

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 556.114.7

ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА И МИНЕРАЛИЗАЦИЯ РЕЧНЫХ ВОД
ГОР РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАН

© 2019 г. М. П. Смирнов

Гидрохимический институт, Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: andreros2011@gmail.com

Поступила в редакцию 18.10.2016 г.

После доработки 18.10.2016 г.

Принята в печать 21.09.2018 г.

Анализируются общие закономерности формирования растворенных органических веществ (РОВ), минерализации (Σ и), щелочно-кислотных показателей (рН) речных вод в горах с различными типами ввысотной поясности в России и странах СНГ. Анализ основан на результатах многолетних экспериментальных исследований и наблюдений на сети Росгидромета. Реакция воды рек в южном направлении в соответствии с изменением ландшафтно-геохимических условий последовательно изменяется от кислой в тундрово-арктических к нейтральной в тундрово-таежных, слабощелочной в лесо-луговых и щелочной в пустынно-субтропических горах. Средне-многолетняя минерализация воды горных рек в двух северных типах вертикальной поясности составляет 42 и 74 мг/л, в двух южных – 140 и 450 мг/л. Среднегодовые значения перманганатной (ПО) и бихроматной (БО) окисляемости, как и цветности, речных вод в ксерофитных пустынно-субтропических горах малые (3 и 7), возрастают до средних и слабоповышенных градаций в гумидных тундрово-таежных, тундрово-арктических, лесо-луговых горах (7–8 и 13–18 мг О/л). Отношения ПО:БО изменяются от 62% в тундрово-арктических до 50%, 41% и 35% в тундрово-таежных, лесо-луговых и пустынно-субтропических горах. Содержание гуминовых и фульвовых кислот также максимальны в двух северных типах горной поясности – 0.224 и 1.80 мг С/л, в двух южных убывают до 0.013 и 0.067, 0.373 и 0.637 мг С/л. Отношения $C_{гк}:C_{фк}$ уменьшаются к югу в лесо-луговых и пустынно-субтропических горах в 1.3 и 3.7 раза.

Ключевые слова: растворенные органические вещества, цветность, перманганатная и бихроматная окисляемость, минерализация, реакция воды, гуминовые и фульвовые кислоты, типы вертикальной поясности, гидрохимическая поясность, горные реки.

DOI: 10.31857/S2587-55662019199-106

Введение. Формирование растворенных органических веществ (РОВ) и минерализации речных вод (Σ и) гор обусловлено типами вертикальной поясности, фациальностью природной среды, ярусностью рельефа. Определяющую роль, как и на равнинах, играют почвенно-биогеохимические условия, характер и интенсивность антропогенных факторов. По сравнению с равнинами в горах быстро нарастает механическая денудация, часто превалирующая над химической, либо степень их проявления одинакова [1–5, 9–15, 23, 24].

В горах России и стран СНГ на обширных пространствах сформированы типы вертикальной поясности: тундрово-арктические, тундрово-таежные, лесо-луговые, пустынно-субтропические [23]. Степень их ландшафтной и гидрохимической изученности сильно различается, увеличиваясь в южном направлении [1–15, 16–24]. Материалы и методы исследования, факторы

формирования химического состава горных речных вод, использованные классификации охарактеризованы в работах [1–3, 11, 16–22]. Большое внимание изучению растворенных органических и минеральных веществ в речных водах уделяется за рубежом [25–29].

В работах [25–29] представлен литературный обзор закономерностей распределения органических веществ в природных водах, рассматриваются основные источники их поступления в водоемы, методы количественной оценки суммарного содержания в воде, анализируются распределение и миграция растворенных и взвешенных форм органического углерода, азота, фосфора в водах рек различных районов мира, даются оценки перспективного формирования ингредиентов в поверхностных водах.

В настоящей работе применены следующие классификации поверхностных вод по значениям рН, минерализации, цветности (Цв),

перманганатной (ПО, $O_{\text{перм}}$) и бихроматной (БО, $O_{\text{бихр}}$) окисляемости, отношению ПО:БО.

По значениям pH: < 4.5 – сильноокислая, 4.5–5.5 – кислая, 5.5–6.5 – слабоокислая, 6.5–7.0 – нейтральная, 7.0–7.5 – слабощелочная, 7.5–8.5 – щелочная, > 8.5 – сильнощелочная.

По минерализации (мг/л): < 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 О/л): 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 О/л): 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 дана систематическая гидрохимическая характеристика рек равнин и гор, составлены легенды к картам цветности, перманганатной, бихроматной окисляемости, отношений ПО:БО речных вод в половодье, летнюю, зимнюю межени, годовой период. Факторы формирования химического состава вод рассмотрены в работах [17–22].

