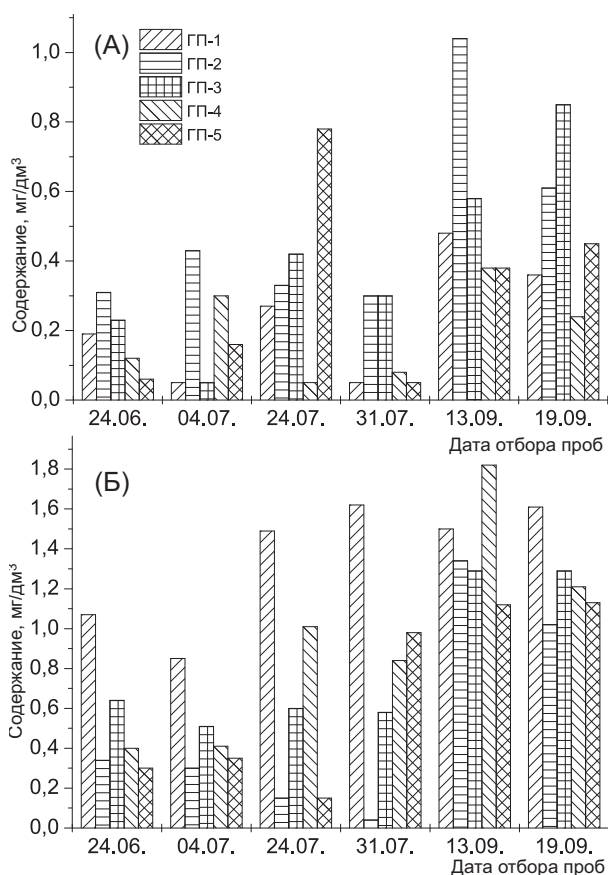


Рис. 3. Динамика содержания аммоний-иона (А) и нитратов (Б) в исследованных водотоках в 2011 г.

Наряду с солевым составом значительную роль в химическом составе вод междуречья Большого и Малого Курумкана играют органические вещества.

Содержание общего органического вещества (ОВ) в исследуемых водотоках оценивалось по величинам перманганатной (ПО) и бихроматной (БО) окисляемости, биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК₅) и цветности (Цв.). Соотношения между этими показателями широко известны и используются для установления генезиса и степени трансформации ОВ. Цветность характеризует водорастворимые окрашенные гумусовые соединения почв и болот, а ПО и БО, кроме того, бесцветные и малоокрашенные вещества, образующиеся в результате продукционно-деструкционных процессов. Отношение цветности (в градусах) к кислороду БО дает приближенное представление об относительном участии растворимых гумусовых соединений почв и болот в общем содержании ОВ в воде. Наименьшие значения характерны для малоцветных, а

наибольшие – для высокоцветных вод. Наиболее низкие отношения ПО/БО характерны для ОВ, легко разрушаемых биохимическим путем, наиболее высокие – для веществ, стойких в биохимическом отношении (Скопинцев, Гончарова, 1987).

Изучение сезонной динамики ОВ в водах исследованных рек показало, что их распределение носит неоднородный характер. После прохождения пика половодья и установления летней межени в конце июня 2011 г. содержание органических веществ в воде всех рек практически одинаково (БО–11–15 мгО/дм³) и не превышает ПДК_{р/х} для рыбохозяйственных водоемов (15 мгО/дм³ по БО). Величины отношения Цв./БО для р. Мал. Курумкан, правого и левого притоков р. Бол. Курумкан в этот период отличались незначительно и составляли 1,7–2,0, что характерно для малоцветных прозрачных вод горных водотоков с каменистым дном. Цветность рек Лев. и Бол. Курумкана выше, соответственно, значения отношения Цв./БО больше и равны 3,2 и 3,8. В летние месяцы с ростом температуры усиливается интенсивность микробиологического разложения ОВ, максимальное развитие получают микробиологические процессы в почвах, обеспечивающие поступление в реки с дождевым стоком водорастворимых органических соединений почвенного гумуса с ароматической структурой, преимущественно фенолсодержащих продуктов. Особенности гидрологического режима исследованных водотоков состоят в том, что максимальное количество осадков выпадает в июле-сентябре, ливневый характер дождей, быстрый подъем уровня воды и достаточно высокая заболоченность долин рек приводят к значительному привносу аллохтонных органических веществ, что приводит к резкому по-

