

УДК 556.114.7

## РАСТВОРЕННЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА И МИНЕРАЛИЗАЦИЯ РЕЧНЫХ ВОД ГОР С ТУНДРОВО-ТАЕЖНЫМИ ТИПАМИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЯСНОСТИ РОССИИ

© 2015 г. М.П. Смирнов

ФГБУ “Гидрохимический институт”, Ростов-на-Дону, Россия  
e-mail: ghi@aanet.ru

Поступила в редакцию 29.08.2014 г.

В статье анализируются пространственно-временные характеристики растворенных органических веществ (РОВ), щелочно-кислотные условия (рН) и минерализация ( $\Sigma$ ) речных вод природных провинций и стран гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности России. Работа основана на результатах многолетних экспериментальных гидрохимических исследований и наблюдений на сети Гидрометслужбы. Реакция речных вод данных гор нейтральная (рН 6.5–7.0). Минерализация вод на основной территории очень малая – менее 100 мг/дм<sup>3</sup>, в некоторых природных странах и провинциях возрастает до малой. Среднегодовые значения цветности (34–35°),  $O_{\text{перм}}$  и  $O_{\text{бихр}}$  (9 и 19–24 мг/дм<sup>3</sup>), содержание РОВ и легкоокисляемых фракций (19 и 8–10 мг/дм<sup>3</sup>), отношения РОВ/ $\Sigma$  (26–33%) в речных водах гор с западными и восточно-сибирскими тундрово-таежными типами поясности довольно сходны, а в водах гор с притихоокеанскими типами в 1.5 раза ниже. Экстремальные средние концентрации гуминовых (ГК) и фульвовых (ФК) кислот в воде рек рассматриваемых гор максимальны на горной территории страны и составляют в зимнюю межень 0.005–0.046 и 0.19–0.42, в летнюю – 0.09–0.26 и 1.54–2.73, в половодье – 0.52–0.87 и 2.36–5.31 мг/дм<sup>3</sup> углерода; отношения  $C_{\text{ГК}}/C_{\text{ФК}}$  – соответственно 0.03–0.2, 0.05–0.09, 0.11–0.22.

**Ключевые слова:** растворенные органические вещества, цветность, перманганатная и бихроматная окисляемость воды, гуминовые и фульвовые кислоты, реакция воды, природные страны и провинции, реки.

**Введение.** Горы с тундрово-таежными типами вертикальной поясности занимают обширные пространства, особенно в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Эти территории, богатые природными водами и полезными ископаемыми, мало изучены в гидрохимическом и ландшафтном отношении [1–7, 9–12].

В данной статье анализируются пространственно-временные характеристики органических веществ (ОВ), щелочно-кислотных условий и минерализации ( $\Sigma$ ) речных вод природных провинций и стран гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности России. Она является продолжением аналогичных работ по гидрохимии рек широтных зон [14] и гор с тундрово-арктическими [15], лесо-луговыми и пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности России и СНГ.

Органические вещества, играющие очень важную роль, являются одними из наименее из-

ученных ингредиентов химического состава вод [1–6, 11, 12, 18]. Так как прямые методы анализа мало разработаны и массовые материалы по рекам страны отсутствуют, для оценки ОВ часто используют сведения об окисляемости воды – перманганатной (ПО,  $O_{\text{перм}}$ ) и бихроматной (БО,  $O_{\text{бихр}}$ ), характеризуя по первым легкоокисляемое (ЛОВ), по вторым – общее растворенное органическое вещество (РОВ). Для оценки окрашенных органических веществ (ООВ) используются данные по цветности вод (Цв). По соотношениям перманганатной и бихроматной окисляемости (ПО/БО), цветности и окисляемости (Цв/ПО, Цв/БО), растворенного органического вещества и минерализации (РОВ/ $\Sigma$ ) судят о качественных и количественных характеристиках органических веществ природных вод.

**Материалы и методы исследования.** Данная работа основана на результатах многолетних экспериментальных гидрохимических исследований и наблюдений на сети Гидрометслужбы. Значе-

ния цветности и окисляемости воды определены с погрешностью около 10%. Гуминовые (ГК) и фульвокислоты (ФК) в воде рек найдены нами колориметрически в основные гидрологические фазы 1971–1974 гг. с достоверностью 10%. Гидрохимические данные были сгруппированы по основным водным фазам для рек природных провинций и стран гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности. По пунктам наблюдений рассчитаны средние сезонные и годовые величины компонентов, которые усреднены для всех регионов и взвешены по их площади. Количество РОВ в воде рек определено по значениям  $O_{\text{перм}}$  с помощью полученных экспериментальным путем коэффициентов пересчета для различных физико-географических условий и гидрологических фаз. Для рек гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности они равны: в половодье и паводки 1.70, летнюю межень 2.10, зимнюю межень 3.00, годовой период 2.28. Содержание ЛОВ определено умножением величины РОВ на отношение ПО/БО.

В работе применены следующие классификации поверхностных вод О.А. Алекина с добавлениями:

по значениям рН: <4.5 – сильноокислая, 4.5–5.5 – кислая, 5.5–6.5 – слабокислая, 6.5–7.0 – нейтральная, 7.0–7.5 – слабощелочная, 7.5–8.5 – щелочная, >8.5 – сильнощелочная;

по минерализации (мг/дм<sup>3</sup>): <100 – очень малая, 100–200 – малая, 200–500 – средняя, 500–1000 – повышенная, >1000 – высокая;

по цветности (градусы платиново-кобальтовой шкалы): 0–10 – очень малая, 10–25 – малая, 25–50 – средняя, 50–75 – слабоповышенная, 75–100 – повышенная, 100–150 – высокая, 150–250 – очень высокая, >250 – исключительно высокая;

по перманганатной окисляемости (мг/дм<sup>3</sup> атомарного кислорода): 0–2 – очень малая, 2–5 – малая, 5–10 – средняя, 10–15 – слабоповышенная, 15–20 – повышенная, 20–30 – высокая, 30–50 – очень высокая, >50 – исключительно высокая;

по бихроматной окисляемости (мг/дм<sup>3</sup> атомарного кислорода): 0–5 – очень малая, 5–10 – малая, 10–20 – средняя, 20–30 – слабоповышенная, 30–40 – повышенная, 40–60 – высокая, 60–100 – очень высокая, >100 – исключительно высокая;

по отношению перманганатной окисляемости к бихроматной (%): 0–10 – очень малое, 10–20 – малое, 20–30 – среднее, 30–40 – слабоповышенное, 40–50 – повышенное, 50–60 – высокое, 60–70 – очень высокое, >70 – исключительно высокое.

На основе этих классификаций построены легенды составленных нами карт цветности, перманганатной, бихроматной окисляемости, отношений  $O_{\text{перм}}/O_{\text{бихр}}$  речных вод СНГ в половодье, летнюю межень, зимнюю межень, годовой период, которые опубликованы в “Гидрохимических материалах” и Гидрохимическом атласе СССР.

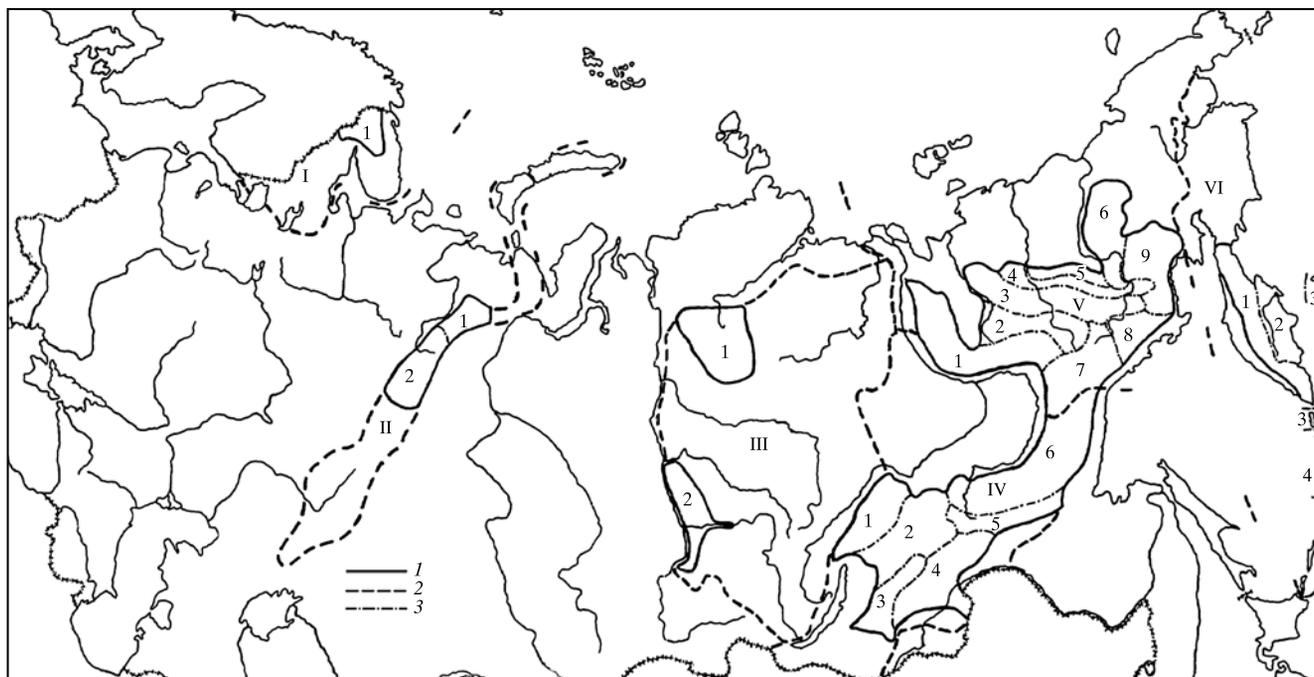
**Факторы формирования химического состава речных вод.** Геохимические ландшафты тундрово-таежных гор относятся к группе типов лесных, типу таежных, семейству северо-таежных ландшафтов кислого ( $H^+$ ), кислого и кислотно-глеевого классов ( $H^+-Fe^{2+}$ ,  $H^+$ ). В Восточной Сибири и на Дальнем Востоке распространены ландшафты тундровых и лесотундровых типов [12, 17].

