

ГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

1

ОСНОВАН В ЯНВАРЕ 1980 г.
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

ЯНВАРЬ

2001

МАРТ

Главный редактор
академик
В. В. ВОРОБЬЕВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Канд. геогр. наук *А. Н. Антипов*, чл.-кор. РАН *А. Г. Бабаев*, канд. геогр. наук *О. И. Баженова* (ответственный секретарь), чл.-кор. РАН *П. Я. Бакланов*, чл.-кор. РАН *В. Т. Балобаев*, канд. геогр. наук *А. В. Белов*, канд. геогр. наук *В. В. Буфал*, д-р геогр. наук *Ю. И. Винокуров* (заместитель главного редактора), д-р геогр. наук *Б. М. Ишмуратов*, д-р геогр. наук *Л. М. Корытный*, акад. *В. М. Котляков*, д-р геол.-мин. наук *В. С. Кусковский*, д-р биол. наук *Л. И. Мальшев*, канд. техн. наук *В. Я. Мангазеев*, чл.-кор. РАН *Е. В. Пиннекер*, чл.-кор. НАН Украины *Л. Г. Руденко*, д-р геогр. наук *Ю. М. Семенов*, чл.-кор. РАН *В. А. Снытко* (заместитель главного редактора), д-р геогр. наук *А. К. Тулохонов*, чл.-кор. РАН *Г. И. Худяков*

Адрес редакции: 664033 Иркутск, а/я 4027,
Институт географии СО РАН, тел. 46-24-22.

СОДЕРЖАНИЕ

Коломыш Э. Г. Моносистемная организация ландшафта (опыт регионального эмпирического моделирования)	5
Нечаева Е. Г. Ландшафтно-геохимическое районирование Азиатской России	12
Васильев С. Н. Системно-информационное обеспечение решения проблем сохранения экосистемы озера Байкал и развития Байкальского региона	18
Беркович К. М. Реакция речных русел на их механические нарушения	25

Охрана окружающей среды

Горохов А. Н. Ландшафтный анализ склоновых парагенетических комплексов для решения экологических проблем	32
Чечель А. П. Оценка освоенности и загрязнения природной среды бассейна озера Байкал (в пределах Читинской области)	36
Воротников Б. А., Кусковский В. С. Эколого-геохимическое состояние природных вод Новосибирского водохранилища	41
Савенко В. С. Олово как геохимический индикатор антропогенного загрязнения атмосферы	47
Напрасникова Е. В. Биодиагностика почв антропогенных геосистем	55

Исследования в бассейне Байкала

Трофимсва И. Е. Методические аспекты оценки качества воздушного бассейна Байкальской котловины	60
Евстропьева О. В., Рященко С. В., Снытко В. А. Рекреационное районирование южного Прибайкалья	67
Андреев С. Г., Тулохонов А. К., Наурзбаев М. М. Региональные закономерности изменчивости прироста сосны в степной зоне Бурятии	73

*Региональные проблемы изучения природы
и использования природных ресурсов*

Вехов Н. В. Промысловые ресурсы архипелага Земля Франца-Иосифа, их эксплуатация в прошлом и современное состояние	79
Хорошев А. В. Химический состав поверхностных вод бассейна реки Баксан (Центральный Кавказ)	85
Ершов Ю. П. Почвенно-земельные ресурсы Красноярского края	89
Лещиков Ф. Н. Режим влажности грунтов сезоннопромерзающего слоя в Приангарье	97
Немчинов В. Г., Савинова В. В. Палеогеография плиоцена юго-восточной части Восточного Саяна	102

Социально-экономические вопросы географии

Сысоева Н. М. Влияние потенциала спроса на пространственную структуру сельскохозяйственного производства Прибайкальского региона в переходный период	106
Абрамов Б. Н., Фалейчик Л. М., Черняховский В. В. Прогноз обеспеченности запасами угля и территориальная структура его потребления в Читинской области	112