Органические вещества и минерализация воды горных рек. В горных реках таежно-лесных ландшафтов выявляется наибольшее количество растворенных органических веществ (РОВ), в реках горных тундровых, луговых, степных ландшафтов содержание их быстро понижается. Максимальные концентрации РОВ и легкоокисляемых ОВ (ЛОВ) находятся в речных водах гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности, за которыми по убывающей следуют реки гор с тундрово-арктическими, лесо-луговыми, пустынно-субтропическими, где они минимальны [16–22]. При этом, всюду наиболее высокое содержание аквагумуса и его фракций обычно характерно для внутриматериковых областей с резко континентальным климатом, интенсивным развитием многолетней мерзлоты. В воде рек приокеанских горных областей, где более мягкий

климат и мерзлота ослабевает или отсутствует, количество ОВ снижается.

Основной закономерностью распределения ОВ в речных водах гор является вертикальная поясность. Структура гидрохимической поясности зависит от географического положения, типа ландшафтной поясности, широтной зоны, природной страны, в которых находятся горы, а также от их орографии. Гидрохимические пояса выделяются в горных областях, которые имеют достаточно развитую ландшафтную поясность.

В горах с тундрово-арктическими типами вертикальной поясности ярусность окисляемости вод проявляется лишь фрагментарно на Полярном Урале, хребте Бырранга, Чукотском нагорье [17, 19].

В большинстве гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности из-за незначительной геоморфологической и ландшафтной дифференциации сформирован обычно один гидрохимический пояс. Только в Кольском низкогорье и Восточно-Камчатской провинции выделяются два пояса [18, 19].

В горах с лесо-луговыми типами вертикальной поясности гидрохимическая ярусность развита на Северном Кавказе, в Карпатах, Горном Крыму (западные типы вертикальной поясности); на Среднем и Южном Урале, в Горном Алтае, Саянском, Тувинском, Прибайкальском нагорьях, Приселенгинском среднегорье (центральные типы вертикальной поясности); на Северном и Южном Сихотэ-Алине, Южном Сахалине (дальневосточные типы вертикальной поясности); на Северном Тянь-Шане (среднеазиатские типы вертикальной поясности) [19, 21].

В горах с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности гидрохимическая ярусность характерна для Восточно-Закавказской провинции, Армянского нагорья, Копетдагского среднегорья, высокогорных хребтов Таджикистана, Восточного Памира, Южно-Таджикистанского среднегорья, горных хребтов Южного и Западного Тянь-Шаня [19, 22].

В высоких горах – на Кавказе, Тянь-Шане, Памиро-Алае, Киргизском, Таджикистанском, других хребтах Средней Азии со спектром оптимально развитых орографических и ландшафтных ярусов выделяются три высотных пояса окисляемости ($O_{\text{перм}}$) речных вод: 0–2, 2–5, 5–10 мг О/л. В средневысотных, реже низких горах – на Карпатах, Урале, Переднеазиатских нагорьях, Алтае, Восточном и Западном Саяне, Сихотэ-Алине, хребтах Камчатском Срединном, Прибайкальях, Забайкальях, Средней Азии выделяются два пояса окисляемости речных вод: 2–5, 5–10 или изредка 5–10, 10–15 мг О/л. Пояса цветности вод в целом аналогичные. Гидрохимические пояса сменяются в указанной

последовательности от высокогорного рельефа к низкорослому и предгорному.

Пояс очень малой окисляемости речных вод 0–2 мг О/л приурочен к ландшафтам гольцов, альпийских и субальпийских лугов, местами отчасти к лесо-луговым или горно-степным. Пояс малой окисляемости вод 2–5 мг О/л развит ниже яруса очень малой окисляемости, а при его отсутствии является верхним. Он сопряжен с горным таежно-лесным, в Средней Азии также с горными степным и пустынным поясами. Ниже по рельефу последний сменяется поясом средней окисляемости вод 5–10 мг О/л, развитым в сфере горных лесостепного, степного, полупустынного поясов.

В табл. 1 представлены усредненные сезонные и годовые по гидрохимическим поясам характеристики речных вод гор с различными типами вертикальной поясности. Щелочно-кислотные показатели речных вод гор России и стран СНГ с различными типами вертикальной поясности многообразны: среднегодовые значения рН изменяются от 6.4 до 7.6. Реакция речных вод гор с тундрово-арктическими типами вертикальной поясности слабокислая (рН 6.4); с тундрово-таежными – нейтральная (рН 6.8); с лесо-луговыми – слабощелочная на грани с нейтральной (рН 7.1); с пустынно-субтропическими – щелочная (рН 7.6). Таким образом, на большей части горных территорий преобладает нейтральная и близкая к нейтральной реакция речных вод [17–22].

Минерализация воды горных рек различается на порядок. Речные воды гор северных широт с тундрово-арктическими и тундрово-таежными типами вертикальной поясности очень мало минерализованы: среднегодовая сумма главных ионов составляет соответственно 42 и 74 мг/л.