Климат на Кольском низкогорье, Урале, на юге Восточной Сибири умеренно теплый с суммой температур земной поверхности (за период с температурой воздуха выше 10°) 1000–2200°, влажный с индексом сухости (отношение комплексной испаряемости к осадкам) 0.45–1.00. В северной части Восточной Сибири и на Дальнем Востоке климат холодный с указанной суммой температур менее 1000°, избыточно влажный с индексом сухости менее 0.45. Годовое количество осадков на Кольском низкогорье и в южной части Восточной Сибири до 500 мм, в северной ее части 300–500 мм, на Урале, плато Путорана, Дальнем Востоке 500–600 мм, на Камчатке до 500–1000 мм.

Питание рек на Кольском низкогорье, Урале, плато Путорана, в горах Камчатки преимущественно (либо преобладает) снеговое; в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке в основном дождевое.

Почвы на Кольском низкогорье и Урале горные подзолистые и кислые неоподзоленные, на плато Путорана, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке горно-тундровые, гольцовые, горные мерзлотно-таежные, горные торфянисто-перегнойные, горные подзолистые и кислые неоподзоленные [10, 17].

Растительный покров Кольского низкогорья представлен, в основном, сосновыми северо-таежными лесами, Урала – горнотаежными темнохвойными уральскими лесами, плато Путорана – горными тундровыми травяно-кустарничково-моховыми и лишайниковыми группировками в сочетании с зарослями кустарников. Последние сообщества господствуют в верхних ярусах гор Восточной Сибири и Дальнего Востока, где основные территории, однако, заняты в северной части горными северо-таежными лиственничными редкостойными лесами, а в южной



**Рис. 1.** Физико-географическое районирование гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности России.

**Западные таежные с елово-березовым редколесьем, тундрами и лугами:** I – Фенноскандия (1 – Кольское северотаежное и горнотундровое низкогорье), II – Уральско-Новоземельская страна (1 – Приполярный Урал с альпийскими формами рельефа и северотаежными лесами у подножия, 2 – средневысотный Северный Урал со среднетаежными лесами у подножия).

**Восточно-Сибирские темнохвойно-лиственничные таежные леса и редколесья с кедровым стлаником и горными тундрами:** III – Среднесибирское плато (1 – трапповое средневысотное горнотундровое плато Путорана, 2 – среднегорный Енисейский кряж с горнотаежными темнохвойными лесами), IV – Прибайкалье и Забайкалье (1 – Патомско-Северо-Байкальское нагорье с горно-лиственничными лесами на склонах гор и гольцовыми вершинами, 2 – Становое нагорье с сочетанием горной тайги и гольцов, 3 – Витимское горнотаежное плоскогорье с лугово-болотными котловинами, 4 – Олекминское нагорье со среднетаежными лесами и предгольцовым редколесьем на вершинах, 5 – Становой средневысотный горнотаежный хребет с горно-лиственничными лесами и горными тундрами, 6 – Алданское плоскогорье с гольцовыми хребтами и горно-лиственничными лесами, V – Северо-Восточная Сибирь (1 – Верхоянская горная система с гольцовыми вершинами и редколесными склонами, 2 – Яно-Оймяконское тундрово-редколесное плоскогорье, 3 – система высокогорных хребтов Черского с гольцовыми вершинами и лиственничным редколесьем на склонах, 4 – Момо-Сеймчанская система впадин, разделенных горными перемычками с лиственничным редколесьем, 5 – Момские гольцовые высокогорные цепи хребтов, 6 – Юкагирское тундрово-лиственнично-редколесное плоскогорье).

**Притихоокеанские лесотундровые с поясом каменноберезовых и кедровых стлаников:** V – Северо-Восточная Сибирь (7 – Сунтар-Хаятинское гольцовое нагорье, 8 – Магаданское тундрово-северотаежное нагорье с зарослями кедрового стланика, 9 – Верхнеколымское тундрово-редколесное нагорье с зарослями кедрового стланика), VI – Камчатско-Курильская страна (1 – Камчатский Срединный тундрово-лесистый средневысотный хребет, 2 – Восточно-Камчатская вулканическая провинция с горнотундровыми вулканическими массивами и равнинами, занятыми лиственничными лесами и каменноберезняками, 3 – Командорские и Северо-Курильские вулканические о-ва с зарослями каменной березы и субарктической травяной растительностью, 4 – Среднекурильские вулканические острова с зарослями кедрового стланика и верещатника и лишайниковыми каменными россыпями).

**Границы:** 1 – гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности России, 2 – природных стран (I–VI), 3 – природных провинций (1–9).

части – горными среднетаежными лиственничными лесами [13, 17].

Запас гумуса в тундровых почвах около 7, в подзолистых – 10 т/га [8, 16]. Запас биомассы в кустарничковых тундрах 2.8 т/га, в лесных сообществах вдвое–втрое выше [13].

Речные воды данных гор относятся к карбонатному классу группы кальция с минерализацией менее 200 мг/дм<sup>3</sup>. На подавляющей площади значения окисляемости вод средние, в некоторых

районах – слабоповышенные, малые либо очень малые.

**Органические вещества и минерализация воды рек.** Гидрохимическая характеристика рек гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности производится согласно схеме физико-географического районирования на рис. 1 [17].

Тундрово-таежные типы вертикальной поясности – западные таежные с елово-березовым редколесьем, тундрами и лугами развиты в Фен-

носкандии – на Кольском низкогорье, в Уральско-Новоземельской стране – на Приполярном Урале и Северном Урале.

На Кольском низкогорье выделяются два вертикальных гидрохимических пояса  $O_{\text{перм}}$  речных вод: верхний пояс малой – 2–5 и нижний пояс средней окисляемости – 5–10 мг/дм<sup>3</sup> атомарного кислорода (а.к. – далее всюду в этой размерности), приуроченные соответственно к горным тундрам и таежно-лесным ландшафтам. В таблице представлены усредненные данные по гидрохимическим поясам регионов. Реакция речных вод этого нагорья нейтральная, значения рН в течение года равны 6.5–6.7. Вследствие сильной промытости распространенных здесь массивно-кристаллических пород воды рек очень слабоминерализованы – 25–33 мг/дм<sup>3</sup>. Они содержат существенные количества ОВ из-за высокой заболоченности почв. Цветность вод во все сезоны средняя – 32–40°. К такой же градации относятся величины  $O_{\text{перм}}$  и  $O_{\text{бихр}}$  – 6–8 и 13–17 мг/дм<sup>3</sup>. Отношения ПО/БО повышенные и высокие – 43–46%, как и доли ОВ от суммы главных ионов – 34–69%.

В Уральско-Новоземельской и других природных странах, кроме Фенноскандии и Камчатско-Курильской, сформирован один пояс окисляемости вод.

Реакция речных вод Приполярного Урала слабокислая – рН 6.0–6.5, Северного Урала в половодье и зимнюю межень нейтральная – рН 6.8–6.9, в летне-осенний период слабощелочная. Минерализация вод этих природных провинций очень малая в половодье и паводки – 35–90 мг/дм<sup>3</sup>, в межень поднимается до малой за счет грунтовых вод, во второй провинции – до средней – 240 мг/дм<sup>3</sup>. Значения цветности воды в первой провинции в 1.5 раза ниже, чем во второй (35–50°), где выше запасы биомассы в ландшафте. Зимой при питании рек грунтовыми водами они уменьшаются до 20°. Величины  $O_{\text{перм}}$  и  $O_{\text{бихр}}$  вод этих провинций в межень средние – 6–8 и 14–20 мг/дм<sup>3</sup>, в периоды высоких уровней слабоповышенные – 11–14 и 26–34 мг/дм<sup>3</sup>; отношения их изменяются в пределах 35–45%. Доли РОВ от суммы главных ионов в первой провинции вдвое выше, чем во второй; они резко колеблются по сезонам – от 10–20% в межень до 30–80% в половодье.

