

ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ДИНАМИКА ГЕОСИСТЕМ

УДК 556.114.7

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ВОДЫ И ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА
ГОРНЫХ ПУСТЫННО-СУБТРОПИЧЕСКИХ РЕК
СРЕДНЕЙ АЗИИ И КАВКАЗА

© 2017 г. Михаил П. Смирнов

ФГБУ «Гидрохимический институт», Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: andreros2011@gmail.com

Поступила в редакцию 16.07.2015 г.

Аннотация. В статье анализируются среднесезонные данные по распределению и режиму растворенных органических веществ (РОВ, аквагумус), щелочно-кислотным условиям (рН), минерализации (Σ и) речных вод природных провинций и стран гор с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности России и республик СНГ. Работа основана на результатах экспериментальных исследований и систематических наблюдений на сети Гидрометслужбы. Речные воды на основной территории пустынно-субтропических гор в течение года щелочные, в кавказских регионах слабощелочные. Минерализация воды рек данных гор в целом изменяется от 400–420 мг/дм³ в половодье и паводки до 530 мг/дм³ в межень. Она колеблется от 200–500 мг/дм³ на Кавказе до 500–1000 мг/дм³ и выше в большинстве горных регионов Средней Азии. Среднегодовая цветность воды горных рек равна 9°; по отдельным регионам варьирует от 7° до 18°. Значения перманганатной (ПО, O_{perm}) и бихроматной окисляемости (БО, O_{bixp}) воды рек данных гор составляют 3 и 7 мг/дм³, изменяясь по природным областям в довольно широких пределах. Среднегодовые отношения ПО/БО равны 35%, РОВ/ Σ и – 2%. Экстремальные средние концентрации гуминовых кислот (ГК) в речных водах рассматриваемых гор колеблются от 0–0.015 в зимнюю межень до 0.010–0.045 мг/дм³ углерода в половодье, величины фульвокислот (ФК) – от 0.170–0.470 до 0.330–0.640 мг/дм³ углерода; отношения $C_{гк}/C_{фк}$ – в интервале 0–7%. Незначительное содержание общего аквагумуса и отдельных фракций в реках пустынно-субтропических гор обусловлено аридным климатом, низкими запасами биомассы в фитопедосфере, интенсивной трансформацией и инертностью органических веществ в ландшафте.

Ключевые слова: растворенные органические вещества, гуминовые и фульвовые кислоты, минерализация, горы, типы вертикальной поясности, природные страны и провинции, реки, Средняя Азия, Кавказ.

DOI:10.15356/0373-2444-2017-2-34-46

MINERALIZATION OF WATER AND ORGANIC MATTER
OF MOUNTAIN DESERT-SUBTROPICAL RIVERS
OF CENTRAL ASIA AND THE CAUCASUS

Mihail P. Smirnov

Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don, Russia

e-mail: andreros2011@gmail.com

Received July 16, 2015

Abstract. The article analyzes the average multiyear data on the distribution and mode of dissolved organic matter (DOM, aquahumus), alkaline-acidic conditions (pH), mineralization (Σ и) of river waters of natural provinces and countries of mountains with desert-subtropical types of vertical zonality in Russia and CIS countries. The study is based on the results of experimental researches and systematic observations the network of Hydrometeorological Service. River waters at the main area of desert-subtropical mountains during the year are alkaline, and they are slightly alkaline in Caucasus regions. The mineralization of water of the rivers of mountains generally varies from 400–420 mg/dm³ in the high water and floods up to 530 mg/dm³ at low water.

It varies from 200–500 mg/dm³ in the Caucasus up to 500–1000 mg/dm³ and above in most mountain regions of Central Asia. The average colouration of water of mountain rivers is equal to 9°; for individual regions it varies from 7° to 18°. The values of permanganate oxidation (PO, O_{perm}) and dichromate oxidation (DO, O_{dich}) of river water of the studied mountains are 3 and 7 mg/dm³, varying in natural areas within wide limits. Average annual relation PO/DO is equal to 35%, a DOM/Σи is 2%. Extreme average concentrations of humic acids (HA) in the river waters of the considered mountains are in range from 0–0.015 in the winter low water period up to 0.010–0.045 mg/dm³ of carbon in the flood, the quantities of fulvic acids (FA) are from 0.170–0.470 to 0.330–0.640 mg/dm³ of carbon; the relationship of C_{HA}/C_{FA} is in range 0–7%. Minor the content dissolved organic matter in the rivers the studied region conditioned of the arid climate, low biomass stocks in fitopatogene, intense transformation and the inertia of organic matter in the landscape.

Keywords: dissolved organic matter, humic and fulvic acids, mineralization, mountains, types of vertical zonation, natural countries and provinces, rivers, Central Asia, the Caucasus.