Далее к югу, в горах с лесо-луговыми типами вертикальной поясности минерализация вод возрастает до малой – 140 мг/л, в горах с пустынно-субтропическими – до средней – 450 мг/л. Следовательно, на большей части горных территорий речные воды очень мало и маломинерализованы.

Среднеголетняя цветность речных вод (Цв) южных гор с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности весьма мала. В горах с тундрово-арктическими типами поясности она возрастает до малой – 20°, в горах с лесо-луговыми и тундрово-таежными – до уровня средней – 30° и 31°.

Распределение значений перманганатной и бихроматной окисляемости воды рек аналогичное величинам цветности. В горах с пустынно-субтропическими типами поясности в среднем они малые – 3 и 7, в горах с остальными тремя типами поясности возрастают до градаций средних – 7–8 и 13–18 мг О/л. При этом, значения $O_{\text{бихр}}$ вод в горах с тундрово-арктическими типами поясности в 1.5 раза ниже, чем в горах с тундрово-таежными и лесо-луговыми. В горах бореального пояса с тремя северными типами поясности доминируют геохимические ландшафты кислого и кисло-глеевого классов. Поэтому концентрации ОВ в речных водах здесь сходны и вдвое выше, чем в ксерофитных южных горах суббореального пояса.

Многолетние среднегодовые отношения ПО:БО вод максимальны в горах с тундрово-арктическими типами вертикальной поясности – 62%, в горах с тундрово-таежными и лесо-луговыми – снижаются соответственно до 50 и 41%, в горах с пустынно-субтропическими – до 35%, т.е. почти вдвое по сравнению с крайне северными горами (рис. 1).

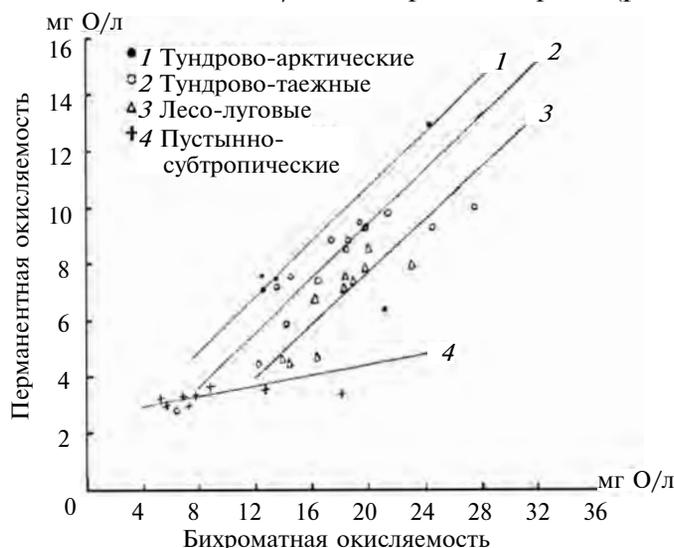


Рис. 1. Отношения многолетних средних годовых значений перманганатной и бихроматной окисляемости речных вод гор с различными типами вертикальной поясности (1–4) России и стран СНГ.

Таблица 1. Многолетние средние сезонные и годовые значения рН, минерализации, цветности, окисляемости, гумусовых кислот речных вод гор с различными типами вертикальной поясности России и стран СНГ

Гидрологическая фаза	рН	Σи, мг/л	Цв, град.	ПО, мг О/л	БО, мг О/л	ПО:БО, %	Цв:ПО	Цв:БО	РОВ, мг/л	ЛОВ, мг/л	РОВ: Σи, %	ГК, мг С/л	ФК, мг С/л	С _{тк} :С _{фк} , %
Горы с тундрово-арктическими типами вертикальной поясности России														
Весеннее половодье	6.2	22.9	32	10.3	17.2	63	3.1	1.9	19.8	12.5	86	0.491	2.70	18
Летняя межень	6.6	42.7	15	5.5	9.9	59	2.7	1.5	14.3	8.4	34	0.091	2.13	4.3
Летне-осенние паводки	6.4	31.7	17	6.9	12.4	63	2.5	1.4	13.2	8.3	42	Не опр.		
Зимняя межень	6.4	65.8	10	4.4	7.4	61	2.3	1.4	11.4	7.0	17	0.038	0.595	6.4
Год	6.4	42.4	20	7.3	13.1	62	2.7	1.5	17.2	10.7	41	0.207	1.81	11
Горы с тундрово-гаежными типами вертикальной поясности России														
Весеннее половодье	6.6	43.9	51	13.2	26.9	56	3.9	1.9	25.3	14.2	58	0.757	4.40	17
Летняя межень	6.9	79.1	21	5.6	13.8	46	3.8	1.5	14.6	6.7	18	0.123	2.06	6.0
Летне-осенние паводки	6.8	54.8	35	9.2	17.8	48	3.8	2.0	17.7	8.5	32	Не опр.		
Зимняя межень	6.7	126	13	5.0	9.8	49	2.6	1.3	13.0	6.4	10	0.026	0.265	9.8
Год	6.8	73.7	31	8.4	18.3	50	3.7	1.7	17.6	9.0	30	0.224	1.77	13
Горы с лесо-луговыми типами вертикальной поясности России и стран СНГ														
Весеннее половодье	7.0	108	44	9.0	22.0	44	4.9	2.0	17.3	7.6	16.0	0.156	1.14	14
Летняя межень	7.3	159	22	4.5	13.3	36	4.9	1.6	11.7	4.2	7.3	0.034	0.556	6.1
Летне-осенние паводки	7.1	129	35	8.7	22.0	43	4.0	1.6	16.7	7.2	12.9	Не опр.		
Зимняя межень	7.0	192	14	4.0	11.4	38	3.5	1.2	10.4	4.0	5.4	0.017	0.238	7.1
Год	7.1	140	30	7.0	17.9	41	4.3	1.7	14.0	5.8	10.4	0.067	0.637	10
Горы с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности России и стран СНГ														
Весеннее половодье	7.6	396	11	3.8	8.9	35	2.9	1.2	10.9	3.8	2.7	0.023	0.414	5.6
Летняя межень	7.6	530	7	2.1	5.5	34	3.3	1.3	6.0	2.0	1.1	0.014	0.404	3.5
Летне-осенние паводки	7.6	418	10	4.3	7.7	41	2.3	1.3	12.3	5.0	2.9	Не опр.		
Зимняя межень	7.6	529	7	2.3	5.1	27	3.0	1.4	6.6	1.8	1.2	0.005	0.312	1.6
Год	7.6	449	9	3.2	7.1	35	2.8	1.3	9.2	3.2	2.1	0.013	0.373	3.5