Речные воды Уральско-Новоземельской страны, как и Фенноскандии, имеют нейтральную реакцию. Они в 4 раза более минерализованы (60–200 мг/дм<sup>3</sup>) вследствие большого распространения соленосных пермских пород. Цветность вод этих природных стран, почти не отличаясь,

изменяется в течение года от 20 до 45°. Значения  $O_{\text{перм}}$  и особенно  $O_{\text{бихр}}$  вод данной страны заметно больше, а отношения РОВ/Σи, колеблясь от 10–20% в межень до 25–40% в паводки и половодье, более чем вдвое ниже, чем в Фенноскандии из-за указанных особенностей геологического строения.

Воды рек гор Европейской территории и Урала (Фенноскандии и Уральско-Новоземельской страны) с западными тундрово-таежными типами поясности имеют нейтральную реакцию в течение всего года. Минерализация вод в весенне-летне-осенний период составляет 50–90 мг/дм<sup>3</sup>, зимой возрастает до 160 мг/дм<sup>3</sup>. В годовом цикле значения цветности вод колеблются в пределах 22–44°,  $O_{\text{перм}}$  – 7–11,  $O_{\text{бихр}}$  – 15–28 мг/дм<sup>3</sup>. Отношения ПО/БО равны 33–44%, РОВ/Σи – 12–44%.

На Азиатской территории тундрово-таежные типы вертикальной поясности – восточно-сибирские темнохвойно-лиственничные таежные леса и редколесья с кедровым стлаником и горными тундрами занимают на Среднесибирском плато Енисейский кряж и плато Путорана, в Прибайкалье и Забайкалье – Патомско-Северо-Байкальское, Становое и Олекминское нагорья, Витимское и Алданское плоскогорья, Становой хребет, в Северо-Восточной Сибири – Верхоянскую горную систему, Яно-Оймяконское и Юкагирское плоскогорья, систему высокогорных хребтов Черского, Момо-Сеймчанскую систему впадин и горных массивов.

Воды рек плато Путорана и Енисейского кряжа в Средней Сибири под воздействием обогащенных щелочноземельными основаниями горных пород, особенно траппов, имеют слабощелочную реакцию: в первой провинции величины рН варьируют по сезонам от 7 до 7.3, во второй – от 7.3 до 7.7. Значительно больше реки этих провинций различаются по минерализации воды: в первой провинции со сплошной мерзлотой она очень малая – 40–75 мг/дм<sup>3</sup>, зимой возрастает до 160 мг/дм<sup>3</sup>; во второй провинции с островной мерзлотой очень малая только в половодье за счет талых вод, в паводки возрастает до 120, в межень – до 205–285 мг/дм<sup>3</sup>. Значения цветности,  $O_{\text{перм}}$  и  $O_{\text{бихр}}$  речных вод горнотундрового плато Путорана, однообразного в ландшафтном отношении, очень малые и малые в течение года – 10–15°, 1.5–2.6 и 3–6.5 мг/дм<sup>3</sup>. Эти показатели ОВ вод на горно-таежном Енисейском кряже, где значительно увеличиваются запасы биомассы, в 3–4 раза больше. Многократно различаются реки этих провинций по содержанию общего аквагумуса и легкоокисляемых соединений. Отношения ПО/БО вод ко-

леблются соответственно в пределах 30–46% и 35–54%,  $POB/\Sigma$ и – 3–9% и 4–47%.

В целом реки Среднесибирского плато с восточно-сибирскими тундрово-таежными типами пояности характеризуются слабощелочной реакцией, очень малой минерализацией при высоких расходах и малой – в межень. Цветность вод в течение большей части года составляет 15–25°, в половодье возрастает до 40°. Значения  $O_{\text{перм}}$  и  $O_{\text{бихр}}$  воды рек изменяются от малых в межень – 3–4 и 6–9 мг/дм<sup>3</sup> до средних в паводки и половодье – 5–8 и 11–19 мг/дм<sup>3</sup>. Отношения  $PO/BO$  колеблются в интервале 40–46%,  $POB/\Sigma$ и – 4–30%.

Рассмотрим гидрохимические показатели рек гор шести природных провинций Прибайкалья и Забайкалья с восточно-сибирскими тундрово-таежными типами вертикальной пояности.

Реакция речных вод Станового нагорья, Станового хребта и Алданского плоскогорья нейтральная, а вод Витимского плоскогорья, Патомско-Северо-Байкальского и Олекминского нагорий слабощелочная, что связано здесь с воздействием обогащенных основаниями пород и почв. Поэтому минерализация вод в первой группе провинций составляет 10–35 мг/дм<sup>3</sup> при высоких уровнях рек и 20–80, на Алданском плоскогорье – 70–180 мг/дм<sup>3</sup> в межень, а во второй группе – 60–100 и 110–200 мг/дм<sup>3</sup>.

Цветность вод весьма сильно колеблется по провинциям: от 5–10° в периоды межени и 10–25° в паводки и половодье на Становом нагорье и Витимском плоскогорье до 15–45° и 25–50° на Патомско-Северо-Байкальском и Олекминском нагорьях, а на Становом хребте и Алданском плоскогорье при высоких расходах – до 85–100°. Наибольшие значения цветности воды рек характерны для сильнее заболоченных провинций, с более развитой мерзлотой, где из обильного почечного гумуса почв активно формируются растворенные окрашенные органические вещества. Коэффициенты цветности по  $O_{\text{перм}}$  и  $O_{\text{бихр}}$  минимальны для вод Витимского, Станового и Олекминского нагорий – 1–3.5 и 0.5–2. На Становом хребте, Патомско-Северо-Байкальском нагорье и Алданском плоскогорье они возрастают до 2–3 и 1.5–3. Следовательно, в реках последних трех провинций количество почвогенных  $OB$  в 1.5–2 раза больше, потому что запасы и подвижность гумуса выше в доминирующих здесь горных мерзлотно-таежных и торфяно-болотных почвах, тогда как в первых трех провинциях преобладают менее гумусированные горно-тундровые, гольцовые, горно-подзолистые и горные кислые неоподзоленные почвы.

Величины  $O_{\text{перм}}$  и  $O_{\text{бихр}}$  вод колеблются от средних, реже малых – 5–8 и 10–20 мг/дм<sup>3</sup> в межень до слабоповышенных – 10–15 и 20–30 мг/дм<sup>3</sup>, на Становом хребте и Алданском плоскогорье до повышенных – 18–20 и 34–35 мг/дм<sup>3</sup> в паводки и половодье. Отношения  $PO/BO$  всюду довольно высокие – 41–52% в межени, 44–58% в паводки и половодье. Они значительно меньше различаются по провинциям. Наименьшие концентрации растворенного  $OB$  наблюдаются в реках Станового нагорья – 12–15 мг/дм<sup>3</sup>. В водах Патомско-Северо-Байкальского нагорья и Витимского плоскогорья они повышаются до 10–29 мг/дм<sup>3</sup>, в водах Алданского плоскогорья и Станового хребта – до 20–40 мг/дм<sup>3</sup>. По содержанию легкоокисляемых веществ данные провинции сходны. Отношения  $POB$  к  $\Sigma$ и колеблются в широких пределах: в четырех провинциях от 10 до 70%, на Алданском плоскогорье и Становом хребте – от 15 до 110% и более.

В целом речные воды гор Прибайкалья и Забайкалья с восточно-сибирскими темнохвойно-лиственничными таежными лесами и редколесьями с кедровым стлаником и горными тундрами имеют нейтральную реакцию, очень слабо – зимой маломинерализованы. Значения цветности вод изменяются от 15–25° в межень до 45–60° в паводки и половодье,  $O_{\text{перм}}$  и  $O_{\text{бихр}}$  соответственно от 6–7 и 13–15 мг/дм<sup>3</sup> до 12–14 и 25–30 мг/дм<sup>3</sup>. Отношения  $PO/BO$  варьируют в небольшом интервале – 49–52%,  $POB/\Sigma$ и – от 12–20% до 50–60%.

Реакция речных вод пяти горных провинций Северо-Восточной Сибири с аналогичными типами вертикальной пояности изменяется в течение года от слабокислой (рН 6.3–6.4) до нейтральной (рН 6.5–6.9). Минерализация вод очень малая – 30–90 мг/дм<sup>3</sup>, в двух провинциях зимой малая – 105–145 мг/дм<sup>3</sup>. Это объясняется сильной промытостью доминирующих горных пород кислого состава.