Введение. Горы с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности расположены на юге Средней Азии и в Закавказье. В гидрохимическом и ландшафтном отношении они изучены обстоятельнее, чем горы с тундрово-арктическими и тундрово-таежными типами вертикальной поясности [1–18].

Настоящая работа продолжает ранее выполненные исследования органических веществ (ОВ), минерализации (Σи), щелочно-кислотных условий (рН) речных вод природных провинций и стран широтных зон и гор с тундрово-арктическими, тундрово-таежными, лесо-луговыми типами вертикальной поясности России и стран ближнего зарубежья [13–15].

Цель работы состоит в гидрохимической характеристике рек природных стран и провинций гор с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности, выявлении региональных особенностей химического состава воды. Актуальность работы диктуется недостаточной изученностью гидрохимии горных рек пустынно-субтропических областей, очень ценных в хозяйственном отношении, имеющих большой дефицит поверхностных вод.

В реках природных стран и провинций пустынно-субтропических гор исследованы содержание и распределение среднемноголетних сезонных и годовых величин растворенных органических веществ и минерализации в годовом цикле, размах их колебаний, экстремальные концентрации аквагумуса в отдельных водотоках рассмотренных регионов.

Органические вещества природных вод характеризуют по перманганатной (ПО, O_{perm}) и бихроматной (БО, O_{бихр}) окисляемости, оценивая по первой содержание легкоокисляемых веществ (ЛОВ), по второй – общего растворенного органического вещества (РОВ, аквагумус). По значениям цветности (Цв) вод судят о содержании окрашенных органических веществ (ООВ). По соотношениям ПО/БО, цветности и окисляемости (Цв/ПО,

Цв/БО), растворенного органического вещества и минерализации (РОВ/Σи) изучают также качественный и количественный состав ОВ природных вод [1, 2, 9, 11–18].

Материалы и методы исследования. В основу работы положены результаты обработки данных гидрохимических наблюдений на сети Гидрометслужбы за период 1936–1975 гг., экспериментальных исследований и литературные материалы [1–11, 16–18]. Цветность и окисляемость воды определяются с достоверностью 10%. Гуминовые (ГК) и фульвовые кислоты (ФК) в воде рек найдены нами в основные гидрологические фазы 1971–1974 гг. с погрешностью 10%. Данные гидрохимических наблюдений группировались по гидрологическим сезонам для рек природных провинций и стран гор с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности. По каждому пункту наблюдений рассчитывались среднемноголетние сезонные и годовые величины ингредиентов. Количество РОВ в воде рек определено по величине перманганатной окисляемости с помощью экспериментально найденных коэффициентов пересчета. Для рек исследованных гор они равны: в половодье и паводки 2.50, летнюю межень 2.72, зимнюю межень 2.44, годовой период 2.58. Содержание ЛОВ определено умножением величины РОВ на отношение ПО/БО. В работе применены классификации поверхностных вод по рН, минерализации, цветности, перманганатной, бихроматной окисляемости, отношениям ПО/БО, приведенные в работах [13–15]. Эти классификации послужили также в качестве легенд составленных нами карт распределения органических веществ в речных водах в половодье, летнюю, зимнюю межень, годовой период, опубликованные в сборнике “Гидрохимические материалы” (тт. 54, 55, 60–62, 64, 66, 79, 91, 92, 102) и Гидрохимическом атласе СССР (с. 14–37, с. 57).

Факторы формирования химического состава речных вод. Геохимические ландшафты на Кавказе относятся к типу европейских лесных, в более

сухих районах — к типам степных и пустынных ландшафтов, которые распространены также на Копет-Дагском среднегорье, на Бадхыз-Карабильской возвышенности и в горах Средней Азии [16]. В высокогорных областях Кавказа и Средней Азии развиты ландшафты горно-лугового типа. В более влажных районах Кавказа и Средней Азии ландшафты относятся к переходному от кислого к кальциевому классу ($H^+ - Ca^{2+}$), в остальных районах — к карбонатному классу (Ca^{2+}), в юго-восточных районах Кавказа и на Копет-Даге — к кальциево-натриевому классу (Ca^{2+}, Na^+).

Климат в западных районах Кавказа теплый с суммой температур земной поверхности за период с температурой воздуха выше 10° от 2200° до 4400° , влажный — с индексом сухости (отношение комплексной испаряемости к осадкам) от 0.45 до 1.00. В восточных районах Кавказа, на Копет-Даге и Бадхыз-Карабильской возвышенности климат очень теплый с указанной суммой температур более 4400° , сухой — с индексом сухости выше 3.00. В горах Средней Азии климат умеренно теплый с суммой температур воздуха от 1000° до 2200° , недостаточно влажный с индексом сухости от 1.00 до 3.00, на Памире — сухой. Годовое количество осадков в западных районах Кавказа и в горах Средней Азии от 400 до 800 мм, в остальных районах — от 200 до 300 мм, на Памире — от 100 до 200 мм.