Примечание. Приняты следующие сокращения гидрохимических показателей воды рек:

Σи – минерализация, Цв – цветность, ПО – перманганатная окисляемость, БО – бихроматная окисляемость, ПО:БО – отношение перманганатной и бихроматной окисляемости, Цв:ПО – коэффициент цветности по перманганатной окисляемости, Цв:БО – коэффициент цветности по бихроматной окисляемости, РОВ – растворенные органические вещества, ЛОВ – легкоокисляемые органические вещества, РОВ:Σи – отношение растворенных органических веществ и суммы главных ионов (минерализации), ГК – гуминовые кислоты, ФК – фульвовые кислоты, С_{тк}:С_{фк} – отношение углерода гуминовых и фульвовых кислот.

Такие же закономерности распределения РОВ и ЛОВ, среднемноголетнее содержание которых в воде рек северных тундрово-арктических и тундрово-таежных гор составляет 17–18 и 9–11 мг/л соответственно, южнее в лесо-луговых горах уменьшается до 14 и 6, в крайне южных пустынно-субтропических горах – до 9 и 3 мг/л, т.е. в 2 и 3 раза.

Коэффициенты Цв:ПО и Цв:БО максимальны в тундрово-таежных и лесо-луговых горах – около 4 и 2, в тундрово-арктических и пустынно-субтропических горах снижаются до 3 и 1.3 соответственно.

Из гидрохимических показателей наиболее контрастны в горных реках отношения РОВ:Σи (рис. 2). В воде рек тундрово-арктических гор они составляют в среднем за год 41%, в тундрово-таежных – 30%, в лесо-луговых – 10%, в пустынно-субтропических – свыше 2%, т.е. на крайнем юге убывают почти в 20 раз по сравнению с крайне северными горными реками. Таким образом, роль ОВ велика в тундрово-арктических и тундрово-таежных горных реках, в лесо-луговых снижается в 3–4 раза, в самых южных безлесных – в два десятка раз.

Многолетнее среднегодовое содержание гуминовых и фульвовых кислот в воде рек наиболее высокое в горах с тундрово-таежными и тундрово-арктическими типами вертикальной поясности, в горах с лесо-луговыми – уменьшается втрое, в горах с пустынно-субтропическими – до минимального уровня на горной территории, соответственно в 5 и 17 раз. Отношение $C_{гк}:C_{фк}$ наибольшее в тундрово-таежных горных реках – 13%, к северу в тундрово-арктических понижается меньше – в 1.2 раза, к югу в лесо-

луговых и пустынно-субтропических – соответственно в 1.3 и 3.7 раза.

Горные реки России и СНГ имеют в среднем за год нейтральную реакцию – рН 6.9, малую минерализацию – 120 мг/л, средние цветность – 27°, $O_{перм}$ и $O_{бихр}$ – 7 и 17 мг О/л, повышенные отношения ПО:БО – 47%. Коэффициенты цветности равны 3.7 и 1.6. Количество общего ОВ и легкоокисляемых соединений в воде всех горных рек составляет 16 и 8 мг/л, гуминовых и фульвовых кислот – 0.089 и 0.842 мг С/л; отношения РОВ:Σи равны 22%, $C_{гк}:C_{фк}$ – 11%.