Цветность вод сильно колеблется по регионам данной природной страны и гидрологическим фазам. В зимнюю межень она обычно очень малая – 3–13°, летом изменяется от очень малой – 9–12° в трех провинциях до средней – 35–45° в Верхоянской горной системе и на Яно-Оймяконском плоскогорье, в паводки и половодье в этих же трех провинциях средняя – 25–50°, в указанных двух слабоповышенная – 50–70°. Различия цветности в 1.5–3 раза объясняются тем, что менее окрашенные воды рек формируются в провинциях с горно-тундровыми и гольцовыми почвами, а сильнее окрашенные – в провинциях с горными мерзлотно-таежными почвами. По этой же причине вели-

чины  $O_{\text{перм}}$  и  $O_{\text{бихр}}$  вод в провинциях с пониженной цветностью малые в межень – 3–5 и 5–10 мг/дм<sup>3</sup>, средние в паводки и половодье – 5–10 и 10–20 мг/дм<sup>3</sup>; в провинциях с большей цветностью вод они средние в межень, слабоповышенные и повышенные при высоких уровнях – 11–20 и 25–40 мг/дм<sup>3</sup>. Отношения ПО/БО вод в провинциях с таежно-мерзлотными ландшафтами высокие и очень высокие – 50% в межень, 55–65% – в паводки и половодье; в провинциях с горно-тундровыми и гольцовыми ландшафтами они слабоповышенные и повышенные, составляя в указанные периоды 30–45% и 40–55%. Наименьшие концентрации общего аквагумуса и легкоокисляемых ОВ имеют реки Юкагирского плоскогорья и Момо-Сеймчанской горной системы – 8–16 и 4–12 мг/дм<sup>3</sup>. Они повышаются в реках хребтов Черского и Верхоянской горной системы до 8–36 и 3–24 мг/дм<sup>3</sup>, в реках Яно-Оймяконского плоскогорья – до 20–38 и 10–20 мг/дм<sup>3</sup>. Отношения РОВ/Σи изменяются от 10–25% в межень до 15–50% в паводки и половодье в первой группе провинций, от 5–45% до 40–100% – во второй группе, от 30–60% до 100–130% – в последней провинции, где роль водного гумуса максимальна.

Воды рек гор Северо-Восточной Сибири с восточно-сибирскими темнохвойно-лиственничными таежными лесами и редколесьями с кедровым стлаником и горными тундрами имеют нейтральную реакцию и очень слабо минерализованы. Значения цветности вод изменяются от 10–25° в межень до 40° в паводки и 60° в половодье,  $O_{\text{перм}}$  и  $O_{\text{бихр}}$  – соответственно от 5–6 и 9–16 мг/дм<sup>3</sup> до 10–15 и 20–27 мг/дм<sup>3</sup>. Отношения ПО/БО варьируют по сезонам в пределах 45–51%, РОВ/Σи – 15–80%.

Речные воды гор Среднесибирского плато, Прибайкалья и Забайкалья, Северо-Восточной Сибири с восточно-сибирскими темнохвойно-лиственничными таежными лесами и редколесьями с кедровым стлаником и горными тундрами по содержанию органических веществ очень сходны. В первой природной стране, в которой широко распространены породы основного состава, воды рек имеют слабощелочную, в остальных странах – нейтральную реакцию, соответственно – малую и очень малую минерализацию.

Крайние восточные тундрово-таежные типы вертикальной поясности – притихоокеанские лесотундровые с поясом камменноберезовых и кедровых стлаников развиты в трех природных провинциях Северо-Восточной Сибири и двух провинциях Камчатско-Курильской природной страны.

Реакция речных вод Сунтар-Хаятинского, Магаданского и Верхнеколымского нагорий Северо-Восточной Сибири, где заметно возрастает количество осадков, слабоокислая в течение всего года (рН 6.2–6.5). Минерализация воды рек двух последних провинций очень малая, в первой она втрое выше. Цветность воды рек Магаданского и Верхнеколымского нагорий с большими площадями горных тундровых и гольцовых почв в 1.5 раза меньше, чем в Сунтар-Хаятинском нагорье, в котором распространены глее-подзолистые и подзолистые иллювиально-гумусные почвы с более высоким содержанием фульвокислот. В этих двух провинциях она изменяется от 5–9° в межень до 15–44° в половодье и паводки, на Сунтар-Хаятинском нагорье – от 14–16° до 36–65°. Значения  $O_{\text{перм}}$  и  $O_{\text{бихр}}$  речных вод данных регионов также различны. Они варьируют соответственно от малых в межень – 3–4 и 6–10 мг/дм<sup>3</sup> до средних в паводки и половодье – 5–10 и 10–18 мг/дм<sup>3</sup> и от малых в межень – 3–4 и 7–8 мг/дм<sup>3</sup> до повышенных и высоких в половодье – 24 и 40 мг/дм<sup>3</sup>. Отношения ПО/БО вод в течение года более высоки в указанных двух провинциях – 47–75%, чем на Сунтар-Хаятинском нагорье – 42–69%. Содержание общего аквагумуса и легкоподвижных фракций в реках изменяется в годовом цикле от 8–19 и 5–15 мг/дм<sup>3</sup> на Магаданском и Верхнеколымском нагорьях до 7–47 и 3–32 мг/дм<sup>3</sup> на Сунтар-Хаятинском нагорье. Отношения РОВ/Σи варьируют в реках этих групп провинций в пределах 18–96% и 5–88%.

Гидрохимические характеристики речных вод гор Северо-Восточной Сибири с восточно-сибирскими и притихоокеанскими тундрово-таежными типами вертикальной поясности довольно близки.

Реакция воды рек Камчатского Срединного хребта и Восточно-Камчатской вулканической провинции Камчатско-Курильской природной страны с притихоокеанскими лесотундровыми типами поясности с ярусом камменноберезовых и кедровых стлаников нейтральная; значения рН колеблются в узком диапазоне – 6.7–7.0. В условиях повышенного увлажнения и сильно выщелоченных почв и пород минерализация вод очень мала в течение года – 60–90 мг/дм<sup>3</sup>. Цветность речных вод колеблется в основном в пределах малой градации: от 9–12° в межень до 12–18° в паводки и половодье. Также малоконтрастны реки этих провинций по величинам  $O_{\text{перм}}$  вод, которые составляют в указанные гидрологические фазы 2.2–2.4 и 3–4 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрации РОВ малы – 6–8 мг/дм<sup>3</sup>, отношения к минерализации незначительны – 6–14%. В Восточно-Камчат-

ской провинции с хорошо развитой ярусностью рельефа и ландшафтов выделяются два пояса  $O_{\text{перм}}$  речных вод: верхний пояс очень малых – 0–2 мг/дм<sup>3</sup> и нижний пояс малых величин – 2–5 мг/дм<sup>3</sup>. Первый пояс приурочен к горным тундрам и лесотундрам с горно-тундровыми и гольцовыми почвами, второй – к горно-лесным ландшафтам с горными дерново-перегнойными и дерново-грубогумусными почвами с большим содержанием гумуса.

Речные воды гор Азиатской территории с тундрово-таежными типами вертикальной поясности – восточно-сибирскими темнохвойно-лиственничными таежными лесами и редколесьями с кедровым стлаником и горными тундрами и притихоокеанскими лесотундровыми с поясом каменноберезовых и кедровых стлаников имеют нейтральную реакцию, очень слабо – зимой мало-минерализованы. Цветность вод в межень равна 12–20°, в паводки и половодье – 35–52°. Величины  $O_{\text{перм}}$  и  $O_{\text{бихр}}$  колеблются соответственно от 5–9 и 10–13 до 9–13 и 18–27 мг/дм<sup>3</sup>, их отношения в течение года – от 47 до 57%. Содержание общего растворенного ОБ и легкоподвижных фракций в реках изменяется в пределах 12–26 и 6–15 мг/дм<sup>3</sup>; отношение  $POB/\Sigma$  – от 10–18 в межень до 32–59% в паводки и половодье.

Гидрохимические показатели воды рек Европейской и Азиатской горных тундрово-таежных территорий в основном очень близки. Только отношения  $POB/\Sigma$  и содержание легкоокисляемых ОБ в азиатских реках заметно выше вследствие большей подвижности почвенного гумуса в таежно-мерзлотных ландшафтах (табл. 1, рис. 2).

Воды рек гор с западными, восточно-сибирскими и притихоокеанскими тундрово-таежными типами вертикальной поясности характеризуются нейтральной реакцией, очень малой, зимой – малой минерализацией. Значения цветности, перманганатной, в меньшей степени бихроматной окисляемости вод, коэффициенты цветности, содержание общего растворенного ОБ, в меньшей мере легкоподвижных фракций, отношения  $POB/\Sigma$  в речных водах гор с западными и восточно-сибирскими типами поясности очень сходны, в водах гор с притихоокеанскими типами они в 1.5 раза ниже вследствие меньших запасов биомассы в фитопедосфере и большей трансформации ее в муссонных регионах с редуцированной многолетней мерзлотой (табл. 1, рис. 3). Отношения  $POB/\Sigma$  в речных водах гор с западными тундрово-таежными типами поясности существенно ниже, чем в водах гор с восточно-сибирскими и особенно притихоокеанскими типами в результате бо-

лее интенсивного образования легкоподвижных органических веществ в мерзлотных и болотных почвах.

Речные воды гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности России отличаются нейтральной реакцией: величины pH весной и зимой равны 6.6–6.7, в летне-осенний период – 6.8–6.9. Они имеют очень малую минерализацию – 45–80 мг/дм<sup>3</sup>, зимой малую – 130 мг/дм<sup>3</sup>. Цветность вод варьирует от малой в периоды межени – 15–20° до средней в паводки и половодье – 35–50°.