Методика научных исследований

Кармазин Г. А. У. Разработка денцифровочных признаков для космических фотоснимков с целью составления карт лесов Сибири	118
Киселева Е. В. Циклическая изменчивость радиального прироста ели европейской и внутри-вековая динамика климата	120
Блакберн А. А. О методах расчета баланса тяжелых металлов на водосборной площади	125

Географические исследования за рубежом

Уфимцев Г. Ф. Геоморфологические наблюдения в Непале	129
Краснопеков Ю. Н. Особенности функционирования и защитная роль лесов Монголии	135

История науки

Гарашенко А. В. Ленинградский период научного творчества Виктора Борисовича Сочавы	143
Богоявленский Б. А. Витимский государственный заповедник (по материалам комплексной экспедиции)	149

Обзоры и рецензии

Корытинский Л. М. О воде — всё и для всех	159
Сыгьтко В. А. Новое фундаментальное издание по геохимии ландшафта	160

Хроника, информация

Сыгьтко В. А., Семенов Ю. М. Седьмые научные чтения памяти академика В. Б. Сочавы	161
Корытинский Л. М. Проблемы водных ресурсов в регионе, в стране, в мире	162
Баженова О. И. Геоморфология на рубеже веков	163
Данько Л. В., Буянтүев А. Б., Кузьмин С. Б. Сибирский геоэкологический семинар	164

Памяти ученых

Академик Григорий Иванович Галазий (1922–2000)	166
Академик Игорь Петрович Дружинин (1929–2000)	167

- Чапский К. К. Краткий исторический анализ современного состояния запасов моржа в Баренцевом и Карском морях // Пробл. Арктики. — 1939. — № 3.
- Назаренко Ю. И. Моржи на островах Земли Франца-Иосифа // Природа. — 1980. — № 1.
- Environmental studies from Franz-Josef Land, With emphasis on Tikhaia Bay, Hooker Island / Ed. I. Gjertz. B. Moekved. — Oslo: Norsk Polar Institutt Arbok, 1992. — Meddelelser № 120.
- Knutsen L. O. Walrus studies in the Franz-Josef Land archipelago during August 1992 // Results from scientific cruises to Franz-Josef Land. — Oslo: Norsk Polar Institutt Arbok, 1993. — Meddelelser № 126.
- Wigg O., Boltunov A. Marine mammals // The FRAM anniversary cruise to Zemlja Franz-Josef 23 August — 5 September 1996: Final cruise report from the Norwegian Polar Institute. — Oslo: Norsk Polar Institutt Arbok, 1997. — Meddelelser № 149.

Российский научно-исследовательский институт культурного и природного наследия Минкультуры РФ и РАН, Москва

*Поступила в редакцию
13 мая 1999 г.*

ИДК 911.2:550.4(470.64)

А. В. ХОРОШЕВ

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАСЕЙНА РЕКИ БАКСАН (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАВКАЗ)

Бассейн р. Баксан издавна привлекает исследователей необычайным разнообразием природных условий на сравнительно небольшой территории и характерен для Центрального Кавказа. Подробное географическое изучение района осуществляется уже в течение полутора веков [1], но ряд проблем решен слабо, что связано с недостаточной информацией об отдельных компонентах ландшафта. К ним числу следует отнести химический состав поверхностных вод.

Гидрохимическая обстановка в бассейне Баксана подробно изучалась только в верховьях реки в отношении питания при выполнении программы исследований оледенения Эльбруса [2]. Опробование и анализ вод Баксана и некоторых крупных его притоков в разных участках долины осуществлялись при изучении влияния горных пород Кавказа на состав поверхностных вод [3].