Внутригодовой гидрохимический режим горных рек более динамичен, но в общем аналогичен режиму рек равнин. Максимальное количество органических веществ содержится в речных водах в периоды половодья и паводков. В летнюю межень содержание РОВ и ЛОВ, значения окисляемости и цветности понижаются, в зимнюю межень становятся минимальными в годовом цикле. Количество минеральных компонентов, напротив, повышается от половодья к летней межени, а зимой достигает максимального уровня.

Гидрохимические характеристики горных и равнинных рек существенно различны. Многолетняя среднегодовая реакция воды горных рек нейтральная, равнинных – слабощелочная. Горные речные воды втрое менее минерализованы, вдвое слабее окрашены. Среднегодовые значения $O_{перм}$ и $O_{бихр}$ вод горных рек в полтора раза ниже. Горные реки превосходят равнинные по отношению ПО:БО вод, но в такой же мере уступают им по коэффициентам цветности. По концентрациям общего ОВ и легкоокисляемых фракций реки отличаются так же, как по окисляемости вод.

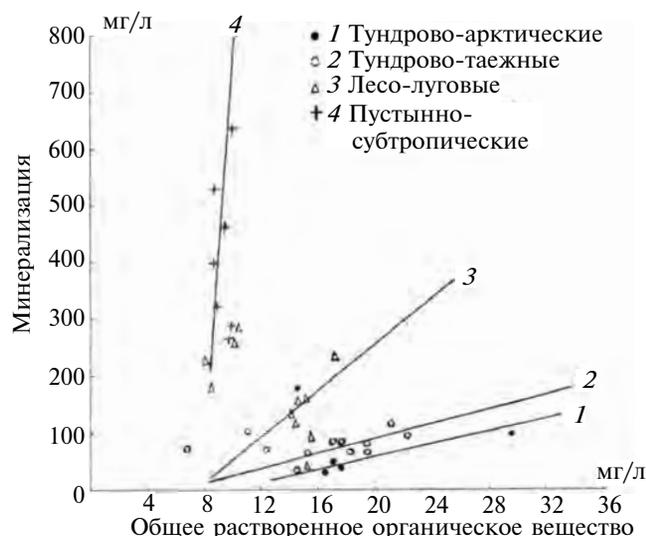


Рис. 2. Зависимость между содержанием общего растворенного органического вещества и минерализацией речных вод гор с различными типами вертикальной поясности (1–4) России и стран СНГ.

Содержание гуминовых и фульвовых кислот в горных реках в 2.5 раза меньше. Вследствие существенно большей минерализации вод отношения РОВ: Σ и в равнинных реках в 1.5 раза ниже, чем в горных реках.

Выводы.

1. Многолетние среднегодовые значения рН речных вод гор с тундрово-арктическими, тундрово-таежными, лесо-луговыми, пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности соответственно равны 6.4, 6.8, 7.1, 7.6. Реакция воды горных рек в южном направлении постепенно переходит от кислой к нейтральной, слабощелочной и щелочной.

2. Среднеголетняя минерализация воды горных рек различается на порядок. В двух северных типах горной поясности она составляет 42 и 74 мг/л, в двух южных — 140 и 450 мг/л. На основной части горных территорий речные воды очень слабо- и мало минерализованы.

3. Годовые значения цветности воды возрастают от очень малых в пустынно-субтропических до малых в тундрово-арктических (20°) и средних в лесо-луговых и тундрово-таежных горах (30° и 31°).

4. Территориальное распределение величин перманганатной и бихроматной окисляемости аналогичное цветности вод: в среднем за год они малые в ксерофитных горах с пустынно-субтропическими (3 и 7 мг О/л), увеличиваются до средних и слабоповышенных градаций в гумидных горах с остальными типами вертикальной поясности (7–8 и 13–18 мг О/л), в которых господствуют геохимические ландшафты кислото- и кислотно-глеевого классов.

5. Среднегодовые отношения ПО:БО вод, напротив, максимальны в тундрово-арктических горах (62%), южнее в тундрово-таежных, лесо-луговых и пустынно-субтропических горах убывают соответственно до 50, 41 и 35%, что указывает на снижение содержания легкоокисляемых фракций от северных широт к южным вдвое.

6. Многолетние среднегодовые концентрации общего ОВ и легкоокисляемых форм уменьшаются от тундрово-арктических и тундрово-таежных гор (17–18 и 9–11 мг/л) вдвое и втрое в лесо-луговых и пустынно-субтропических горах, по мере усиления засушливости и аридности.

7. Гидрохимическая роль аквагумуса максимальна в тундрово-арктических и тундрово-таежных горах, где условия для его формирования и миграции наиболее благоприятны; в лесо-луговых и особенно пустынно-субтропических горах многократно падает из-за их ухудшения, о чем свидетельствует снижение отношений РОВ/ Σ и соответственно от 41% и 30% до 10% и 2%, т.е. в 3–4 и 20 раз. В этих условиях одновременно происходит обратный процесс нара-

стания минерализации речных вод, прежде всего в связи с усилением аридности и засушливости.