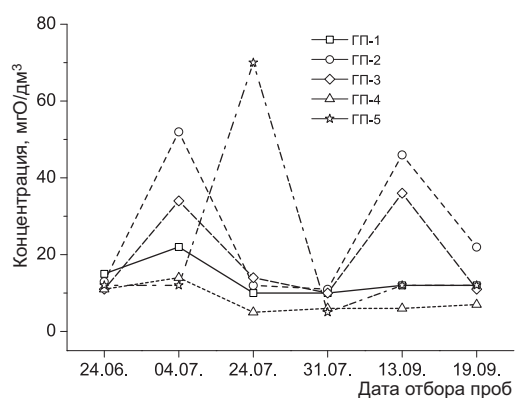


Рис. 4. Динамика концентраций БО в исследованных водотоках в 2011 г.

вышению цветности воды и бихроматной окисляемости (рис. 4). Так 4 июля 2011 г. во всех водотоках, за исключением Левого притока р. Бол. Курумкан, цветность воды увеличилась в 2–2,5 раза, а содержание БО в 1,2–4 раза, соответственно возросло соотношение Цв./ БО.

Высокие значения отношения ПО/БО (54–80 %) в этот период говорят о преобладании в составе БО соединений с ароматической структурой, преимущественно гумусовых веществ. Это подтверждает и одновременное увеличение в водах исследованных рек содержания железа, марганца, алюминия, меди, цинка, которые образуют комплексы с гумусо-

выми кислотами. Максимальные значения цветности (250°), бихроматной окисляемости (70 мгО/дм^3), железа ($1,13 \text{ мг/дм}^3$), марганца ($62,7 \text{ мкг/дм}^3$), алюминия ($657,5 \text{ мкг/дм}^3$), цинка ($38,5 \text{ мкг/дм}^3$) отмечены 24 июля 2011 г. для левого притока р. Бол. Курумкан. Второй подъем цветности и концентраций БО в речных водах зафиксирован 13 сентября 2011 г. В 2012 г. воды исследованных рек отличались повышенной окисляемостью, значения БО лежали в интервале $20\text{--}36 \text{ мгО/дм}^3$. Во время дождевых паводков наблюдается превышение ПДК_{р/х} БО в 1,5–4,7 раза. Затем с увеличением доли грунтовых (надмерзлотных) вод в питании цветность и окисляемость речных вод постепенно снижаются. В составе органических веществ начинают преобладать органические компоненты с алифатической структурой, характерные для фитопланктона и планктонного гумуса, образующегося в результате метаболической трансформации. С целью оценки содержания лабильных органических соединений (в основном продуктов жизнедеятельности водных организмов) и характеристики качества речных вод, определяли БПК₅ и отношение БПК₅/БО – биохимический коэффициент нестойкости БО. В поверхностных водах величины БПК₅ колеблются в пределах от 0,5 до $4,0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ и подвержены сезонным и суточным изменениям. Для исследованных водотоков величины БПК₅ практически не превышали $2,0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ – предельно допустимой концентрации легкоокисляемых БО. Отношения БПК₅/БО изменялись в пределах 0,01–0,14, что еще раз свидетельствует о преобладании в составе присутствующих БО стойких, биохимически устойчивых гумусовых веществ, преимущественно, терригенного происхождения. Такие воды характеризуются как чистые, содержание в них лабильного БО (ЛОВ) составляло 1–14 % общей его массы.