В ходе полевых исследований в 1990–1994 гг. автором получены гидрохимические данные, достаточно полно характеризующие все разнообразие ландшафтной структуры горной части бассейна Баксана и позволяющие выполнить гидрохимическое районирование и оценку качества поверхностных вод. Отобрано и исследовано 158 проб в Баксане, практически во всех его притоках первого порядка, а также в притоках второго порядка в высокогорной и среднегорной частях долины в период весеннего половодья. В 13 водотоках образцы отбирались повторно в период зимней межени. Пробы из Баксана отбирались в один день в течение двух часов с шагом 10 км, и в тот же день определялось содержание основных ионов по стандартным методикам в полевых условиях, а натрия и калия — методом пламенной фотометрии в лаборатории. При обработке результатов использовалась классификация природных вод по химическому составу О. А. Алекина [4]. Полученный материал позволил выявить связи химизма поверхностных вод с ландшафтной структурой территории [5].

Установлено несколько уровней гидрохимических контрастов, которые могут быть объяснены при сопоставлении их с уровнями организации ландшафтной структуры. Наиболее яркий контраст наблюдается между частями бассейна, расположенными выше и ниже г. Тырныауза. За этим рубежом, примерно соответствующим границе высокогорного и среднегорного ярусов, сумма основных ионов в притоках Баксана возрастает от 200 мг/л и менее до значений выше 500 мг/л.

В пределах высокогорья на общем фоне низкой минерализации четко разделяются водотоки с суммами ионов менее 100 мг/л и от 100 до 220 мг/л — соответственно очень малой и малой минерализации. В водотоках первой группы, область питания которых находится на склонах Эльбруса или Главного Кавказского хребта, среди катионов всегда преобладает кальций, а среди анионов — либо гидрокарбонат-ион, либо хлорид-ион. Воды Бокового хребта всегда только гидрокарбонатные каль-

циевые. Жесткость вод очень малой минерализации не превышает 1 мг·экв/л, что ниже оптимума для питьевого использования.

Водотоки с малой минерализацией характеризуются более разнообразным соотношением преобладающих катионов. Встречаются не только кальциевые воды, но также магниевые и натриевые, их жесткость может достигать 3,5 мг·экв/л, хотя обычно находится в пределах 1,5–3,0 мг·экв/л. Магниевые и натриевые воды при этом образуют очень компактные ареалы распространения: первые — на склонах массивов Иткол и Чегет, а вторые — в пределах массивов Гарабаши и Терскол, что свидетельствует о влиянии узколокальных факторов. Соотношение анионов в водах малой минерализации более однообразное, чем в первой группе — всегда резко преобладает гидрокарбонат-ион. Содержание его при этом настолько низкое, что во многих водотоках обуславливает карбонатную агрессивность по отношению к бетону, снижая его долговечность.

В водах Баксана прослеживается четкая закономерность в изменении соотношения анионов. От истока к месту пересечения Бокового хребта в районе Тырнауза доля хлорид-иона монотонно убывает от 40 до 20 %-экв, причем соотношение анионов в пределах высокогорья остается переходным от морского типа к континентальному, т. е. $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$. Отношение Na^+ к Cl^- во время летнего половодья довольно узкое — 0,1–0,3, но в зимний период оно может расширяться до 2,7, например в р. Терскол, аналогичной по своему составу и типу питания р. Бол. Азау — основному истоку Баксана. Такое изменение показателя Na^+/Cl^- фиксирует существенную смену источников питания по сезонам.

В среднегорной части бассейна Баксана ниже Тырнауза резко преобладают воды повышенной минерализации с суммой основных ионов 500–1000 мг/л, нередки и воды высокой минерализации, по ПДК не пригодные для питьевого использования. Встречаются гидрокарбонатные кальциевые, гидрокарбонатные магниевые и сульфатные кальциевые воды. Последние характерны для ряда ручьев Былымской котловины и левых притоков Баксана в районе Тырнауза (Бол. и Мал. Мукулан), имеют наиболее высокие значения суммы ионов (до 2000 мг/л) и общей жесткости (до 18 мг·экв/л), что делает их непригодными для питьевого использования и требует учета сульфатной агрессивности к бетону. Кальциевые и магниевые воды имеют различные ареалы распространения: магниевые встречаются преимущественно в притоках Баксана между Тырнаузом и Былымом, кальциевые — в более широком ареале.

