

ГИДРОХИМИЯ МАЛЫХ ТАЕЖНЫХ РЕК ПРИАМУРЬЯ

В.П. Шестеркин

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

Дана характеристика химического состава вод таежных рек российской части бассейна Амура. Наименьшие значения минерализации отмечены в водах рек дренирующих граниты, максимальные – в водотоках рудопоявления и месторождения цветных и черных металлов, проявления доломитов и известняков, в районах выходов минеральных вод.

HYDROCHEMISTRY OF THE SMALL TAIGA RIVERS OF THE AMUR RIVER BASIN

V.P. Shesterkin

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

The chemical composition of the taiga rivers of the Russian part of the Amur River basin is considered. The minimum value of mineralization was in the rivers draining granites, maximum one – in the rivers draining deposits of ore, ferrous and non-ferrous metals, dolomites and limestones, and in the outlets of mineral water.

Таежный тип растительности занимает значительные пространства в бассейне Амура, в западной части которого наибольшее развитие получили лиственничные леса, в восточной – пихтово-еловые леса (Карта растительности..., 1968).

Мониторинг Росгидромета на малых таежных реках отсутствует, информация о химическом составе вод приведена в редком количестве публикаций (Мордовин и др., 2006; Луценко и др., 2013 и др.), на основе которых и материалов автора сделан настоящий обзор.

Результаты и обсуждение

Характерной особенностью таежных рек является удовлетворительный кислородный режим, сезонную динамику которого определяют биохимические процессы. Высокой концентрации газа способствуют низкая температура и аэрация вод из-за высокой скорости течения и порогов. В летнюю межень концентрация кислорода превышает 9,0 мг/дм³, в зимнюю межень – 6,0 мг/дм³.

Реки **Буреинского нагорья** (хр. Турана, Дуссе-Алинь и др.), сформированного интрузивными породами разного состава и возраста, характеризуются низким содержанием основных ионов (табл.). Минерализация вод редко превышает 20 мг/дм³ (Мордовин и др., 2006; Шестеркина и др., 2008). Более высокие значения отмечаются в водах рек Нижний Мельгин и Сектагли, дренирующих карбонатные породы. Максимальные концентрации наблюдаются зимой (50–100 мг/дм³), редко весной, когда из снежного покрова соли мигрируют с первыми порциями талых вод. По классификации О.А. Алекина (1970) воды рек относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция, I типу. Реакция pH нейтральная. Более низкие значения отмечаются в половодье и паводки, когда с поверхности водосбо-

Таблица

**Средний химический состав вод малых таежных рек российской части бассейна Амура
в период открытого русла**

	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	Fe _{вал.}	ПО	М
Таежные реки Буреинского нагорья	0,8	1,8	0,6	1,3	0,8	0,32	0,08	-	11,3	14,0
Таежные реки Южного Забайкалья	-	6,3	1,4	3,9	5,1	-	-	0,14	19,4	39,3
Таежные реки западного склона Буреинского хребта	2,1	6,9	2,4	0,9	3,2	0,31	0,10	0,25	9,2	47,3
Таежные реки северного Сихотэ-Алиня	1,3	4,3	1,6	0,7	4,8	0,07	1,61	0,06	5,2	33,2
Таежные реки Нижнего Приамурья	2,5	4,2	1,7	1,3	2,3	0,36	0,10	0,43	12,4	34,0
Таежные реки в районах рудопоявлений меди и железа	3,6	10,1	2,3	1,0	13,0	0,31	0,09	0,49	-	71,0
Таежные реки в районе Вяземского проявления известняков	3,6	7,7	4,0	1,0	10,9	0,22	0,05	0,61	-	73,6

ров в русловую сеть поступают органические вещества: в мае 2013 г. в водах рек Правая и Левая Буря величины рН достигали 4,37.

Содержание биогенных и органических веществ в водах таежных рек в основном определяется процессами разложения (биохимическими, микробиологическими и др.) органического вещества (ОВ) в почвенном и растительном покрове и последующим поступлением продуктов разложения в русловую сеть. Поэтому их концентрации, по сравнению с основными ионами, варьируют в широких пределах. Наиболее заметны сезонные различия в содержании аммонийного азота, фосфора, железа и ОВ, повышенные значения которых отмечаются в паводки и половодье, а минимальные – в межень. Наряду с общими закономерностями в поведении этих веществ наблюдаются свои особенности, зависящие от наличия на водосборе гарей, болот, осыпей и др.