Питание рек в высоких районах Кавказа снеговое, в более низких регионах Кавказа и Средней Азии — подземное, в высокогорьях Средней Азии — ледниковое.

Почвенный покров в более влажных и высоких районах Кавказа сложен горно-луговыми, горными бурыми лесными и лугово-степными, в более засушливых районах — горными: черноземами, каштановыми, бурыми полупустынными, коричневыми почвами; в юго-восточных районах — горными: серо-коричневыми, лугово-сероземными, луговыми почвами субтропических кустарниковых степей. На Копет-Даге и Бадхыз-Карабильской возвышенности преобладают сероземы эфемерово-полынных полупустынь, в первой провинции, кроме того, распространены горные сероземы и горные коричневые почвы. В горах Средней Азии развиты горно-луговые, горные лугово-степные, горные коричневые почвы, на Южном Памире — высокогорные пустынные почвы. Запас органического вещества в верхней метровой толще почв колеблется от 60–130 т/га в восточных ксерофитных районах до 230–260 т/га во влажных западных регионах [3–5, 7, 8, 16].

Растительный покров образован на Кавказе горными дубовыми, буковыми, буково-елово-пихтовыми лесами, в более засушливых районах — горными закавказскими луговыми и дерновиннозлаковыми степями, эфемерово-злаково-полынными полупустынными степями в сочетании с солянковыми пустынями. На Копет-Дагском среднегорье он сложен туранскими и прикаспийскими формациями пустынного типа, на Бадхыз-Карабильской возвышенности — осоково-мятликовыми эфемероидными сообществами пустынного типа. В горах Средней Азии распространены предгорные и горные полынные пустыни, горные центрально-тяньшанские степи монголо-китайских формаций, в высокогорье — альпийские и субальпийские луга и кустарники, в Восточном Памире — высокогорные терескеновые и полынно-терескеновые пустыни тибетских формаций. Запас биомассы растительности варьирует от 4–10 до 300–400 т/га [10, 16].

Речные воды на Кавказе и в горах Средней Азии преимущественно карбонатного класса группы кальция с минерализацией от 200 до 500 мг/дм³, на Копет-Даге и Бадхыз-Карабильской возвышенности сульфатного и хлоридного классов той же группы с минерализацией от 500 до 1000 мг/дм³ и более. На подавляющей по величине площади гор с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности значения $O_{\text{перм}}$ речных вод малые — 2–5 мг/дм³ атомарного кислорода (а.к. — далее в этой размерности), в верхнем ярусе пяти наиболее высоких горных провинций — очень малые (0–2 мг/дм³), в двух низкогорных провинциях средние (5–10 мг/дм³).

Ниже следует гидрохимическая характеристика рек гор с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности СНГ по приведенной на рис. 1 схеме физико-географического районирования [16].

В пустынно-субтропических горах, как и в лесо-луговых, очень хорошо развита вертикальная гидрохимическая поясность речных вод, так как здесь оптимально сформирована геоморфологическая и ландшафтная ярусность. В одной природной провинции выделяются три различных гидрохимических пояса, в четырех провинциях — по два пояса, в шести провинциях — по одному поясу. Данные по гидрохимическим поясам не приводятся из-за громоздкости; анализируются усредненные значения химического состава воды рек.

Горы с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности разделяются на две части [16]: с сухим субтропическим лесом у основания, горными смешанными лесами

и степями на склонах и горностепными лугами (субтропические типы поясности); с пустынными степями и пустынями у основания, разреженными сухими лесами и остепненными лугами на склонах и вершинах (пустынные типы поясности).

Первая группа типов поясности сформирована в Крымско-Кавказской природной стране (Дагестанские горные пустыни, Восточно-Закавказская провинция) и на Переднеазиатских нагорьях (Талышские горы, Армянское вулканическое нагорье).

По среднесезонным данным, реакция речных вод природных провинций Крымско-Кавказской страны слабощелочная в течение всего года. Эти воды среднеминерализованы: в основные гидрологические фазы сумма главных ионов составляет 260–420 мг/дм³. Воды этих рек малоокрашены – цветность варьирует в интервале 10–20°, в Восточно-Закавказской провинции в межень очень малоцветные – 7–12°. Значения перманганатной и бихроматной окисляемости вод также малы – 2–4 и 4–8 мг/дм³. В Восточно-Закавказской провинции выделяются два пояса: очень малой 0–2 и малой 2–5 мг/дм³ O_{perm} вод. Отношения ПО/БО составляют 25–40%, коэффициенты цветности – 3–5 и 1.5–2.5, что свидетельствует о незначительном содержании в воде рек почвогенного гумуса (табл. 1).