Характерной особенностью многих водотоков среднегорной части бассейна Баксана, особенно в Былымской котловине, является повышенное содержание углекислоты (выше 15 мг/л), что придает водам агрессивность. Соотношение анионов в водах среднегорья типично континентальное: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$. Воды средней и малой минерализации (менее 500 мг/л) в пределах среднегорья свойственны только транзитным рекам, берущим начало в высокогорье (Баксан, Кестанты, Гижгит, Герходансу). Химический состав вод этих рек от истока к устью достаточно стабилен (изменения в основном количественные), как и принадлежность их к гидрокарбонатному кальциевому классу и категории маломинерализованных.

Выявленные закономерности находят объяснение при анализе ландшафтной структуры бассейна Баксана. Основное различие высокогорной и среднегорной частей долины, обуславливающее резкий скачок минерализации, заключается в структуре высотной зональности. Наличие гляциально-нивальная зоны в высокогорье является причиной преобладания ледникового питания над подземным в период летнего половодья и низкой минерализации. В среднегорье абсолютные высоты не достигают снеговой границы, и поэтому реки получают преимущественно подземное питание. Высокая минерализация объясняется более высокой, чем в кристаллических породах высокогорья, растворимостью распространенных в среднегорье осадочных пород.

Относительно низкий уровень деления водотоков по сумме ионов в высокогорье связан с различными типами питания. Реки, берущие начало в ледниках Эльбруса, Главного и Бокового хребтов, характеризуются очень малой минерализацией. Малой минерализацией характеризуются обычно мелкие ручьи и подземного питания. В среднегорье же ледниковое питание имеют только транзитные реки, истоки которых находятся в высокогорье, — именно они отличаются от большинства водотоков суммой ионов менее 500 мг/л.

Самый низкий уровень разнообразия водотоков обусловлен влиянием различных факторов в зависимости от преобладающего типа питания. Основное различие рек ледникового питания в высокогорье заключается в содержании хлорид-иона. Наиболее высокое его содержание в реках, истоки которых приурочены к ледникам Эльбруса или Главного хребта, объясняется воздействием западного переноса в режиме свободной атмосферы на высоте свыше 3000 м, где сказывается влияние морских солей, выпадающих с твердыми осадками [2].

Ледники Бокового хребта изолированы от влияния морских солей гигантским вулканическим конусом Эльбруса, поэтому содержание хлорид-иона в реках здесь существенно ниже, а воды хлоридного класса не встречаются. По мере удаления от истоков и впадения многочисленных притоков

земного питания доля ледниковых вод в Баксане сокращается, что и объясняет постепенное снижение содержания хлорид-иона в водах.

Пространственное распределение повышенных содержаний хлорид-иона в бассейне Баксана не подтверждает вывод П. П. Куцевой и Г. С. Коновалова [3] о зависимости этого явления исключительно от особенностей вулканических пород. Такой вывод сделан при сопоставлении данного объекта с известными бассейнами Западного Кавказа, находящимися на разном расстоянии от Черного моря. Такое уменьшение соотношения Na^+ и Cl^- от зимней межени к летнему половодью, приуроченному к таянию ледников, также доказывает связь хлорид-иона с морскими солями, оседающими на поверхности ледников, также доказывает связь хлорид-иона с морскими солями, оседающими на поверхности ледников. Возможен и иной источник поступления натрия в воды. Таким образом, основным источником хлорид-иона в бассейне Баксана следует считать осадки, питающие ледники из морских воздушных масс.

В высокогорных водотоках, имеющих круглый год подземное питание, ведущим фактором дифференциации химического состава является различие горных пород. С вулканическими породами Приэльбрусского пояса связан ареал натриевых вод с повышенным содержанием сульфат-иона. К району распространения амфиболитов и биотитовых сланцев на массиве Иткол приурочены магниевые воды. Воды магнетитового типа связаны с массивами гранитов и мусковитовых кристаллических сланцев, а те из них, которые дренируют гранитные породы Бокового хребта, характеризуются повышенным содержанием калия. Эти данные согласуются с особенностями химического состава горных пород Приэльбрусья [6]. Их сравнительно низкая растворимость в сочетании с преобладанием пролонгированного водного режима и сильной выщелоченностью почв в условиях горно-луговой и горно-лесной зон высокогорья способствует более низкой, чем в среднегорье, минерализации вод, имеющих подземное питание.