Наибольшее влияние подстилающей поверхности проявляются в содержании аммонийного азота, которое зимой редко превышает 0,1 мг N/дм³, весной с поступлением талых снеговых вод в русловую сеть возрастает, после половодья постепенно снижается, достигая при самых низких уровнях воды минимальных за лето значений. В летнюю межень содержание аммонийного азота в воде иногда превышает 0,39 мг N/дм³. Летне-осенние паводки, вызываемые циклонической деятельностью, вызывают новое увеличение его содержания в воде, нередко превышающее значение ПДК в 2 раза, в водах рек, дренирующих болота, – в 4 и более раза.

Пространственно-временная динамика содержания железа мало отличается от содержания аммонийного азота. Зимой оно в основном меньше 0,1 мг/дм³. Выше его концентрация в водах рек, дренирующих заболоченные территории: в р. Ниман в марте 1966 г. содержание железа достигало 2,1 мг/дм³, в р. Тунг в марте 1983 г. – 2,6 мг/дм³. Высокие концентрации обусловлены поступлением из донных отложений при восстановительных условиях. Весной содержание железа редко превышает 0,5 мг/дм³. Значительно ниже его концентрация в летнюю межень (до 0,1 мг/дм³). Максимальное содержание валового железа, обусловленное склоновой и русловой эрозией, наблюдается в паводки (до 5,4 мг/дм³ в р. Ниман в августе 1967 г.).

Концентрация нитритного азота не превышает 0,012 мг N/дм³, наибольшие значения наблюдаются зимой, в период открытого русла нитриты в воде отсутствуют.

Содержание нитратного азота зимой менее 0,1 мг N/дм³, весной резко снижается, часто до предела обнаружения. Низкие концентрации из-за потребления водной растительностью, отмечаются в летнюю межень. В паводки содержание возрастает до 0,14 мг N/дм³. Максимальные концентрации наблюдаются в водах рек пирогенно измененных водосборов: в р. Правая Буря в сентябре 1993 г. достигало 0,2 мг N/дм³.

В поведении фосфора сезонные закономерности отсутствуют. Наибольшие концентрации может наблюдаться в любое время, за исключением летней межени, когда фосфаты отсутствуют из-за потребления водной растительностью.

Сезонная динамика ОВ во многом схожа с динамикой аммонийного азота. Наиболее отчетливо она проявляется в водах рек Ниман и Туюн, дренирующих заболоченные земли, меньше – в водах рек Левая Буря, Усмань и др. Наименьшее содержание ОВ отмечается зимой, наибольшее – в половодье и паводки. В зимнюю межень значения БО в водах рек Туюн и Ниман не превышают 15 мг О/дм³, цветности – 20°, в половодье значения цветности не опускаются ниже 100°, БО – 35 мг О/дм³. В летнюю межень содержание ОВ во всех реках, кроме р. Ниман, снижается в 1,5–2,0 раза. Более высокая заболоченность водосбора этой реки (до 7 %), по сравнению с водосборами других рек обуславливает стабильное поступление ОВ в русловую сеть. На гребне паводков содержание ОВ достигает наибольших значений: в реках Туюн и Ниман цветности до 100° и 140°, БО – 45 и 61,8 мг О/дм³, соответственно. Подобный химический состав вод может наблюдаться в водах рек Малого Хингана в Китае.

Реки **Черского, Даурского, Яблоневого хребтов**, сложенных преимущественно интрузивными многолетнемерзлыми породами различного состава и возраста по данным Росгидромета характеризуются низкой минерализацией вод, в половодье и паводки редко превышающей 50 мг/дм³ (табл.). Более высокие значения, чем в реках Буреинского нагорья, обусловлены меньшим выпадением осадков. Повышенная минерализация вод (до 150 мг/дм³) из-за процессов криогенного концентрирования отмечается зимой. Иногда максимальная минерализация вод наблюдается весной. По химическому составу вода не отличается от состава вод Буреинского нагорья, лишь в паводки может изменяться с гидрокарбонатного класса на сульфатный класс.