Экстремальные показатели цветности и окисляемости речных вод данной природной страны приурочены к различным по запасам биомассы ландшафтным поясам.

Минимальные значения цветности – 2–10° и O_{perm} вод – 1–4 мг/дм³ свойственны рекам пояса горностепных лугов: Сулак (с. Миатлы), Иори (с. Леловани), Алазани (с. Биркиани) и др.

Максимальные величины цветности и окисляемости вод – 10–25° и 3–8 мг/дм³ характерны для рек нижнего пояса горных смешанных лесов и степей, а также сухих субтропических лесов: Черная Арагви (близ устья), Пирсагат (г. Шемаха), Талачай (с. Мешлет).

Содержание общего аквагумуса в реках данных природных провинций составляет в течение года от 6–9 до 10–13 мг/дм³, количество легкоокисляемых фракций обычно вдвое ниже. На незначительную роль органических и большое значение минеральных компонентов указывают низкие отношения их концентраций – 2–4%.

Гидрохимические показатели указанных двух провинций, прежде всего Восточно-Закавказской, характерны в общем также для рек

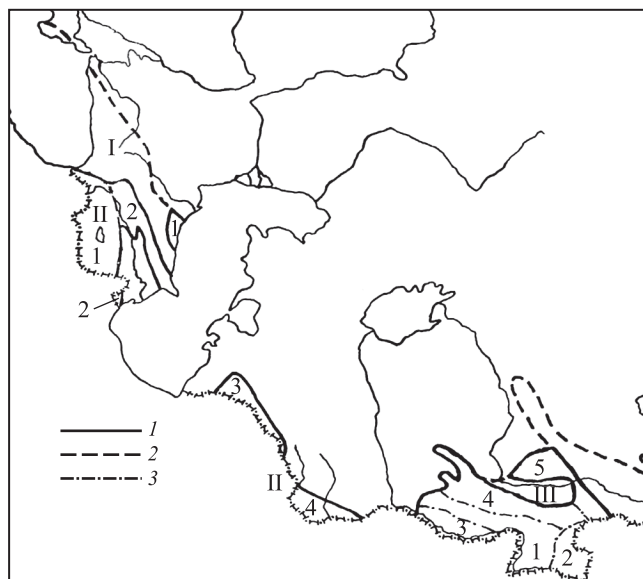


Рис. 1. Физико-географическое районирование гор с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности.

С сухим субтропическим лесом у основания, горными смешанными лесами и степями на склонах и горностепными лугами: I – Крымско-Кавказская страна: 1 – Дагестанские горные пустыни, 2 – Восточно-Закавказская провинция субтропических сухих лесов и степей; II – Переднеазиатские нагорья: 1 – Армянское вулканическое степное нагорье с горными широколиственными лесами, альпийскими лугами, ксерофильными редколесьями и пустынями в межгорных котловинах, 2 – Талышские горы с субтропическими горно-широколиственными лесами;

С пустынными степями и пустынями у основания, разреженными сухими лесами и остепненными лугами на склонах и вершинах: II – Переднеазиатские нагорья: 3 – Копет-Дагское горно-степное и пустынное среднегорье, 4 – Бадхыз-Карабильская пустынно-степная возвышенность; III – Горы Средней Азии: 1 – высокогорные хребты Таджикистана с вертикальной поясностью от полупустынь до альпийских лугов и вечных снегов, 2 – пустынные высокогорья Восточного Памира, 3 – Южно-Таджикистанское пустынное среднегорье, 4 – Южно-Тянь-Шаньские горные хребты с преобладанием пустынной растительности, 5 – Западные Тянь-Шаньские горные хребты с преобладанием горных степей и островами лесов на склонах.

Границы: 1 – гор с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности; 2 – природных стран (I–III); 3 – природных провинций (1–5).

Крымско-Кавказской природной страны с пустынно-субтропическими типами поясности.