Значения  $O_{\text{перм}}$  и  $O_{\text{бихр}}$  в течение большей части года средние – 5–9 и 10–18 мг/дм<sup>3</sup>, в половодье слабоповышенные – 13 и 27 мг/дм<sup>3</sup>. Отношения  $POB/\Sigma$  изменяются от 46–49% в межень до 48–56% в паводки и половодье,  $POB/\Sigma$  – от 10–20% до 30–60%. В эти же водные фазы коэффициенты цветности колеблются от 2.6–3.8 и 1.3–1.5 до 3.8–4 и 1.9–2; содержание растворенного ОБ и легкоокисляемых веществ – от 13–15 и 6–7 до 18–25 и 8–14 мг/дм<sup>3</sup>.

Экстремальные средние концентрации гуминовых кислот ( $C_{\text{гк}}$ ) равны в зимнюю межень 0.005–0.045, в летнюю – 0.09–0.26, в половодье – 0.52–0.87 мг/дм<sup>3</sup> углерода; концентрации фульвокислот ( $C_{\text{фк}}$ ) – соответственно 0.19–0.42, 1.54–2.73, 2.36–5.31 мг/дм<sup>3</sup> углерода; отношения  $C_{\text{гк}}/C_{\text{фк}}$  – 3–20%, 5–9%, 11–22% (табл. 2). Эти данные указывают на фульвокислотный состав ОБ в реках тундрово-таежных гор в течение всего года. Содержание гумусовых веществ в речных водах гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности максимальное по сравнению с реками остальных гор России, довольно сходно с концентрацией их в воде рек северной тайги.

**Выводы.** 1. Реакция речных вод гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности России нейтральная (pH 6.5–7.0). Минерализация вод очень малая – менее 100 мг/дм<sup>3</sup>. Только на Среднесибирском плато и в ряде провинций Прибайкалья и Забайкалья под влиянием обогащенных основаниями горных пород и почв реакция вод слабощелочная, минерализация возрастает до малой.

2. Среднегодовые значения цветности (34–35°),  $O_{\text{перм}}$  и  $O_{\text{бихр}}$  (9 и 19–24 мг/дм<sup>3</sup>), содержание общего растворенного ОБ и легкоокисляемых фракций (19 и 8–10 мг/дм<sup>3</sup>), отношения  $POB/\Sigma$  (26–33%) в речных водах гор с западными и восточно-сибирскими тундрово-таежными типами поясности очень сходны, а в водах гор с притихоокеанскими типами в 1.5 раза ниже вследствие редуцирования многолетней мерзлоты, меньших запасов биомассы и более интенсивной ее трансформации в

**Таблица 1.** Многолетние средние сезонные и годовые значения рН, минерализации, цветности и окисляемости речных вод гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности России

Природная страна	Природная провинция	Гидрологическая фаза	рН	$\Sigma_{и}$ , мг/дм <sup>3</sup>	Цв, град.	ПО, мг/дм <sup>3</sup> а.к.	БО, мг/дм <sup>3</sup> а.к.	ПО/БО, %	Цв/ПО	Цв/БО	РОВ, мг/дм <sup>3</sup>	ЛОВ, мг/дм <sup>3</sup>	РОВ/ $\Sigma_{и}$ , %
Европейская территория и Урал													
<i>Западные таежные с елово-березовым редколесем, тундрами и лугами</i>													
Фенноскандия	Кольское северо-таежное и горно-тундровое низкогорье	весеннее половодье	6.5	23.2	37	8.4	16.1	44	4.4	2.3	16.1	7.1	69
		летняя межень	6.7	27.9	39	5.7	16.0	46	6.8	2.4	14.8	6.8	53
		летне-осенние паводки	6.6	24.6	40	8.0	17.0	43	5.0	2.4	15.4	6.6	63
		зимняя межень	6.6	33.0	32	5.9	12.9	44	5.4	2.5	11.3	5.0	34
		год	6.6	25.8	37	7.1	16.1	44	5.2	2.3	14.4	6.3	56
	Приполярный Урал с альпийскими формами рельефа и северо-таежными лесами у подножия	весеннее половодье	6.0	34.4	31	13.8	26.1	43	2.2	1.2	26.5	11.4	77
		летняя межень	6.6	71.4	31	5.8	16.9	36	5.3	1.8	15.1	5.4	21
		летне-осенние паводки	6.2	60.7	25	13.0	27.0	43	1.9	0.9	25.0	10.8	41
		зимняя межень	6.1	126	19	10.3	19.1	48	1.8	1.0	26.8	12.9	21
		год	6.3	66.6	25	11.1	21.0	44	2.2	1.2	23.4	10.1	36
Уральско-Новоземельская страна	Средневысотный Северный Урал со среднетаежными лесами у подножия	весеннее половодье	6.8	66.9	54	11.1	34.1	38	4.9	1.6	21.3	8.1	32
		летняя межень	7.4	134	37	7.9	33.4	21	4.7	1.1	20.5	4.3	15
		летне-осенние паводки	7.3	93.0	46	10.2	34.0	35	4.5	1.4	19.6	6.9	21
		зимняя межень	6.9	240	19	6.6	13.8	40	2.9	1.4	17.2	6.9	7
		год	7.1	133	39	8.9	29.8	35	4.4	1.3	19.6	6.6	18
<i>Западные таежные с елово-березовым редколесем, тундрами и лугами Уральско-Новоземельской страны</i>													
Уральско-Новоземельская страна		весеннее половодье	6.5	56.0	46	12.0	31.4	40	3.8	1.5	23.0	9.2	41
		летняя межень	7.1	113	35	7.2	27.9	28	4.9	1.3	18.7	5.2	17
		летне-осенние паводки	6.9	82.2	39	11.1	27.0	40	3.5	1.0	21.3	8.5	26
		зимняя межень	6.6	202	19	7.8	15.6	44	2.4	1.2	20.3	8.9	10
		год	6.8	111	34	9.6	26.9	40	3.5	1.3	20.8	7.8	24
<i>Западные таежные с елово-березовым редколесем, тундрами и лугами Фенноскандии и Уральско-Новоземельской страны (Европейская территория и Урал)</i>													
Уральско-Новоземельская страна		весеннее половодье	6.5	47.8	44	11.1	27.6	41	4.0	1.6	21.3	8.7	44
		летняя межень	7.0	91.6	36	6.8	24.9	33	5.3	1.4	17.7	5.8	19
		летне-осенние паводки	6.8	67.8	39	10.3	17.0	43	3.8	2.3	19.8	8.5	29
		зимняя межень	6.6	160	22	7.3	14.9	44	3.0	1.5	19.0	8.4	12
		год	6.7	89.6	35	9.0	24.2	41	3.9	1.4	19.4	7.8	26

Таблица 1 (продолжение)

Природная страна	Природная провинция	Гидрологическая фаза	pH	Σи, мг/дм <sup>3</sup>	Цв, град.	ПО, мг/дм <sup>3</sup> а.к.	БО, мг/дм <sup>3</sup> а.к.	ПО/БО, %	Цв/ПО	Цв/БО	РОВ, мг/дм <sup>3</sup>	ЛОВ, мг/дм <sup>3</sup>	РОВ/Σи, %
<i>Азиатская территория</i>													
<i>Восточно-Сибирские темнохвойно-лиственничные таежные леса и редколесья с кедровым стлаником и горными тундрами</i>													
Среднесибирское плато	Трапповое средневысотное горнотундровое плато Путорана	весеннее половодье	7.0	38.2	15	1.9	6.5	30	7.9	2.3	3.6	1.1	9
		летняя межень	7.3	73.0	15	2.6	5.6	46	5.8	2.7	6.8	3.1	9
		летне-осенние паводки	7.2	51.9	12	1.5	3.4	44	8.0	3.5	2.9	1.3	6
		зимняя межень	7.2	162	10	1.9	4.3	44	5.3	2.3	4.9	2.2	3
		год	7.1	57.4	14	1.9	5.0	41	7.8	2.4	4.6	1.9	7
	Среднегорный Енисейский кряж с горнотаежными темнохвойными лесами	весеннее половодье	7.4	68.6	80	16.7	37.3	54	4.8	2.1	32.1	17.3	47
		летняя межень	7.7	205	32	6.3	15.2	37	5.1	2.1	16.4	6.1	8
		летне-осенние паводки	7.5	116	41	10.5	21.7	47	3.9	1.9	20.2	9.5	17
		зимняя межень	7.3	285	17	4.2	8.6	35	4.0	2.0	10.9	3.8	4
		год	7.5	177	43	8.4	21.5	45	5.1	2.0	19.9	9.2	19
<i>Восточно-Сибирские темнохвойно-лиственничные таежные леса и редколесья с кедровым стлаником и горными тундрами Среднесибирского плато</i>													
Прибайкалье и Забайкалье	Патомско-Северо-Байкальское нагорье с горнолиственничными лесами на склонах гор и гольцовыми вершинами	весеннее половодье	7.2	50.4	41	7.8	18.8	42	5.2	2.2	15.0	6.9	30
		летняя межень	7.5	126	22	4.1	9.4	41	5.4	2.3	10.7	4.4	9
		летне-осенние паводки	7.3	77.5	24	5.1	10.7	46	4.7	2.2	9.8	4.6	13
		зимняя межень	7.2	211	13	2.8	6.0	39	4.6	2.2	7.3	2.8	4
		год	7.3	105	26	4.4	12.0	43	5.1	2.2	10.7	4.6	14
	Становое нагорье с четанием горной тайги и гольцов	весеннее половодье	7.0	54.6	55	15.2	28.7	58	3.6	1.9	29.2	16.9	54
		летняя межень	7.3	105	26	4.7	10.1	52	5.5	2.6	12.2	6.3	12
		летне-осенние паводки	7.2	79.5	33	9.2	17.0	47	3.6	1.9	17.7	8.3	22
		зимняя межень	7.1	162	15	3.8	10.2	43	3.9	1.5	9.9	4.3	6
		год	7.1	97.0	36	9.6	20.9	50	3.8	1.7	17.2	9.0	24
весеннее половодье	6.4	21.3	19	7.8	15.3	54	2.4	1.2	15.0	8.1	70		
летняя межень	6.7	35.8	7	5.4	10.0	59	1.3	0.7	14.0	8.3	39		
летне-осенние паводки	6.9	25.5	24	6.8	12.6	57	3.5	1.9	13.1	7.5	51		
зимняя межень	6.8	66.5	5	4.5	7.8	59	1.1	0.6	11.7	6.9	18		
год	6.6	35.0	14	6.3	12.2	56	2.2	1.1	13.4	7.7	44		