Содержание железа и ОВ зимой низкое. В половодье и паводки возрастает, изменяется в широких пределах: железо от 0,01 до 0,52 мг/дм³, цветность от 10 до 196°. Значения ПО и БО находятся в пределах от 5,0 до 60 и от 15,4 до 125,8 мг О/дм³, соответственно. В летнюю межень концентрации снижаются до наименьших значений.

Реки северо-восточной окраины **Бурейского нагорья**, сложенного в основном терригенными породами и эффузивами, в период открытого русла характеризуются повышенным содержанием ионов кальция и гидрокарбонатного, что обуславливает большие колебания минерализации (Шестеркина и др., 2008). В водах р. Яурин в зимнюю межень она находится в пределах 68,2–110,2 мг/дм³, в половодье и паводки – 28,9–41,5 мг/дм³. В летнюю межень минерализация обычно выше 50 мг/дм³.

Содержание биогенных и органических веществ определяется характером подстилающей поверхности. Повышенная заболоченность рек Яурин и Дубликан (до 10 % от площади водосбора) обуславливает повышенные цветность вод и содержание ОВ (до 300° и 62 мг О/дм³). Максимальная концентрация нитратного азота в воде наблюдается после лесных пожаров. В мае 2003 г. высокая задымленность воздуха в нижней части бассейна р. Тырма, вызванная пожарами, привела к увеличению концентрации нитратного азота до 0,51 мг N/дм³ (Мордовин и др., 2006).

В горах **Нижнего Приамурья**, сложенных в основном юрскими и нижнемеловыми породами и эффузивами, химический состав вод рек характеризуется низкой минерализацией и значительным преобладанием гидрокарбонатного иона (>70%-экв.) Наименьшие значения отмечаются в водах рек бассейна оз. Эворон (Шестеркина, Иванов, 1981), наибольшие (<92%-экв) – бассейна р. Амгунь. Содержание хлоридного иона менее 20%-экв.

Преобладание катионов в составе вод выражено не резко: кальция составляет 53–58%- экв, магния – 23–32%-экв.

По химическому составу воды рек не отличаются от изученных выше водотоков, лишь в малых реках бассейна р. Ул отмечен гидрокарбонатный натриево-кальциевый состав вод, обусловленный влиянием Охотского моря. Об этом свидетельствуют повышенные концентрации в снеге ионов натрия ($<4,8 \text{ мг/дм}^3$) и хлоридного ($<9,8 \text{ мг/дм}^3$). Слабая изменчивость солевого состава вод в течение года свидетельствует о большом влиянии на химический состав речных вод грунтового питания.

Минерализация вод в период открытого русла в основном ниже 40 мг/дм^3 . Более высокие значения ($<100 \text{ мг/дм}^3$), отмечены в малых реках Албазинского золоторудного месторождения. После выпадения атмосферных осадков отмечено возрастание в течение нескольких дней величины минерализации – $5\text{--}10 \text{ мг/дм}^3$, повышение величины рН до 7,75. Содержание иона кальция возрастает до $11,2 \text{ мг/дм}^3$, сульфатного иона – $9,7 \text{ мг/дм}^3$. Более высокие значения последнего отмечены в водах рек рудопроявлений «Красная горка» (до $11,7 \text{ мг/дм}^3$) и «Таракановское» ($18,4 \text{ мг/дм}^3$). Подобный состав вод может иметь место на золоторудных месторождениях и рудопроявлениях «Дурминское», «Болотистое» и «Покровское». Максимальная минерализация вод отмечена в реках Ниланского проявления цементного известняка.

Концентрации аммонийного и нитратного азота, железа и ОВ в водах рек в основном низкие, фосфора и нитритного азота – находятся ниже предела обнаружения. Наименьшее содержание этих веществ отмечается в летнюю межень. В водах рек бассейна оз. Эворон содержание нитратного и аммонийного азота в среднем не превышает $0,15$ и $0,23 \text{ мг N/дм}^3$, соответственно, валового железа и ОВ – $0,2 \text{ мг/дм}^3$ и 13 мг O/дм^3 , также соответственно (Шестеркина, Иванов, 1981). Повышенные концентрации нитратного азота в водах рек Ниланского месторождения обусловлены катастрофическими пожарами в бассейне Амгуни в 2011–2012 гг.