Минерализация речных вод Переднеазиатских нагорий относится к средней градации, при этом, в Талышских горах она вдвое больше – 360–480 мг/дм³, чем на Армянском вулканическом

Таблица 1. Многолетние средние сезонные и годовые значения рН, минерализации, цветности, окисляемости речных вод гор с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности (Средняя Азия и Кавказ)

Природная страна	Природная провинция	Гидрологическая фаза	рН	Σи, мг/ дм ³	Цв, град.	ПО, мг/дм ³ а.к.	БО, мг/дм ³ а.к.	ПО/ БО, %	Цв/ ПО	Цв/ БО	РОВ, мг/ дм ³	ЛОВ, мг/ дм ³	РОВ/ Σи, %
Крымско-Кавказская	Горы с сухим субтропическим лесом у основания, горными смешанными лесами и степями на склонах и горностепными лугами												
	Дагестанские горные пустыни	весеннее половодье	—	286	21	4.5	—	—	4.7	—	12.9	—	4.5
		летняя межень	—	356	12	4.1	—	—	2.9	—	11.7	—	3.3
		летне-осенние паводки	—	313	14	4.5	—	—	3.1	—	12.9	—	4.1
		зимняя межень	—	416	11	3.1	—	—	3.5	—	8.9	—	2.1
		год	—	352	14	4.1	—	—	3.4	—	11.6	—	3.5
	Восточно-Закавказ-ская провинция субтро-пических сухих лесов и степей	весеннее половодье	7.4	274	11	3.5	7.9	34	3.1	1.4	10.0	3.4	3.6
		летняя межень	7.4	352	8	1.9	4.2	29	4.2	1.9	5.4	1.6	1.5
		летне-осенние паводки	7.2	261	12	3.4	5.2	40	3.5	2.3	9.7	3.9	3.7
		зимняя межень	7.3	357	7	2.2	6.5	22	3.2	1.1	6.3	1.4	1.8
		год	7.3	307	10	2.8	5.3	32	3.6	1.9	8.0	2.6	2.6
Горы с сухим субтропическим лесом у основания, горными смешанными лесами и степями на склонах и горностепными лугами Крымско-Кавказской страны													
Передне-азиатские нагорья		весеннее половодье	7.4	277	13	3.7	7.9	34	3.9	1.6	10.6	3.6	3.8
		летняя межень	7.4	353	9	2.3	4.2	29	3.9	2.1	6.6	1.9	1.9
		летне-осенние паводки	7.2	271	12	3.6	5.2	40	3.3	2.3	10.3	4.1	3.8
		зимняя межень	7.3	368	8	2.4	6.5	22	3.3	1.2	6.9	1.5	1.9
		год	7.3	316	11	3.1	5.3	32	3.5	2.1	8.9	2.8	2.8
	Армянское вулкани-ческое степное наго-рье с горными широко-лиственными лесами, альпийскими лугами, ксерофильными редко-лесьями и пустынями в межгорных котловинах	весеннее половодье	7.2	200	13	4.0	12.9	33	3.2	1.0	11.4	3.8	5.7
		летняя межень	7.4	265	6	2.8	8.0	32	2.1	0.8	8.0	2.6	3.0
		летне-осенние паводки	7.3	235	8	4.9	9.8	33	1.6	0.8	14.0	4.5	6.0
		зимняя межень	7.3	278	5	2.7	8.9	32	1.8	0.6	7.7	2.5	2.8
		год	7.3	233	8	3.5	8.8	33	2.3	0.9	10.0	3.3	4.3

Таблица 1 (продолжение)

	Талышские горы с суб-тропическими горно-широколиственными лесами	весеннее половодье	—	362	14	5.3	—	—	2.6	—	15.2	—	4.2
		летняя межень	—	444	11	4.5	—	—	2.4	—	12.9	—	2.9
		летне-осенние паводки	—	478	16	8.2	—	—	2.0	—	23.4	—	4.9
		зимняя межень	—	392	10	4.4	—	—	2.3	—	12.6	—	3.2
		год	—	415	15	5.8	—	—	2.6	—	16.6	—	4.0
Передне-азиатские нагорья	Горы с сухим субтропическим лесом у основания, горными смешанными лесами и степями на склонах и горностепными лугами	Переднеазиатских нагорий											
		весеннее половодье	7.2	210	13	4.1	12.9	33	3.2	1.0	11.7	3.9	5.6
		летняя межень	7.4	276	6	2.9	8.0	32	2.1	0.8	8.3	2.6	3.0
		летне-осенние паводки	7.3	250	8	5.1	9.8	32	1.6	0.8	14.6	4.7	5.8
		зимняя межень	7.3	285	5	2.8	8.9	32	1.8	0.6	8.0	2.6	2.8
		год	7.3	244	8	3.6	8.8	32	2.2	0.9	10.3	3.4	4.2
	Горы с сухим субтропическим лесом у основания, горными смешанными лесами и степями на склонах и горностепными лугами	Крымско-Кавказской страны и Переднеазиатских нагорий											
		весеннее половодье	7.3	239	13	3.9	10.7	33	3.3	1.2	11.2	3.7	4.7
		летняя межень	7.4	310	7	2.6	6.3	31	2.7	1.1	7.4	2.3	2.4
		летне-осенние паводки	7.3	259	10	4.4	7.8	36	2.3	1.3	12.6	4.5	4.9
		зимняя межень	7.3	322	6	2.6	7.8	28	2.3	0.8	7.4	2.1	3.3
		год	7.3	276	9	3.4	7.3	33	2.6	1.2	9.7	3.2	3.5
	Горы с пустынными степями и пустынными у основания, разреженными сухими лесами и остепненными лугами на склонах и вершинах	на склонах и вершинах											
		весеннее половодье	—	750	24	4.6	—	—	5.2	—	13.2	—	1.8
		летняя межень	—	1020	15	1.6	—	—	9.4	—	4.6	—	0.4
		летне-осенние паводки	—	737	20	4.0	—	—	5.0	—	11.4	—	1.5
		зимняя межень	—	875	10	1.4	—	—	7.1	—	4.0	—	0.4
		год	—	796	18	3.2	—	—	5.6	—	9.2	—	1.2
	Копет-Дагское горно-степное и пустынное среднегорье	весеннее половодье	8.1	1560	24	3.9	21.8	28	6.2	1.1	11.2	3.1	0.7
		летняя межень	8.4	2240	14	3.1	9.3	31	4.5	1.5	8.9	2.8	0.4
		летне-осенние паводки	8.3	1300	16	5.3	15.0	40	3.0	1.1	15.2	6.1	1.2