Прибайкалье и Забайкалье	Витимское горнотаежное плоскогорье с лугово-болотными котловинами	весеннее половодье	7.1	77.0	17	13.9	30.9	54	1.2	0.6	26.7	14.4	35
		летняя межень	7.4	110	8	5.8	17.6	44	1.4	0.4	15.1	6.6	14
		летне-осенние паводки	7.3	96.1	18	10.1	24.4	47	1.8	0.7	19.4	9.1	20
		зимняя межень	7.0	167	12	5.1	13.7	42	2.4	0.9	13.3	5.6	8
		год	7.1	101	14	9.1	21.5	49	1.5	0.6	18.6	8.9	20
	Олекминское нагорье со среднетаежными лесами и предгорьцовым редколесьем на вершинах	весеннее половодье	6.9	95.8	44	13.5	31.3	44	3.2	1.4	25.9	11.4	27
		летняя межень	7.2	193	13	7.6	16.3	51	1.7	0.8	19.8	10.1	10
		летне-осенние паводки	7.2	87.2	23	11.8	27.0	49	1.9	0.8	22.7	11.1	26
		зимняя межень	7.1	168	13	5.7	13.2	44	2.3	1.0	14.8	6.5	9
		год	7.1	121	24	10.1	25.2	47	2.4	1.0	20.8	9.8	17
Становой средневысотный горнотаежный хребет с горно-лиственничными лесами и горными тундрами	весеннее половодье	6.4	10.1	85	18.8	–	–	–	4.5	–	36.1	–	–
	летняя межень	6.9	21.4	44	12.1	–	–	–	3.6	–	31.5	–	147
	летне-осенние паводки	6.6	12.2	58	20.3	–	–	–	2.8	–	39.0	–	–
	зимняя межень	6.2	82.6	30	12.9	–	–	–	2.3	–	33.5	–	41
	год	6.5	37.4	54	15.4	–	–	–	3.5	–	35.0	–	94
Алданское плоскогорье с гольцовыми хребтами и горно-лиственничными лесами	весеннее половодье	6.4	34.2	99	19.5	35.1	53	5.1	2.8	37.4	19.8	109	
	летняя межень	6.9	71.6	38	6.6	17.3	41	5.8	2.2	17.2	7.0	24	
	летне-осенние паводки	6.4	32.9	87	17.9	34.6	51	4.9	2.5	34.4	17.5	105	
	зимняя межень	6.8	175	21	7.8	13.6	50	2.7	1.5	20.3	10.2	12	
	год	6.6	88.2	58	12.8	24.4	49	4.5	2.4	27.3	13.6	62	
Северо-Восточная Сибирь	<i>Восточно-Сибирские темнохвойно-лиственничные леса и редколесья с кедровым стлаником и горными тундрами Прибайкалья и Забайкалья</i>	весеннее половодье	6.6	48.1	59	14.9	28.7	52	4.0	2.0	28.6	14.9	59
		летняя межень	7.0	91.8	23	6.7	14.5	49	3.4	1.6	17.4	8.5	19
		летне-осенние паводки	6.9	52.0	47	12.9	24.7	51	3.6	1.9	24.8	12.6	48
		зимняя межень	6.9	142	16	6.4	11.8	49	2.5	1.4	16.6	8.1	12
		год	6.8	82.2	36	10.5	21.2	50	3.4	1.7	21.9	11.0	34
	Верхоянская горная система с гольцовыми вершинами и редколесными склонами	весеннее половодье	6.4	29.6	65	13.6	29.1	46	4.8	2.2	26.1	12.0	88
		летняя межень	6.9	53.6	35	9.9	20.8	38	3.5	1.7	25.7	9.8	48
		летне-осенние паводки	6.7	44.1	44	11.2	25.0	42	3.9	1.8	29.1	12.2	66
		зимняя межень	6.6	145	11	3.9	9.8	32	2.8	1.1	7.5	2.4	5
		год	6.6	68.0	35	9.7	19.6	39	3.6	1.8	22.1	9.1	52

Таблица 1 (продолжение)

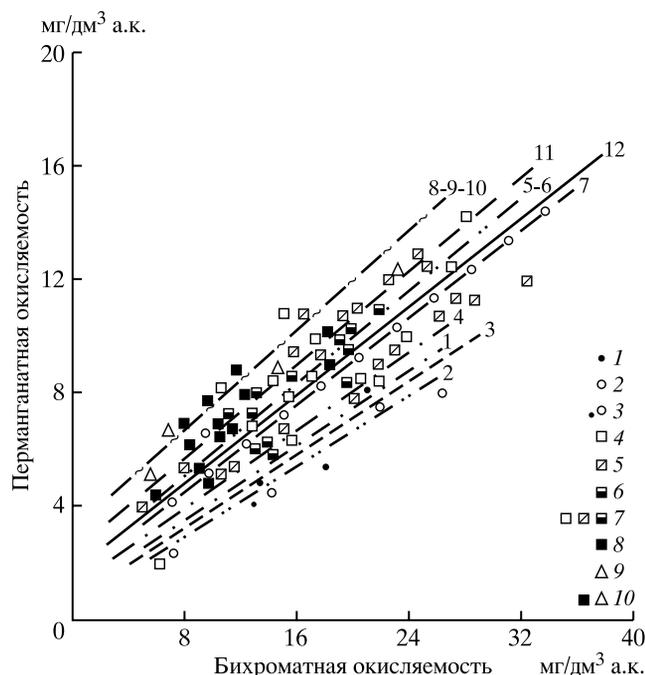
Природная страна	Природная провинция	Гидрологическая фаза	pH	$\Sigma H_i$ , мг/дм <sup>3</sup>	Цв, град.	ПО, мг/ дм <sup>3</sup> а.к.	БО, мг/ дм <sup>3</sup> а.к.	ПО/ БО, %	Цв/ПО	Цв/БО	РОВ, мг/дм <sup>3</sup>	ЛОВ, мг/дм <sup>3</sup>	РОВ/ $\Sigma H_i$ , %
Северо-Восточная Сибирь	Яно-Оймяконское тундрово-редколесное плоскогорье	весеннее половодье	6.5	29.1	89	19.6	37.0	53	4.5	2.4	37.6	19.9	129
		летняя межень	6.8	40.9	46	8.9	26.5	44	5.2	1.7	23.1	10.2	56
		летне-осенние паводки	6.7	31.0	52	16.8	26.7	48	3.1	1.9	32.3	15.5	104
		зимняя межень	6.4	75.5	13	7.5	13.7	55	1.7	0.9	19.5	10.7	26
		год	6.6	40.4	62	15.1	31.9	43	2.7	1.9	28.1	14.1	79
		весеннее половодье	6.4	33.4	53	18.9	24.4	67	2.8	2.2	36.3	24.3	109
		летняя межень	6.6	57.1	15	4.0	14.1	47	3.8	1.1	10.4	4.9	18
		летне-осенние паводки	6.5	40.3	37	8.3	15.9	63	4.4	2.3	15.9	10.0	39
		зимняя межень	6.3	74.4	12	7.0	9.4	69	1.7	1.3	18.2	12.6	24
		год	6.4	51.7	33	8.4	16.6	61	3.9	2.0	20.2	13.0	48
		весеннее половодье	6.3	39.6	36	8.7	20.6	66	4.1	1.7	16.7	11.0	42
		летняя межень	6.7	36.2	10	3.5	10.2	50	2.8	1.0	9.1	4.6	25
		летне-осенние паводки	6.5	28.9	28	7.7	12.9	66	3.6	2.2	14.8	9.8	51
		зимняя межень	6.3	55.9	9	3.3	4.9	68	2.7	1.8	8.6	5.8	15
	год	6.4	34.8	20	6.6	13.0	61	3.0	1.5	12.3	7.8	35	
	весеннее половодье	6.8	52.7	39	10.9	23.3	60	3.6	1.7	20.9	12.5	40	
	летняя межень	7.1	87.9	9	3.3	7.8	50	2.7	1.2	8.6	4.3	10	
	летне-осенние паводки	6.9	72.7	17	5.4	11.0	53	3.1	1.5	10.4	5.5	14	
	зимняя межень	6.8	105	3	3.2	7.2	48	0.9	0.4	8.3	4.0	8	
	год	6.9	80.9	18	5.4	12.1	52	3.3	1.5	12.1	6.6	18	
<i>Восточно-Сибирские темнохвойно-лиственничные таежные леса и редколесья с кедровым стлаником и горными тундрами Северо-Восточной Сибири</i>													
		весеннее половодье	6.5	36.0	58	14.8	27.3	51	3.9	2.1	28.4	14.5	79
		летняя межень	6.8	57.4	24	6.4	16.5	45	3.8	1.4	16.6	7.5	29
		летне-осенние паводки	6.7	45.2	37	10.0	19.2	47	3.7	1.9	19.2	9.0	42
		зимняя межень	6.5	100	10	5.0	9.3	51	2.0	1.1	13.0	6.6	13
		год	6.6	58.8	34	9.1	18.8	50	3.7	1.8	19.3	9.6	41