Повышенные значения БПК₅ ($2,0$ и $2,5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) и отношения БПК₅/БО (0,25–0,30) были отмечены 31 июля 2011 г. в р. Мал. Курумкан и правом притоке р. Бол. Курумкан, что обусловлено увеличением доли ЛОВ (до 25–30%) в воде этих рек в результате интенсификации продукционно–деструкционных процессов и, возможно, антропогенным приносом. По степени загрязнения эти участки рек в этот период относились к умеренно загрязненным.

Одними из наиболее распространенных загрязняющих органических веществ являются фенолы, нефтепродукты (НП), синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ). Их содержание в воде водных объектов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования лимитируется по органолептическому и санитарно-токсикологическому показателям.

В условиях природных водоемов фенолы образуются в результате биохимического распада аллохтонных и автохтонных органических веществ, метаболизма водных организмов. Фенолы – соединения нестойкие и подвергаются биохимическому и химическо-

му окислению. Процессы адсорбции фенолов донными отложениями и взвесями играют незначительную роль. Поэтому в незагрязненных или слабозагрязненных речных водах содержание фенолов как правило, не превышает $0,020 \text{ мг/дм}^3$. Содержание фенолов в поверхностных водах подвержено сезонным изменениям, аналогичным динамике ОВ. Однако, в летний период с повышением температуры воды увеличивается скорость распада образующихся фенольных соединений, и концентрация их снижается до следовых количеств. Так, в водах рек Мал. Курумкан, Бол. Курумкан, правом притоке Бол. Курумкана в июне-июле концентрация общих фенолов была ниже предела их обнаружения флуориметрическим методом ($0,0005 \text{ мг/дм}^3$). В сентябре для всех водотоков отмечено повышение содержания фенолов до $1,2\text{--}3,7 \text{ ПДК}_{\text{р/х}}$ ($0,001 \text{ мг/дм}^3$), что обусловлено низкими температурами воды и концентрированием за счет снижения уровня воды.

Понятие «нефтепродукты» в гидрохимии условно ограничивается только углеводородной фракцией (алифатические, ароматические, алициклические углеводороды), извлекаемой гексаном. На водосборах с малой антропогенной нагрузкой в речную сеть наибольшие количества НП поступают с поверхностным стоком, при использовании маломерного водного транспорта, а также с хозяйственно-бытовыми водами в районах расположения поселков. Некоторое количество углеводородов образуется в воде в результате прижизненных выделений растительными и животными организмами. Содержание естественных углеводородов в речных и озерных водах может колебаться от $0,01$ до $0,20 \text{ мг/дм}^3$ и определяется трофическим статусом водоема (Гидрохимические показатели..., 2007).

В результате протекающих в водоемах процессов испарения, сорбции, биохимического и химического окисления концентрация НП существенно снижается, особенно в летний период, при этом значительно меняется первоначальный химический состав НП. Происходит накопление наиболее растворимых и устойчивых низкомолекулярных ароматических углеводородов. В исследованных водотоках за период наблюдений содержание НП было невысокое, на уровне природного фона, и находилось в пределах $0,005\text{--}0,013 \text{ мг/дм}^3$, ниже $\text{ПДК}_{\text{р/х}}$ ($0,05 \text{ мг/дм}^3$).

СПАВ представляют собой обширную группу соединений, различных по своей структуре, относящихся к разным классам. Все СПАВ являются только техногенными загрязнителями и поступают в водные объекты с хозяйственно-бытовыми, промышленными сточными водами, а также со стоком с сельскохозяйственных угодий. Речные воды на исследованной территории практически не загрязнены СПАВ. Их содержание колебалось в пределах сотых долей мг/дм^3 и за весь период наблюдений не превышало $\text{ПДК}_{\text{р/х}}$ ($0,1 \text{ мг/дм}^3$).