В среднегорье наиболее существенным фактором дифференциации химического состава водотоков также являются горные породы. Это объясняется широким распространением здесь горно-ландшафтов с непромывным водным режимом, на фоне которого особенно ярко выражены геохимические различия. Воды с очень высокой концентрацией сульфат-иона, уголекислоты, кальция и магния связаны с наличием прослоев угля среди среднеюрских песчаников и глинистых сланцев в Былымской котловине. В водах, вытекающих из заброшенных штолен, концентрация сульфат-иона — до 1600 мг/л, уголекислоты — до 3000 мг/л при $\text{pH} = 4,2$, в то время как обычно в бассейне Баксана реакция поверхностных вод нейтральная или слабощелочная.

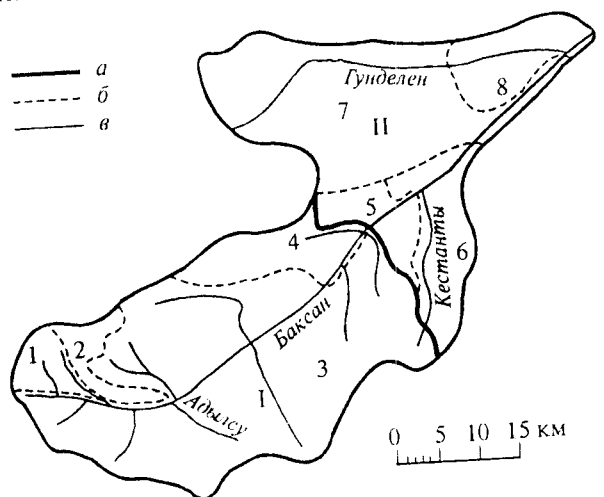
Магниевые воды свойственны водотокам, просачивающимся из-под пласта нижнеюрского песчаника, несогласно залегающего на протерозойских кристаллических сланцах. Воды, дренирующие среднеюрские переслаивающиеся пласты песчаников и глинистых сланцев, относятся обычно к кальциевому типу. Несколько менее минерализованные кальциевые воды характерны для массивов известняков среднеюрского и верхнеюрского возраста, слагающих Скалистый хребет. В долине Гунделена, разделяющей Скалистый и Меловой хребты, вновь появляются сульфатные кальциевые воды, что, вероятно, объясняется наличием прослоев гипсов.

Особым фактором дифференциации химического состава поверхностных вод в бассейне Баксана следует считать антропогенную деятельность, с которой связаны резкие аномалии содержания ряда элементов. Так, при разработке Тырнаузского вольфрамо-молибденового месторождения вскрываются контактные породы на границе гранитных интрузий и девонских известняков. В результате воды в этом месте, причем типичный для района гидрокарбонатный класс сменяется сульфатным, воды приобретают такие неблагоприятные для хозяйственного использования свойства, как сульфатная агрессивность и высокая общая жесткость.

Локальная антропогенная аномалия содержания натрия с переходом вод из кальциевого в не-

Гидрохимическая схема горной части бассейна реки Баксан.

Гидрохимические районы: 1 — Терскольский, 2 — Итколский, 3 — Верхнебаксанский, 4 — Тырнаузский, 5 — Гижитский, 6 — Былымский, 7 — Скалистый, 8 — Гунделенский; а, б — границы: а — физико-географических провинций (I — Западная высокогорная, II — Северо-Кавказская куэст), б — гидрохимических районов; в — крупнейшие водотоки.