Природная страна	Природная провинция	Гидрологическая фаза	pH	Σи, мг/ дм ³	Цв, град.	ПО, мг/дм ³ а.к.	БО, мг/дм ³ а.к.	ПО/ БО,%	Цв/ ПО	Цв/ БО	РОВ, мг/ дм ³	ЛОВ, мг/ дм ³	РОВ/ Σи, %		
	Бадхыз-Карабиль-ская пустынно-степная возвышенность	зимняя межень	8.2	2010	14	2.8	8.6	25	5.0	1.6	8.0	2.0	0.4		
		год	8.2	1740	18	3.7	17.8	32	4.9	1.0	10.6	3.4	0.6		
	Горы с пустынными степями и пустынями у основания, разреженными сухими лесами и остепненными лугами на склонах и вершинах Переднеазиатских нагорий														
			весеннее половодье	8.1	1160	24	4.2	21.8	28	5.7	1.1	12.0	3.4	1.0	
			летняя межень	8.4	1630	14	2.4	9.3	31	5.8	1.5	6.9	2.1	0.4	
			летне-осенние паводки	8.3	1020	18	4.6	15.0	40	3.9	1.2	13.2	5.3	1.3	
			зимняя межень	8.2	1440	12	2.1	8.6	25	5.7	1.4	6.0	1.5	0.4	
			год	8.2	1270	18	3.4	17.8	32	5.3	1.0	9.7	3.1	0.8	
	Горы с сухим субтропическим лесом у основания и горы с пустынными степями и пустынями у основания Переднеазиатских нагорий														
			весеннее половодье	7.5	574	17	4.1	16.3	31	4.1	1.0	11.7	3.6	2.0	
				7.8	796	9	2.7	8.5	32	3.3	1.0	7.7	2.5	1.0	
				7.7	545	12	4.9	11.8	35	2.4	1.0	14.0	4.9	2.6	
				7.6	731	8	2.5	8.8	29	3.2	0.9	7.2	2.1	1.0	
				7.6	638	12	3.5	12.3	33	3.4	1.0	10.0	3.3	1.6	
		Высокогорные хреб-ты Таджикистана с вер-тикальной поясностью от полупустынь до аль-пийских лугов и вечных снегов		весеннее половодье	7.7	291	8	3.1	7.8	40	2.6	1.0	8.9	3.6	3.1
					7.5	372	7	1.9	6.5	29	3.7	1.1	5.4	1.6	1.4
					7.4	283	7	4.2	10.2	41	1.7	0.7	12.0	4.9	4.2
					7.5	448	7	2.5	6.6	38	2.8	1.1	7.2	2.7	1.6
					7.5	339	7	2.9	7.9	37	2.4	1.0	8.3	3.1	2.4
Горы Сред-ней Азии	Пустынные высокогорья Восточного Памира	весеннее половодье	7.0	215	7	7.0	—	—	1.0	—	20.0	—	9.3		
			7.4	249	4	2.1	—	—	1.9	—	6.0	—	2.4		
			7.4	235	8	4.2	—	—	1.9	—	12.0	—	5.1		
			7.3	278	4	1.8	—	—	2.2	—	5.1	—	1.8		
			7.3	232	7	4.8	—	—	1.4	—	10.8	—	5.0		

Таблица 1 (окончание)