Особенности геохимической обстановки территории определяют микроэлементный состав вод рек. В поверхностных водотоках, особенно в мелких ручьях, пересекающих геохимические аномалии или полностью расположенных в их пределах, отмечаются повышенные содержания многих элементов, в том числе и высокотоксичных тяжелых металлов (Буряк и др., 1993). В данном случае, в бассейне верхнего течения рек Малый и Большой Курумкан располагается медно-никелевое месторождение «Кун-Манье». Такие металлы как Fe, Mn, Cu, Ni, Al, Zn, Hg легко сорбируются почвами, образуя комплексы с гумусовыми соединениями и в виде органо-минеральных комплексов мигрируют с поверхностным стоком. На рис. 5 приведена динамика BO, Mn, Al, Zn, показывающая прямую корреляционную связь между содержанием ОВ и концентрацией металлов на пике дождевого паводка. В водах всех водотоков присутствует Си в количествах, превышающих $\text{ПДК}_{\text{р/х}}$ ($1,0 \text{ мкг/дм}^3$) в $1,2\text{--}5,2$ раза, причем за период наблюдений не отмечено резких колебаний его концентраций, в отличие от других металлов (табл. 2). Наименьшие концентрации Ni ($0,2\text{--}1,1 \text{ мкг/дм}^3$) определены в водах правого и левого притоков р. Бол. Курумкан, максимальные – в водах Мал. и Бол. Курумкана ($14,2$ и $24,8 \text{ мкг/дм}^3$, соответственно), превышение $\text{ПДК}_{\text{р/х}}$ ($10,0 \text{ мкг/дм}^3$) составило $1,4\text{--}2,5$ раза.

В летний период для вод всех исследуемых водотоков характерны невысокие содержания Mn, за исключением левого притока Бол. Курумкана. Максимальная за наблю-

Таблица 2

Содержание микроэлементов (мкг/дм³) в водах рек в районе месторождения «Кун-Манье» в 2011-2012 гг.

Элемент	ГП-1	ГП-2	ГС-2	ГП-3	ГП-4	ГП-5	ГС-3
Al	<u>63,4</u> 13,5–214,6	<u>135,6</u> 50,1–221,3	<u>142,5</u> 124,2–160,8	<u>63,4</u> 16,5–120,8	<u>39,2</u> 28,5–51,6	<u>146,3</u> 12,6–657,5	<u>85,8</u> 28,2–143,3
Ba	<u>9,1</u> 6,0–12,2	<u>10,3</u> 5,5–15,8	<u>10,0</u> 8,0–12,0	<u>14,3</u> 11,7–18,1	<u>8,7</u> 4,7–13,8	<u>12,0</u> 3,5–28,7	<u>11,2</u> 10,3–12,0
Mn	<u>8,7</u> 0,6–20,8	<u>5,8</u> 0,8–16,5	<u>2,0</u> 1,9–2,2	<u>1,5</u> 0,6–3,6	<u>0,6</u> 0,3–1,2	<u>13,4</u> 0,1–62,7	<u>0,6</u> 0,5–0,8
Cr	<u>0,5</u> 0,2–0,8	<u>0,3</u> 0,1–0,5	<u>0,2</u> 0,2–0,3	<u>0,3</u> 0,1–0,4	<u>< 0,1</u> < 0,1–0,2	<u>0,2</u> < 0,1–0,7	<u>0,2</u> < 0,1–0,3
Co	<u>0,31</u> 0,06–0,62	<u>0,24</u> 0,09–0,47	<u>0,16</u> 0,14–0,17	<u>0,17</u> 0,04–0,39	<u>0,06</u> 0,03–0,08	<u>0,19</u> 0,02–0,86	<u>0,08</u> 0,05–0,10
Ni	<u>7,6</u> 4,4–14,2	<u>2,4</u> 1,2–3,7	<u>2,7</u> 2,3–3,1	<u>13,0</u> 3,6–24,8	<u>0,5</u> 0,2–0,9	<u>0,5</u> 0,2–1,1	<u>3,8</u> 2,0–5,6
Cu	<u>2,7</u> 2,0–3,3	<u>3,2</u> 2,0–4,3	<u>3,0</u> 2,7–3,2	<u>3,6</u> 2,3–5,2	<u>2,2</u> 1,2–3,0	<u>2,2</u> 0,7–4,8	<u>2,8</u> 1,8–3,7
Zn	<u>14,0</u> 1,3–27,3	<u>6,3</u> 2,0–13,9	<u>15,1</u> 11,0–19,1	<u>11,8</u> < 1,0–34,6	<u>10,7</u> 1,5–29,2	<u>13,7</u> 2,3–38,5	<u>7,4</u> 4,5–10,2
Cd	<u>0,02</u> < 0,01–0,10	<u>0,02</u> < 0,01–0,04	<u>0,03</u> < 0,01–0,05	<u>0,25</u> < 0,01–1,73	<u>0,02</u> < 0,01–0,07	<u>0,07</u> < 0,01–0,12	<u>0,09</u> < 0,01–0,18
Pb	<u>0,38</u> < 0,01–2,9	<u>0,12</u> < 0,01–0,90	< 0,01	<u>0,02</u> < 0,01–0,19	< 0,01	<u>0,07</u> < 0,01–0,40	< 0,01
Hg	<u>0,03</u> < 0,01–0,16	<u>0,02</u> < 0,01–0,11	<u>0,10</u> < 0,01–0,19	< 0,01	< 0,01	<u>0,02</u> < 0,01–0,09	< 0,01