Северо-Восточная Сибирь	<i>Восточно-Сибирские темнохвойно-лиственничные таежные леса и редколесья с кедровым стлаником и горными тундрами Среднесибирского плато, Прибайкалья и Забайкалья и Северо-Восточной Сибири</i>													
		весеннее половодье	6.6	43.4	56	13.9	26.8	52	4.0	2.1	26.7	13.9	62	
		летняя межень	7.0	82.0	23	6.2	14.7	46	3.7	1.6	16.1	7.4	20	
		летне-осенние паводки	6.9	52.5	40	10.7	20.6	49	3.7	1.9	20.5	10.0	39	
		зимняя межень	6.8	134	13	5.4	10.0	48	2.4	1.3	14.0	6.7	10	
		год	6.8	75.5	34	9.1	19.0	49	3.7	1.8	19.3	9.5	33	
		<i>Притихоокеанские лесотундровые с поясом каменноберезовых и кедровых стлаников</i>												
		Сунгар-Хаягинское гольцовое нагорье	весеннее половодье	6.2	53.4	65	24.3	39.2	69	2.7	1.6	46.7	32.2	88
			летняя межень	6.5	98.4	14	3.6	6.7	45	3.9	2.1	9.4	4.2	10
			летне-осенние паводки	6.4	62.0	36	3.8	8.4	43	9.5	4.3	7.3	3.1	12
			зимняя межень	6.2	161	16	3.1	6.9	42	5.2	2.3	8.1	3.4	5
			год	6.3	90.8	34	9.0	17.0	48	3.8	2.0	17.8	8.5	29
		Магаданское тундрово-северотаежное нагорье	весеннее половодье	6.3	23.4	44	9.9	18.3	68	4.4	2.4	19.0	12.9	81
			летняя межень	6.6	31.2	8	3.2	9.9	58	2.5	0.8	8.3	4.8	27
			летне-осенние паводки	6.5	29.5	24	6.6	13.4	47	3.6	1.8	12.7	6.0	43
		зимняя межень	6.4	41.8	5	2.9	6.5	67	1.7	0.8	7.5	5.0	18	
		год	6.4	31.8	22	5.8	12.6	58	3.8	1.7	11.9	7.2	42	
	Верхнеколымское тундрово-редколесное нагорье с зарослями кедрового стланика	весеннее половодье	6.2	20.2	42	10.1	16.0	75	4.2	2.6	19.4	14.6	96	
		летняя межень	6.5	32.7	9	3.8	7.1	56	2.3	1.2	9.9	5.5	30	
		летне-осенние паводки	6.5	33.1	13	4.8	8.7	55	2.7	1.5	9.2	5.1	28	
		зимняя межень	6.3	39.6	6	3.9	8.6	55	1.5	0.7	10.1	5.6	26	
		год	6.4	30.7	22	6.2	11.3	65	3.5	1.9	12.2	7.7	45	
	<i>Притихоокеанские лесотундровые с поясом каменноберезовых и кедровых стлаников Северо-Восточной Сибири</i>													
		весеннее половодье	6.2	35.3	52	16.3	26.6	71	3.2	2.0	31.3	22.2	89	
		летняя межень	6.5	61.2	11	3.6	7.4	52	3.0	1.5	9.4	4.9	15	
		летне-осенние паводки	6.4	45.1	25	4.7	9.4	48	5.3	2.6	9.0	4.3	20	
		зимняя межень	6.3	93.1	10	3.4	7.5	52	2.9	1.3	8.8	4.6	9	
		год	6.4	57.2	27	7.4	14.0	56	3.6	1.9	14.6	9.0	33	
	<i>Восточно-Сибирские темнохвойно-лиственничные таежные леса и редколесья с кедровым стлаником и горными тундрами и притихоокеанские лесотундровые с поясом каменноберезовых и кедровых стлаников Северо-Восточной Сибири</i>													
		весеннее половодье	6.4	35.8	56	15.3	27.1	58	3.7	2.1	29.4	17.0	82	
		летняя межень	6.7	58.7	20	5.5	13.5	47	3.6	1.5	14.3	6.7	24	
		летне-осенние паводки	6.6	45.2	33	8.2	15.9	47	4.0	2.1	15.7	7.4	35	
		зимняя межень	6.4	97.8	10	4.5	8.7	51	2.2	1.1	11.7	6.0	12	
		год	6.5	58.3	32	8.5	17.2	52	3.8	1.9	17.8	9.3	38	

Таблица 1 (окончание)

Природная страна	Природная провинция	Гидрологическая фаза	pH	$\Sigma$ И, мг/дм <sup>3</sup>	Цв, град.	ПО, мг/дм <sup>3</sup> а.к.	БО, мг/дм <sup>3</sup> а.к.	ПО/БО, %	Цв/ПО	Цв/БО	РОВ, мг/дм <sup>3</sup>	ЛЮВ, мг/дм <sup>3</sup>	РОВ/ $\Sigma$ И, %		
Камчатско-Курильская	Камчатский Срединный тундрово-лесистый средневысотный хребет	весеннее половодье	6.7	56.1	15	4.1	-	-	3.6	-	7.9	-	14		
		летняя межень	7.0	68.0	10	2.4	-	-	4.2	-	6.2	-	9		
		летне-осенние паводки	7.0	76.3	12	4.1	-	-	2.9	-	7.9	-	10		
		зимняя межень	6.9	89.9	9	2.2	-	-	4.1	-	5.7	-	6		
		год	6.9	70.1	11	2.9	-	-	3.8	-	6.9	-	10		
		весеннее половодье	6.8	67.5	18	3.3	-	-	5.4	-	6.3	-	9		
		летняя межень	7.0	87.3	12	2.3	-	-	5.2	-	6.0	-	7		
		летне-осенние паводки	7.0	88.7	12	3.0	-	-	4.0	-	5.8	-	6		
		зимняя межень	6.9	88.8	10	2.4	-	-	4.2	-	6.2	-	7		
		год	6.9	82.5	14	2.7	-	-	5.2	-	6.1	-	7		
<i>Притихоокеанские лесотундровые с поясом каменноберезовых и кедровых стлаников Камчатско-Курильской страны</i>															
Камчатско-Курильская		весеннее половодье	6.7	59.9	16	3.8	-	-	4.2	-	7.3	-	12		
		летняя межень	7.0	74.4	11	2.4	-	-	4.6	-	6.2	-	8		
		летне-осенние паводки	7.0	80.4	12	3.7	-	-	3.2	-	7.1	-	9		
		зимняя межень	6.9	89.5	9	2.3	-	-	3.9	-	6.0	-	7		
		год	6.9	74.2	12	2.8	-	-	4.3	-	6.6	-	9		
		<i>Притихоокеанские лесотундровые с поясом каменноберезовых и кедровых стлаников Северо-Восточной Сибири и Камчатско-Курильской страны</i>													
		Камчатско-Курильская		весеннее половодье	6.4	44.2	39	11.8	26.6	71	3.3	1.5	22.7	16.1	51
				летняя межень	6.7	66.0	11	3.2	7.4	52	3.4	1.5	8.3	4.3	13
				летне-осенние паводки	6.6	57.8	20	4.3	9.4	48	4.6	2.1	8.3	4.0	14
				зимняя межень	6.5	91.8	10	3.0	7.5	52	3.3	1.3	7.8	4.1	8
год	6.6			63.3	22	5.7	14.0	56	3.8	1.5	11.8	7.1	22		
<i>Восточно-Сибирские темнохвойно-лиственничные таежные леса и редколесья с кедровым стлаником и горными тундрами и Притихоокеанские лесотундровые с поясом каменноберезовых и кедровых стлаников Азиатской территории</i>															
Камчатско-Курильская				весеннее половодье	6.6	43.6	52	13.4	26.8	57	3.9	1.9	25.7	14.6	59
				летняя межень	6.9	78.1	20	5.5	12.9	47	3.6	1.6	14.3	6.7	18
				летне-осенние паводки	6.8	53.8	35	9.1	17.9	49	3.8	2.0	17.5	8.6	32
				зимняя межень	6.7	123	12	4.8	9.4	49	2.5	1.3	12.5	6.1	10
		год	6.8	72.5	31	8.3	17.8	51	3.7	1.7	17.5	9.0	30		
		<i>Горы с тундрово-таежными типами вертикальной поясности России</i>													
		Камчатско-Курильская		весеннее половодье	6.6	43.9	51	13.2	26.9	56	3.9	1.9	25.3	14.2	58
				летняя межень	6.9	79.1	21	5.6	13.8	46	3.8	1.5	14.6	6.7	18
				летне-осенние паводки	6.8	54.8	35	9.2	17.8	48	3.8	2.0	17.7	8.5	32
				зимняя межень	6.7	126	13	5.0	9.8	49	2.6	1.3	13.0	6.4	10
год	6.8			73.7	31	8.4	18.3	50	3.7	1.7	17.6	9.0	30		

Прочерк означает отсутствие данных.