8. В южном направлении в связи с указанными причинами также резко уменьшается содержание гумусовых веществ в воде горных рек. Концентрации гуминовых и фульвовых кислот максимальные в речных водах гор бореального пояса (0.224 и 1.80 мг С/л), резко снижаются в горных реках суббореального пояса — до 0.067 и 0.013, 0.637 и 0.373 мг С/л, т.е. от 5 до 17 раз. Отношения $C_{гк}:C_{фк}$ убывают к югу в лесо-луговых и пустынно-субтропических горах в 1.3 и 3.7 раза.

9. Гидрохимические показатели горных и равнинных рек существенно различны. В целом реакция воды горных рек нейтральная, равнинных — слабощелочная. Горные речные воды втрое меньше минерализованы, вдвое слабее окрашены. Среднегодовые величины перманганатной и бихроматной окисляемости, концентрации РОВ и ЛОВ в воде горных рек в 1.5 раза, содержание гумусовых веществ в 2.5 раза ниже, чем в равнинных реках.

10. Ландшафтная поясность является важнейшим фактором, определяющим закономерности распределения органических веществ и минерализации горных речных вод. Вследствие незначительной орографической и ландшафтной дифференциации ярусность цветности и окисляемости вод в горах с тундрово-арктическими и тундрово-таежными типами вертикальной поясности проявляется фрагментарно. В горах с лесо-луговыми и пустынно-субтропическими типами поясности со спектром оптимально развитых геоморфологических и ландшафтных поясов гидрохимическая ярусность сформирована на всей территории. Пояса $O_{перм}$ вод 0–2, 2–5, 5–10, 10–15 мг О/л последовательно сменяются от высокогорного рельефа к низкогорному и предгорному. Они приурочены к различным ландшафтными поясам: гольцовому, альпийскому, субальпийскому, горным — лесо-луговому, степному, полупустынному, пустынному в зависимости от географического положения гор и развития ярусности рельефа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алекин О.А.* Гидрохимия рек СССР. Европейская территория // Тр. ГГИ. 1948. Вып. 3. 67 с.
2. *Алекин О.А.* Гидрохимия рек СССР. Бассейны Каспийского и Черного морей (исключая Кавказ) // Тр. ГГИ. 1948. Вып. 10 (64). 184 с.
3. *Алекин О.А.* Гидрохимия рек СССР. Кавказ и Азиатская территория // Тр. ГГИ. 1949. Вып. 15 (69). 144 с.
4. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX сто-

- летия / отв. ред. Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева. М.: Наука, 2003. 367 с.
5. *Артемьев В.Е.* Геохимия органического вещества в системе река–море. М.: Наука, 1993. 204 с.
 6. *Бочкарев П.Ф.* Гидрохимия рек Восточной Сибири. Иркутск: Ирк. кн. изд-во, 1959. 155 с.
 7. *Воронков П.П.* Общие закономерности формирования химического состава поверхностных вод Европейской территории СССР // Гидрохим. материалы. 1955. Т. 24. С. 79–81.
 8. *Вотинцев К.К., Глазунов И.В., Толмачева А.П.* Гидрохимия рек бассейна озера Байкал. М.: Наука, 1965. 495 с.
 9. *Геннадиев А.Н., Глазовская М.А.* География почв с основами почвоведения. М.: Высшая школа, 2005. 461 с.
 10. География и окружающая среда / под ред. В.В. Дмитриева, Н.С. Касимова, С.М. Малхазовой. СПб.: Наука, 2003. 684 с.
 11. Гидрохимический атлас СССР / под общ. ред. А.М. Никанорова. М.: ГУГК при СМ СССР, 1990. 111 с.
 12. *Котляков В.М., Коронкевич Н.И., Черногаева Г.М.* Географо-гидрологические направления в гидрологии. М., 1995. С. 5–10.
 13. *Ливеровский Ю.А.* Почвы СССР. М.: Мысль, 1974. 463 с.
 14. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрейя-2000, 1999. 768 с.
 15. *Скопинцев Б.А.* Органическое вещество в природных водах (водный гумус) // Тр. ГОИН. Вып. 17 (29). Л.: Гидрометеиздат, 1950. 290 с.
 16. *Смирнов М.П.* Почвы Западного Саяна. М.: Наука, 1970. 236 с.
 17. *Смирнов М.П.* Гидрохимия рек гор с тундрово-арктическими типами вертикальной поясности России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2008. № 2. С. 59–67.
 18. *Смирнов М.П.* Растворенные органические вещества и минерализация речных вод гор с тундрово-таежными типами вертикальной поясности России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2015. № 5. С. 54–68.
 19. *Смирнов М.П.* Органические вещества и минерализация речных вод России, СНГ, Балтии. Ростов н/Д: НОК, 2015. 360 с.
 20. *Смирнов М.П.* Природный и антропогенный сток биогенных элементов и органических веществ с территории России. Ростов н/Д: НОК, 2016. 132 с.
 21. *Смирнов М.П.* Гидрохимия рек гор с лесо-луговыми типами вертикальной поясности России и стран СНГ // Изв. РАН. Сер. геогр. 2016. № 4. С. 62–77.
 22. *Смирнов М.П.* Минерализация воды и органические вещества горных пустынно-субтропических рек Средней Азии и Кавказа // Изв. РАН. Сер. геогр. 2017. № 2. С. 34–46.
 23. Физико-географический атлас мира. М.: Изд-во АН СССР и ГУГК при ГК СССР, 1964. 298 с.
 24. *Шилькрот Г.С.* Механизмы, управляющие химическим составом речных и озерных вод // Изв. РАН. Сер. геогр. 1998. № 4. С. 42–59.
 25. *Adams V.D., Watts R.J., Pitts M.E.* Organics // J. Water Pollut. Contr. Fed. 1984. V. 56. № 6. P. 522–544.
 26. *Belsare D.K., Prasad D.V., Ganapati S.V.* Organic matter in pure and polluted rivers and reservoirs: estimation and robe in colour and odour // J. Sci. and Ind. Res. 1981. V. 40. № 12. P. 804–815.
 27. *Degens E., Kempe S., Jttekkot V.* Monitoring carbon in world rivers // Environment. 1984. V. 26. № 9. P. 29–33.
 28. *Frey Karen E., Smith Laurence C.* Amplified carbon release from vast West Siberian peatlands by 2100 // Geophys. Res. Lett. 2005. V. 32. № 9. P. 09401/1–09401/4.