Реки хребтов северного **Сихотэ-Алиня**, сложенных осадочными и эффузивами в осевой части, мезозойскими песчаниками, конгломератами и др. в западной части, характеризуются низкой минерализацией (табл., рис.), слабой сезонной изменчивостью содержания главных ионов из-за большого влияния подземных вод. Максимальное содержание основных ионов отмечено в районах рудопроявлений полиметаллических руд (Форина и др., 2011). Дренажное оловорудное рудопроявление Таусинское, обуславливает в водах рек бассейна Анюя повышенное содержание ионов кальция (до 13 мг/дм^3) и сульфатного (до 17 мг/дм^3). Минерализация вод достигает 90 мг/дм^3 .

Повышенные значения минерализации и концентрации сульфатного иона характерны для речных вод Солнечного и Перевального оловорудных рудопроявлений, Фестивального медно-оловянного месторождения (Шевцов и др., 1998). Подобный химический

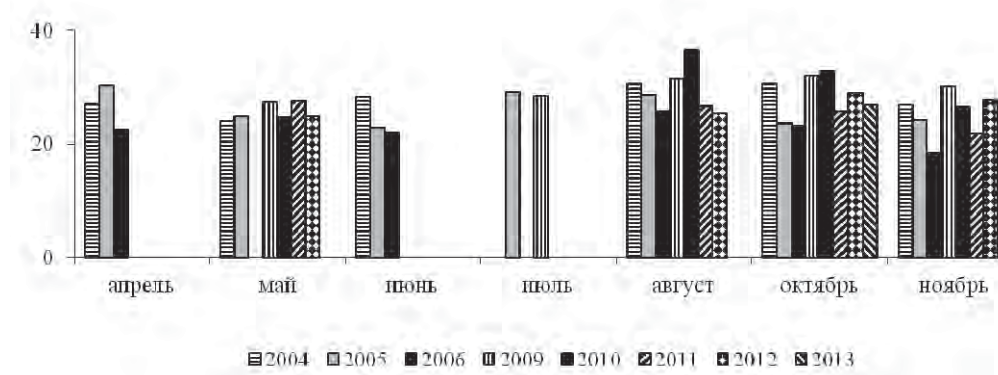


Рисунок. Сезонная динамика минерализации воды р. Куптурку в 2004–2013 гг.

состав речных вод может иметь место в Ям-Алинском, Баджалском, и др. оловорудных районах Хабаровского и Приморского краев, Еврейской АО. В водах р. Шелехова, дренирующей крупные Правобережное и Шелеховое проявления алунитов, содержание сульфатного иона достигает 9,6 мг/дм³. Подобные концентрации этого иона можно ожидать в водах рек Искинского проявления алунитов в воде малых рек приустьевой части Амура.

Малые реки Малмыжского золотомедного рудопоявления характеризуются повышенными концентрациями ионов кальция и сульфатного, что определяет сульфатно-кальциевый состав вод и слабощелочные значения pH. Минерализация вод составляет 35–76 мг/дм³. Подобные уровни концентраций основных ионов отмечаются в водах малых рек Сутарского и Кимканского железорудных месторождений ЕАО.

Максимальная минерализация вод наблюдается в районах распространения доломитов и известняков. В воде рек, дренирующих крупные массивы рифогенных известняков в бассейне р. Хор, она превышает 70 мг/дм³. Более высокие значения отмечаются в водах малых рек Лондоковского месторождения известняков (в паводки достигает 130 мг/дм³, осеннюю межень – 106 мг/дм³). Появление речных вод с минерализацией более 100 мг/дм³ можно ожидать на Малом Хингане в ЕАО, где обнаружены проявления доломитов и стекольных известняков.

В районе Вяземского проявления известняков воды характеризуются нейтральной величиной pH и повышенным содержанием ионов гидрокарбонатного и сульфатного, кальция и магния. Минерализации вод весной не превышает 50 мг/дм³, в летнюю межень возрастает до 100 мг/дм³, начале ледостава – 132 мг/дм³. Гидрокарбонатно-магниевый состав и повышенную минерализацию вод можно ожидать в водах рек Кульдурского Южно-Хинганской группы проявления бруситов.