Примечание. Над чертой – средние значения, под чертой – пределы изменения концентраций.

даемый период концентрация Mn – 62,7 мкг/дм³ (6,3 ПДК_{р/х}) зафиксирована в воде этого притока 24 июля 2011 г. В сентябре произошло повышение содержания марганца в водах рек Мал. и Лев. Курумкана, что, вероятно, обусловлено усилением влияния надмерзлотных вод в их питании. Закономерности в сезонном распределении концентраций Zn в воде рек не выявлено. В отдельные отборы превышение ПДК_{р/х} Zn составило от 1,4 до 3,8 раз. Найденные содержания Ba составили 3,5–28,7 мкг/дм³, заметно повышаясь в дождевые паводки, средние значения не превышают 15 мкг/дм³ (табл. 2).

Обращает на себя внимание алюминий, для которого зафиксированы самые высокие концентрации по сравнению с другими металлами. Al – один из наиболее распространенных элементов Земной коры, где он находится, главным образом, в виде алюмосиликатных минералов. Основным естественным источником поступления его в поверхностные воды являются процессы химического выветривания этих минералов. Интервал колебаний содержания Al в водах рек составил от 13,5 до 657,5 мкг/дм³ (табл. 2), особенно выделяется Лев. Курумкан, в воде которого наблюдалось постоянное превышение ПДК_{р/х} (40 мкг/дм³) алюминия.

Пристального внимания заслуживает и ртуть. Ртуть характеризуется высокой интенсивностью вовлечения в водную миграцию, активно поглощается земной растительностью и бурными водорослями, легко сорбируется почвами, образуя комплексы с гуминовыми кислотами, отличается высокой токсичностью даже при низких содержаниях для любых форм жизни. В условиях длительного воздействия (8-10 лет и более) вредное влияние ртути может проявиться даже при малых содержаниях (на уровне ПДК или выше). Во многих горных ручьях и реках ртуть в виде киновари встречается в современных речных отложениях (шлихах), особенно в местах распространения россыпей золота и его шлиховых оре-