Южно-Таджикистанское пустынное среднегорье	весеннее половодье	7.4	945	8	4.1	6.8	31	2.0	1.2	11.7	3.6	1.2
	летняя межень	7.6	1450	7	2.3	4.4	44	3.0	1.6	6.6	2.9	0.4
	летне-осенние паводки	7.5	1200	8	4.6	—	—	1.7	—	13.2	—	1.1
	зимняя межень	7.4	1260	6	1.8	6.4	21	3.3	0.9	5.1	1.1	0.4
	год	7.5	1130	8	3.3	5.7	37	2.4	1.4	9.4	3.0	0.8
Южно-Тянь-Шанские горные хребты с пре- обладанием пустынной растительности	весеннее половодье	7.7	247	8	3.2	5.5	41	2.5	1.4	9.2	3.8	3.7
	летняя межень	7.8	255	6	1.6	4.4	34	3.8	1.4	4.6	1.6	1.8
	летне-осенние паводки	7.7	266	8	4.5	8.3	45	1.8	1.0	12.9	5.8	4.8
	зимняя межень	7.8	338	6	1.9	5.6	28	3.2	1.1	5.4	1.5	1.6
	год	7.7	264	7	2.7	5.4	37	2.6	1.3	7.7	2.8	2.9
Западные Тянь-Шань- ские горные хребты с преобладанием горных степей и островами лесов на склонах	весеннее половодье	7.7	192	8	2.8	5.7	38	2.8	1.4	8.0	3.0	4.2
	летняя межень	7.9	230	6	1.5	3.8	33	4.0	1.6	4.3	1.4	1.9
	летне-осенние паводки	7.8	252	7	3.7	6.1	42	1.9	1.1	10.6	4.4	4.2
	зимняя межень	7.9	259	6	1.8	4.0	42	3.3	1.5	5.1	2.1	2.0
	год	7.8	212	7	2.4	5.0	37	2.9	1.4	6.9	2.6	3.2
Горы с пустынными степями и пустынями у основания, разреженными сухими лесами и остепненными лугами на склонах и вершинах Средней Азии												
	весеннее половодье	7.6	340	8	3.7	5.6	38	2.2	1.4	10.6	4.0	3.1
	летняя межень	7.6	445	6	1.8	4.3	36	3.3	1.4	5.1	1.8	1.1
	летне-осенние паводки	7.6	391	8	4.2	6.2	44	1.9	1.3	12.0	5.3	3.1
	зимняя межень	7.6	471	6	2.0	3.1	26	3.0	1.9	5.7	1.5	1.2
	год	7.6	389	7	3.1	5.0	37	2.2	1.4	8.9	3.3	2.3
Горы с пустынными степями и пустынями у основания, разреженными сухими лесами и остепненными лугами на склонах и вершинах Переднеазиатских нагорий и Средней Азии												
	весеннее половодье	7.7	465	10	3.8	8.1	36	2.6	1.2	10.9	3.9	2.3
	летняя межень	7.7	627	7	1.9	5.1	35	3.7	1.4	5.4	1.9	0.9
	летне-осенние паводки	7.7	488	10	4.3	7.6	43	2.3	1.3	12.3	5.3	2.5
	зимняя межень	7.7	620	7	2.0	3.9	26	3.5	1.8	5.7	1.5	0.9
	год	7.7	524	9	3.1	7.0	36	2.9	1.3	8.9	3.2	1.7
Горы с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности СНГ												
	весеннее половодье	7.6	396	11	3.8	8.9	35	2.9	1.2	10.9	3.8	2.7
	летняя межень	7.6	530	7	2.1	5.5	34	3.3	1.3	6.0	2.0	1.1
	летне-осенние паводки	7.6	418	10	4.3	7.7	41	2.3	1.3	12.3	5.0	2.9
	зимняя межень	7.6	529	7	2.3	5.1	27	3.0	1.4	6.6	1.8	1.2
	год	7.6	449	9	3.2	7.1	35	2.8	1.3	9.2	3.2	2.1

Примечание: прочерк означает отсутствие данных.

нагорье. Это объясняется тем, что последний регион сложен в основном андезито-базальтами, базальтами, гранодиоритами, туфобрекчиями, тогда как первый, кроме основных вулканогенных пород, также песчаниками, алевролитами, глинами, мергелями, известняками, а в почвенно-растительном покрове здесь нередко галофитные группировки и засоленные почвы [7, 16]. Вследствие значительно большего увлажнения и распространения лесной растительности цветность воды рек Талышских гор вдвое выше — $10\text{--}16^\circ$. Почти настолько больше здесь значения $O_{\text{перм}}$ вод — $4\text{--}8 \text{ мг/дм}^3$. Отношения ПО/БО вод в обеих провинциях свыше 30%. На Армянском нагорье выделяются пояса очень малой 0–2, малой 2–5 и средней 5–10 мг/дм^3 $O_{\text{перм}}$ вод, приуроченные, соответственно, к нивальным ландшафтам и альпийским лугам, субальпийским лугам и редколесьям, горным лесам, степям и полупустыням.