Большой интерес представляют реки, формирующие химический состав вод в районах выходов холодных углекислых (Мухенские) и термальных азотных (Кульдурские, Анненские) минеральных вод. В водах р. Пунчи вне зоны Мухенского месторождения минерализация вод не превышает 56 мг/дм³, в районе источника летом повышается на 12,2 мг/дм³, зимой – 35,4 мг/дм³ (Шестеркин и др., 2000). Аналогичные изменения в химическом составе речных вод могут иметь место в районах Анненского и Кульдурского месторождений, которые выделяются высокими величинами pH и минерализации, содержанием кремневой кислоты и ионов натрия. Использование этих вод в больших объемах на Кульдурском месторождении в межень вызывает изменение химического состава речных вод. В январе 2013 г. минерализация вод превышала 100 мг/дм³, содержание хлоридного иона достигало 12 мг/дм³.

В районах вулканогенных образований в водах рек бассейна р. Анной отмечается низкая минерализация (< 30 мг/дм³), более высокое содержание магния, чем кальция, повышенное содержание кремния и фосфора (Форина и др., 2013).

Таежные реки холмистых предгорий северного **Сихотэ-Алиня** и **Нижнего Приамурья**, сложенных преимущественно осадочными породами, по химическому составу и содержанию растворенных веществ мало отличаются от вод рассмотренных выше рек. Минерализация вод в период открытого русла не превышает 50 мг/дм³. Воды характеризуются низкой концентрацией ионов калия и хлоридного, аммонийного азота, содержание сульфатного иона не превышает 6 мг/дм³, ОВ находится ниже 9 мг О/дм³. Отмечаются повышенные из-за влияния пирогенного фактора концентрации нитратного азота (Шестеркин, Шестеркина, 2002)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Минерализация вод малых таежных рек в российской части бассейна Амура в период открытого русла в основном не превышает 50 мг/дм³. Более высокие значения отмечены в водах рек, дренирующих рудопоявления и месторождения цветных и черных металлов, проявления доломитов и известняков, минеральных вод. По химическому составу

воды в основном относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция, I типу, характеризуются низкой концентрацией аммонийного азота и повышенной, вследствие пирогенного фактора – нитратного азота. В районах рудопроявлений речные воды выделяются повышенной концентрацией сульфатного иона, вулканогенных образований – фосфора и гидрокарбонатно-магниевым составом.

ЛИТЕРАТУРА

- Алекин О.А. Основы гидрохимии. 1970.** Л.: Гидрометеиздат. 444 с.
- Карта растительности бассейна Амура. 1968.** Масштаб 1:2 500000. М.: ГУГК.
- Луценко Т.Н., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2013.** Пространственно-временная динамика химического состава речных вод российской части бассейна р. Усури // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. № 3. С. 65–79.
- Мордовин А.М., Шестеркин В.П., Антонов А.Л. 2006.** Река Буряя: гидрология, гидрохимия и ихтиофауна. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. 149 с.
- Форина Ю.А., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., Таловская В.С. 2011.** Гидрохимия вод малых рек западного склона Сихотэ-Алиня // Биогеохимические и геоэкологические параметры наземных и водных экосистем. Вып. 19. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. С. 125–135.
- Форина Ю.А., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. 2013.** Фосфор в воде таежных рек Северного Сихотэ-Алиня // Тихоокеанская геология. Т. 32, № 1. С. 116–119.
- Шевцов В.М., Караванов К.П., Махинов А.Н., Кулаков В.В., Мордовин А.Н. Шамов В.В., Шестеркин В.П. 1998.** Водные ресурсы горнорудных районов и их преобразование (Юг Дальнего Востока). Хабаровск: изд-во ХГТУ. 159 с.
- Шестеркин В.П., Шамов В.В., Шестеркина Н.М. 2000.** Особенности химического состава речных вод Пунчинского участка Мухенского месторождения минеральных вод // Геохимические и эколого-биогеохимические исследования в Приамурье. Вып. 10. Владивосток: Дальнаука. С. 180–185.
- 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.
- Шестеркина Н.М., Иванов А.В. 1981.** О формировании химического стока поверхностных вод бассейна оз. Эворон // Экосистемы юга Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 122–137.
- Шестеркина Н.М., Таловская В.С., Ри Т.Д., Шестеркин В.П. 2008.** Гидрохимия притоков Бурейского водохранилища // Пресноводные экосистемы бассейна реки Амур. Владивосток: Дальнаука. С. 18–27.