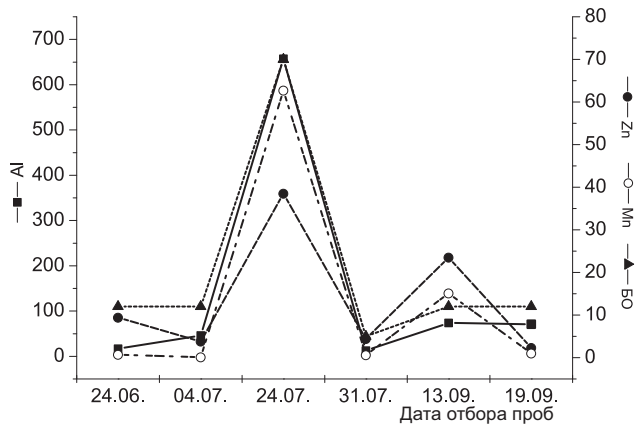


Рис. 5. Динамика концентраций Al, Mn, Zn (мкг/дм³) и БО (мгО/дм³) в левом притоке р. Большой Курумкан (ГП-5).

олов (Буряк и др., 1993). В басс. р. Большой Чайдах (правый приток р. Май) старателями отрабатывается золотоносная россыпь. База старателей располагается в 40 км к западу от месторождения. В период июльского паводка в водах рек Мал. Курумкан, Лев. Курумкан, Левом притоке р. Бол. Курумкан концентрация ртути была максимальной и превышала ПДК_{р/х} (0,01 мкг/дм³) в 9–19 раз. В Лев. Курумкане ртуть фиксировалась до конца срока наблюдений от 3 до 11 ПДК_{р/х}. В воде р. Бол. Курумкан и его правом притоке содержание ртути было ниже предела обнаружения (табл. 2).

Концентрации таких токсичных металлов как хром, кобальт, кадмий, свинец в водах исследованных водотоков были невысокие, в основном, сотые и десятые доли мкг/дм³ и не превышали ПДК_{р/х} за весь период наблюдений (табл. 2).

Рыбохозяйственные нормативы более жесткие по сравнению с предельно допустимыми концентрациями (ПДК_{х/п}) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, поэтому из всех рассмотренных металлов только для Al в трех случаях зафиксировано превышение от 1,1 до 3,3 ПДК_{х/п}; в одном случае для Ni (1,2 ПДК_{х/п}) и Cd (1,7 ПДК_{х/п}).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование химического состава воды рек в пределах месторождения «Кун-Манье» на современном этапе определяется природными факторами. Нарушенность рельефа локально, эпизодически влияет на содержание взвешенных веществ. Антропогенное влияние в результате локальных пожаров и за счет атмосферного переноса проявляется в повышенном содержании нитратного азота в водах рек. Особенности геохимической обстановки территории определяют микроэлементный состав воды рек. Качество воды исследованных водотоков по гидрохимическим показателям в период летней межени удовлетворяет нормативам хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Превышение рыбохозяйственных нормативов в этот период отмечено только по содержанию меди, эпизодически алюминия и цинка. В дождевые паводки и осеннюю межень по отдельным показателям (цветность, окисляемость, железо, фенолы, алюминий, марганец, никель, медь, цинк, ртуть) в некоторых водотоках наблюдается несоответствие как рыбохозяйственным нормативам, так и нормативам хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

ЛИТЕРАТУРА

Буряк В.А., Рянский Ф.Н., Хмелевская Н.М. 1993. Геохимическая специализация как основа при медико-биологическом и эколого-ландшафтном районировании (на примере Азиатско-Тихоокеанского региона). Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН. 76 с.

Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. 2007. Справочные материалы. М.: Форум: Инфра-М. 192 с.

- Иванов А.В., Власов Н.А. 1974.** Влияние криогенных процессов на формирование гидрокарбонатно-натриевых вод // Гидрохим. материалы. Л.: ГИМИЗ. Т. 61. С. 56–61.
- Скопinceв Б.А., Гончарова И.А. 1987.** Использование значений отношений различных показателей органического вещества природных вод для его качественной оценки // Современные проблемы региональной и прикладной гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат. С. 95–117.
- Шварцев С.Л. 1998.** Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: Недра. 366 с.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2002.** Влияние крупных лесных пожаров на гидрохимический режим таежных рек Приамурья // География и природные ресурсы. № 2. С. 47–52.