Химический состав поверхностных вод бассейна реки Баксан

Гидрохимический район	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Сумма ионов, мг/л	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ , мг экв/л	Преобладающие класс, тип и группа вод
	мг/л									
<i>Западная высокогорная провинция</i>										
Герсольский	50-100	10-40	4-20	8-14	1-13	7-15	2-3	0,4-1,8	70-200	C-Ca I
Итколский	100-130	10-20	18-20	20-35	12-18	2-4	2-4	2,0-3,0	175-220	C-Mg III
Верхнебаксанский	25-70	4-20	2-8	4-12	1-4	1-3	1-2	0,3-0,8	30-150	C-Ca I
Тырныаузский	60-180	10-80	4-400	12-145	4-24	3-35	1-6	1,0-9,2	100-800	C,S-Ca II
<i>Северо-Кавказская провинция куэст</i>										
Гижитский	240-630	10-18	16-110	40-84	27-72	4-52	0-18	4,2-10,0	370-890	C-Mg II,I
Былымский	200-500	30-70	50-1600	60-200	15-90	10-200	3-10	5,0-18,0	500-1900	C-Ca II
Скалистый	100-250	8-15	8-27	50-60	8-15	4-13	2-5	3,7-4,1	320-370	C-Ca II
Гуцеленский	60-168	16-45	30-850	35-180	5-30	5-7	2-4	3,0-9,0	175-1200	S-Ca II

Примечание. Класс вод: С — гидрокарбонатный, S — сульфатный; тип вод: Ca — кальциевый, Mg — магниевый; группа вод: I — $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, II — $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} > \text{HCO}_3^-$, III — $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} > \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$.

типичный для среднегорья натриевый тип возникла в Былымской котловине, где расположено хвостохранилище горнообогатительного комбината. Насыщение натрием дренирующих его ручьев объясняется использованием соды в процессе обогащения руды. Антропогенное влияние выступает как фактор очень высокого порядка, маскирующий литогеохимические и ландшафтные различия.

В высокогорной части бассейна Баксана проявляется повышенное содержание натрия естественного происхождения на общем фоне слабоминерализованных мягких вод, сопоставимое по яркости с антропогенными аномалиями. Оно связано с выходом ряда минеральных источников с сильноминерализованными (около 1700 мг/л) водами гидрокарбонатного натриевого состава с содержанием углекислоты 300 мг/л. Высокое содержание натрия, по всей видимости, как и на массивах Гарабаши и Терскол, подтверждает связь этого элемента с вулканической деятельностью Эльбруса.

По результатам исследования составлена карта гидрохимических районов горной части бассейна р. Баксан (см. рисунок), выделенных по ареалам распространения вод одного класса и сходной минерализации, дана характеристика поверхностных вод (см. таблицу). Сопоставление гидрохимического районирования с физико-географическим [1] показывает, что химический состав поверхностных вод четко коррелирует с ландшафтной структурой территории. Границы районов достаточно близки, а гидрохимическое районирование является более дробным. Самый высокий уровень дифференциации вод по химическому составу с резким скачком минерализации приурочен к зоне перехода из Западной высокогорной провинции в Северо-Кавказскую провинцию куэст. Тырныаузский и Былымский физико-географические районы подразделяются каждый на два, а Эльбрусский — на три гидрохимических района. В целом гидрохимическое районирование согласуется с физико-географическим, а также с иерархией его единиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Петрушина М. Н. Ландшафты бассейна р. Баксан // Природопользование Приэльбрусья. — М., 1992.
- Блинова В. Л. Химизм ледниковых вод // Оледенение Эльбруса. — М., 1968.
- Куцева П. П., Коновалов Г. С. Влияние состава пород бассейна на химический состав речных вод Северного Кавказа // Изв. АН СССР. Сер. геогр. — 1975. — № 2.
- Алехин О. А. Основы гидрохимии. — Л., 1970.
- Хорошев А. В. Оценка устойчивости геосистем бассейна р. Баксан (Центральный Кавказ): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — М., 1997.
- Назаров А. Г. Геохимия высокогорных ландшафтов. — М., 1974.

Московский государственный университет

Поступила в редакцию
18 ноября 1999 г.