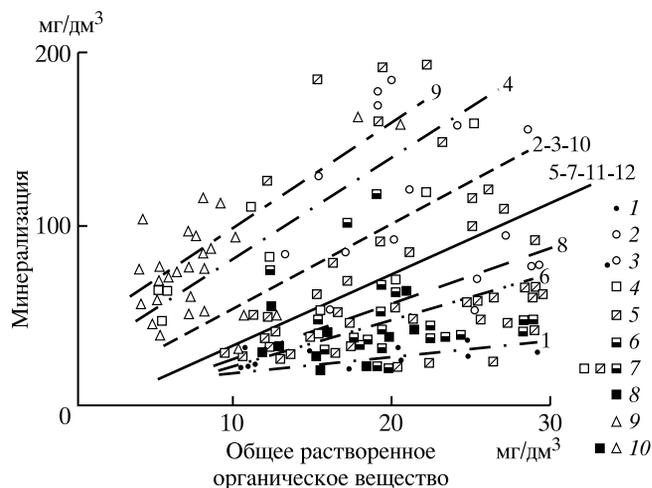


**Рис. 2.** Отношения многолетних средних годовых значений перманганатной и бихроматной окисляемости речных вод гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности России.

**Западные таежные с елово-березовым редколесьем, тундрами и лугами:** 1 – Финноскандия, 2 – Уральско-Новоземельская страна, 3 – западные таежные с елово-березовым редколесьем, тундрами и лугами (Европейская территория и Урал). **Восточно-Сибирские темнохвойно-лиственничные таежные леса и редколесья с кедровым стлаником и горными тундрами:** 4 – Среднесибирское плато, 5 – Прибайкалье и Забайкалье, 6 – Северо-Восточная Сибирь, 7 – восточно-сибирские темнохвойно-лиственничные таежные леса и редколесья с кедровым стлаником и горными тундрами. **Притихоокеанские лесотундровые с поясом каменноберезовых и кедровых стлаников:** 8 – Северо-Восточная Сибирь, 9 – Камчатско-Курильская страна, 10 – притихоокеанские лесотундровые с поясом каменноберезовых и кедровых стлаников, 11 – восточно-сибирские темнохвойно-лиственничные таежные леса и редколесья с кедровым стлаником и горными тундрами и притихоокеанские лесотундровые с поясом каменноберезовых и кедровых стлаников (Азиатская территория), 12 – тундрово-таежные типы вертикальной поясности России.

более благоприятных гидротермических условиях. Отношения ПО/БО в реках гор с западными типами поясности существенно ниже (41%), чем в водах гор с восточно-сибирскими (49%) и притихоокеанскими типами (56%), где они являются одними из наибольших в России и СНГ. В большинстве горных тундрово-таежных провинций вертикальная гидрохимическая поясность не развита вследствие слабой геоморфологической и ландшафтной дифференциации.

3. Гидрохимические показатели рек Европейских и Азиатских гор с тундрово-таежными ти-



**Рис. 3.** Зависимость между концентрацией общего растворенного органического вещества и минерализацией речных вод гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности России.

Усл. обозначения см. рис. 2.

пами вертикальной поясности в основном очень близки. Лишь отношения ПО/БО и содержание легкоокисляемых ОВ в воде азиатских рек заметно выше в результате большей подвижности почвенного гумуса в таежно-мерзлотных ландшафтах.

4. Экстремальные средние концентрации гуминовых и фульвовых кислот в воде рек гор с тундрово-таежными типами поясности максимальны на горной территории страны и составляют в зимнюю межень 0.005–0.045 и 0.19–0.42, в летнюю – 0.09–0.26 и 1.54–2.73, в половодье – 0.52–0.87 и 2.36–5.31 мг/дм<sup>3</sup> углерода; отношения  $C_{гк}/C_{фк}$  – соответственно 0.03–0.2, 0.05–0.09, 0.11–0.22. По содержанию гумусовых веществ реки гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности наиболее близки к рекам северной тайги.

**Таблица 2.** Экстремальные средние концентрации гуминовых и фульвовых кислот в речных водах гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности России (1971–1974 гг.)

Гидрологическая фаза	Кислоты, мг С/дм <sup>3</sup>		Отношение углерода гуминовых и фульвовых кислот, %
	гуминовые	фульвовые	
Весеннее половодье	0.520–0.870	2.36–5.31	11–22
Летняя межень	0.090–0.260	1.54–2.73	5–9
Зимняя межень	0.005–0.045	0.190–0.420	3–20
Год	0.137–0.356	1.53–2.34	9–15

По уменьшению в воде общего ОВ, его отдельных фракций (ЛОВ, ООВ, ГК, ФК) реки горных территорий страны расположены в порядке: горы с тундрово-таежными, тундрово-арктическими, лесо-луговыми, пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алекин О.А.* Гидрохимия рек СССР // Тр. ГГИ. 1948. Ч. I. Вып. 3. 67 с.
2. *Алекин О.А.* Гидрохимия рек СССР // Тр. ГГИ. 1949. Ч. III. Вып. 15(69). 142 с.
3. *Артемьев В.Е.* Геохимия органического вещества в системе река – море. М.: Наука, 1993. 204 с.
4. *Бочкарев П.Ф.* Гидрохимия рек Восточной Сибири. Иркутск: Иркутск. кн. изд-во, 1959. 155 с.
5. *Воронков П.П.* Закономерности формирования и зональность химического состава вод местного стока // Тр. ГГИ. 1963. Вып. 102. С. 43–119.
6. *Вотинцев К.К., Глазунов И.В., Толмачева А.П.* Гидрохимия рек бассейна озера Байкал. М.: Наука, 1965. 495 с.
7. *Иевлев В.С.* Гидрохимический очерк реки Пясины // Гидрохимические материалы. 1941. Т. 12. С. 169–181.
8. *Кононова М.М.* Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 314 с.
9. *Коронкевич Н.И.* Преобразование водного баланса. М.: Наука, 1973. 119 с.
10. *Ливеровский Ю.А.* Почвы СССР. М.: Мысль, 1974. 460 с.
11. *Никаноров А.М.* Гидрохимия. 2-е изд. СПб.: Гидрометеоздат, 2001. 447 с.
12. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрель–2000, 1999. 768 с.
13. *Родин Л.Е., Базилевич Н.И.* Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.–Л.: Наука, 1965. 253 с.
14. *Смирнов М.П.* Распределение и особенности органических веществ речных вод тундровой зоны // Гидрохимические материалы. 1972. Т. 53. С. 71–85.
15. *Смирнов М.П.* Гидрохимия рек гор с тундрово-арктическими типами вертикальной поясности России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2008. № 2. С. 59–66.
16. *Тюрин И.В.* Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965. 319 с.
17. Физико-географический атлас мира. М.: Изд-во АН СССР и ГУГК, 1964. 298 с.
18. *Шилькрот Г.С.* Механизмы, управляющие химическим составом речных и озерных вод // Изв. РАН. Сер. геогр. 1998. № 4. С. 42–59.

## Dissolved Organic Matters and Mineralization of River Water of Mountains with Tundra-Taiga Types of Vertical Zoning in Russia

M.P. Smirnov

*Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don, Russia  
e-mail: ghi@aanet.ru*

Space-time characteristics of dissolved organic matters (DOM), alkaline-acidic conditions (pH) and mineralization ( $\Sigma m$ ) of river waters of natural provinces and countries of mountains with tundra-taiga types of vertical zoning of Russia are analyzed. The study is based on the results of long-term experimental hydrochemical researches and observations on the network of Hydrometeorological Service. The reaction of river water of studied mountains is neutral (pH is from 6.5 to 7.0). Water mineralization in the main area is extremely small (less than 100 mg/dm<sup>3</sup>), in some natural countries and provinces increases to small. The river water of mountains with the West Siberian and East Siberian tundra-taiga zoning types is quite similar by average annual chrominance, by the content of dissolved organic matters and easily oxidable fractions, while these parameters for the river water of the pacific types mountains are at 1.5 times lower. Extreme average concentrations of humic and fulvic acids in the water of the rivers of these mountains are maximal in the mountain territory of the country.

**Keywords:** dissolved organic matters, chrominance, permanganate and dichromate water oxidability, humic and fulvic acids, water reaction, natural provinces and countries, rivers.

doi: 10.15356/0373-2444-2015-5-54-68