REFERENCES

1. Alekin O.A. Hydrochemistry of rivers of the USSR. European territory. *Tr. GGI*, 1948, vol.3. 67 p. (In Russ.).
2. Alekin O.A. Hydrochemistry of rivers of the USSR. The basins of the Caspian and Black seas (excluding the Caucasus). *Tr. GGI*, 1948, vol. 10 (64). 184 p. (In Russ.).
3. Alekin O.A. Hydrochemistry of rivers of the USSR. Caucasus and Asian territory. *Tr. GGI*, 1949, vol. 15 (69). 144 p. (In Russ.).
4. *Antropogennyye vozdeistviya na vodnye resursy Rossii i sopedel'nykh gosudarstv v kontse XX stoletiya* [Human Impact on Water Resources of Russia and Neighboring Countries in the Late XXth Century]. Koronkevich N.I., Zaitseva I.S., Eds. Moscow: Nauka Publ., 2003. 367 p.
5. Artemyev V.E. *Gidrokimiya rek SSSR. Kavkaz i Aziatskaya territoriya* [Geochemistry of Organic Matter in River-Sea Systems]. Moscow: Nauka Publ., 1993. 204 p.
6. Bochkarev P.F. *Gidrokimiya rek Vostochnoi Sibiri* [Hydrochemistry of the Eastern Siberian Rivers]. Irkutsk: Irkutskoe Knizhnoe Izd-vo Publ., 1959. 155 p.
7. Voronkov P.P. General regularities of formation of the chemical composition of surface waters of the European territory of the USSR. *Hydrochem. Materials*, 1955, vol. 24, pp. 79–81.
8. Votintsev K.K., Glazunov I.V., Tolmacheva A.P. *Gidrokimiya ozera Baikal* [Hydrochemistry of Lake Baikal]. Moscow: Nauka Publ., 1961. 311 p.
9. Gennadiev A.N., Glazovskaya M.A. Geography of soils with fundamentals of soil science. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 2005. 461 p.
10. *Geografiya i okruzhayushchaya sreda* [Geography and Environment]. Dmitrieva V.V., Kasimova N.S., Malkhazova S.M., Eds. St. Petersburg: Nauka Publ., 2003. 684 p.
11. *Gidrokhimicheskii atlas SSSR* [Hydrochemical Atlas of the USSR]. Nikanorov A.M., Ed. Moscow: GUGK at SM USSR, 1990. 111 p.
12. Kotlyakov V.M., Koronkevich N.I., Chernogaeva G.M. Geographic and hydrological research. In *Geograficheskie napravleniya v gidrologii* [Geographic Areas in Hydrology]. Moscow: Inst. Geogr. RAN, 1995, pp. 5–10. (In Russ.).
13. Liverovskii Y. A. *Pochvy SSSR* [Soils of the USSR]. Moscow: Mysl' Publ., 1974. 463 p.
14. Perelman A.I., Kasimov N.S. *Geokimiya landshafta* [Geochemistry of Lands Cape]. Moscow: Astrea-2000 Publ., 1999. 768 p.

15. Organic matter in natural waters (water humus). Goin. Leningrad: Gydrometeoizdat Publ., 1950. Vol. 17 (29). 290 p.
16. Smirnov M.P. *Pochvy Zapadnogo Sayana* [Soils of the Western Sayan Mountains]. Moscow: Nauka Publ., 1970. 236 p.
17. Smirnov M.P. Hydrochemistry of rivers, mountains, tundra and Arctic types of vertical zones of Russia. *Izv. RAN. Ser. Geogr.*, 2008, no. 2, pp. 59–67. (In Russ.).
18. Smirnov M.P. Dissolved organic substances and mineralization of river waters of mountains with tundra-taiga types of vertical belts of Russia. *Izv. RAN. Ser. Geogr.*, 2015, no. 5, pp. 54–68. (In Russ.).
19. Smirnov M.P. *Organicheskie veshchestva i mineralizatsiya rechnykh vod Rossii, SNG, Baltii* [Organic Matter and Mineralization of River Waters in Russia, CI Sand Baltic States]. Rostov-on-Don: NOK Publ., 2015. 360 p.
20. Smirnov M.P. *Prirodny i antropogennyi stok biogennykh elementov i organicheskikh veshchestv territorii Rossii* [Natural and Anthropogenic Runoff of Nutrient and Organic Substances from the Territory of Russia]. Rostov-on-Don: NOK Publ., 2016. 132 p.
21. Smirnov M.P. Hydrochemistry of rivers, mountains, forest-grassland types of vertical zones of Russia and CIS countries. *Izv. RAN. Ser. Geogr.*, 2016, no. 4, pp. 62–77. (In Russ.).
22. Smirnov M. P. Mineralization of water and organic matter of mountain desert-subtropical rivers of Central Asia and the Caucasus. *Izv. RAN. Ser. Geogr.* In print.
23. *Fiziko-geograficheskii atlas mira* [Physical and Geographical Atlas of the World]. Moscow: USSR GUGK USSR Publ., 1964. 298 p.
24. Shilkrot G.S. Mechanisms controlling the chemical composition of river and lake waters. *Izv. RAN. Ser. Geogr.*, 1998, no. 4, pp. 42–59. (In Russ.).
25. Adams V.D., Watts R.J., Pitts M.E. Organics. *J. Water Pollut. Contr. Fed.*, 1984, vol. 56, no. 6, pp. 522–544.
26. Belsare D.K., Prasad D.V., Ganapati S.V. Organic matter in pure and pollute drivers and reservoirs: estimation and robe in colour and odour. *J. Sci. Ind. Res.*, 1981, vol. 40, no. 12, pp. 804–815.
27. Degens E., Kempe S., Jttekkot V. Project report: monitoring carbon in world rivers. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 1984, vol. 26, no. 9, pp. 29–33.
28. Frey K.E., Smith L.C. Amplified carbon release from vast West Siberian peat lands by 2100. *Geophys. Res. Lett.*, 2005, vol. 32, no. 9.

Organic Matter and Mineralization of River Waters in Mountains of Russia and Adjacent Countries

M. P. Smirnov

Hydrochemical institute, Rostov-on-Don, Russia

e-mail: andreros2011@gmail.com

Received October 18, 2016; revised October 18, 2016; accepted September 21, 2018

The article examines general regularities of the formation of dissolved organic matter (DOM), salinity (Σ), the acid-alkaline indicators (pH) river waters in the mountains with various types of altitudinal zonation in Russia and CIS countries. The analysis is based on the results of many years of experimental studies in the network of the Roshydromet. The reaction of water of rivers in a southerly direction in accordance with changes in landscape-geochemical conditions are sequentially changed from acidic in the tundra of the Arctic to neutral in the tundra and taiga, slightly alkaline in forest-meadow and alkaline in a desert and subtropical mountains. The average annual salinity water of the mountain rivers in two Northern types of vertical zones is 42 and 74 mg/l, in two Southern types – 140 and 450 mg/l. The average annual values of permanganate (PO) and bichromate (BO) oxidation, and color of river water in xerophytic desert-subtropical mountains are small (3 and 7), and increase to medium and slightly increased grades into humid tundra and taiga, tundra of the Arctic, and the forest meadow mountains (7–8 and 13–18 mg O/l). Relationships PO:BO change from 62% in the tundra of the Arctic up to 50%, 41% and 35% in the tundra and taiga, forest-meadow and desert-subtropical mountains. The content of humic (HA) and fulvic (FA) acids is also maximum in two Northern types of vertical zones (0.224 and 1.80 mg/l) and decreases in the two Southern types to 0.013 and 0.067, 0.373 and 0.637 mg/l. The relationship of contents of HA and FA decreases to the South in forest-grassland and desert-subtropical mountains in 1.3 and 3.7 times.

Keywords: dissolved organic matter, color, permanganate and bichromate oxidation, mineralization, water reaction, humic and fulvic acid, types of vertical zones, hydrochemical zone, mountain rivers.