Минимальные значения цветности $0\text{--}2^\circ$ и $O_{\text{перм}}$ $1\text{--}3 \text{ мг/дм}^3$ типичны для рек верхних ландшафтных поясов: Пахджур (с. Тала), Тандзут (с. Кировакан), Джил (с. Джил) и др.

Максимальные величины цветности $10\text{--}30^\circ$ и $O_{\text{перм}}$ $3\text{--}8 \text{ мг/дм}^3$ свойственны рекам нижних поясов: Кура (с. Лихани), Кция-Храми (с. Куши), Ганжачай (с. Зурнабад) и др.

Содержание общего аквагумуса в течение года составляет на Армянском нагорье $8\text{--}14 \text{ мг/дм}^3$, на Талышских горах — в полтора раза больше. Незначительные отношения РОВ/Σи (3–6%) свидетельствуют о малой роли водного гумуса в данных регионах.

Речные воды Крымско-Кавказской страны и Переднеазиатских нагорий с субтропическими типами поясности довольно близки. В целом воды рек этих природных стран среднеминерализованы, слабощелочные, очень малоокрашены и только в половодье малоцветные в связи с ростом поступления ЛОВ. Значения перманганатной и бихроматной окисляемости вод в течение года малые — $3\text{--}4$ и $6\text{--}10 \text{ мг/дм}^3$; отношения ПО/БО колеблются в пределах 30–35%. Количество общего аквагумуса составляет 7–13, легкоокисляемых форм — $2\text{--}4 \text{ мг/дм}^3$. Доля РОВ от суммы главных ионов невелика — 2–5%, что характерно для ксерофитных горных регионов.

Вторая группа типов вертикальной поясности — с пустынными степями и пустынями у основания, разреженными сухими лесами и остепненными лугами на склонах и вершинах (пустынные типы поясности) развита на Переднеазиатских нагорьях в Копет-Дагском среднегорье

и на Бадхыз-Карабильской возвышенности, в горах Средней Азии на высокогорных хребтах Таджикистана, высокогорьях Восточного Памира, в Южно-Таджикистанском среднегорье, на Южно-Тянь-Шаньских и Западных Тянь-Шаньских горных хребтах.

Значения рН речных вод Бадхыз-Карабильской возвышенности изменяются от $8.1\text{--}8.2$ в половодье и зимнюю межень до $8.3\text{--}8.4$ в летне-осенний период, т.е. их реакция постоянно щелочная. Минерализация вод высокая — $1600\text{--}2000 \text{ мг/дм}^3$; это вдвое выше, чем в Копет-Дагском среднегорье, что связано с более засоленными почвами и породами. Величины цветности и перманганатной окисляемости воды рек обеих провинций малые — $10\text{--}25^\circ$ и $2\text{--}5 \text{ мг/дм}^3$; значения бихроматной окисляемости изменяются от малых — $8\text{--}9 \text{ мг/дм}^3$ в межень до средних — $15\text{--}20 \text{ мг/дм}^3$ в половодье и паводки. Отношения ПО/БО составляют в течение года 25–40%. Содержание общего аквагумуса варьирует от $4\text{--}9 \text{ мг/дм}^3$ в межень до $11\text{--}15 \text{ мг/дм}^3$ в полноводные периоды; третья часть его состоит из легкоокисляемых соединений. В данных провинциях наблюдаются самые низкие отношения РОВ/Σи — $0.4\text{--}2\%$, т.е. роль органических компонентов по сравнению с минеральными крайне мала.

Речные воды Переднеазиатских нагорий с пустынно-субтропическими типами поясности имеют щелочную реакцию, повышенную минерализацию и среднюю цветность. Величины $O_{\text{перм}}$ малые — $2\text{--}5 \text{ мг/дм}^3$, $O_{\text{бихр}}$ — средние, в межень малые — $8\text{--}16 \text{ мг/дм}^3$. Отношения ПО/БО варьируют в интервале 30–35%, РОВ/Σи — $1\text{--}2.5\%$.

В горах Средней Азии на высокогорных хребтах Таджикистана, Южно-Тянь-Шаньских и Западных Тянь-Шаньских горных хребтах выделяются пояса $O_{\text{перм}}$ вод: очень малой 0–2 и малой 2–5 мг/дм^3 . Первый пояс окисляемости вод сопряжен с нивальными ландшафтами и альпийскими лугами, второй — с лесными, степными и сухостепными ландшафтами.

Воды рек высокогорных хребтов Таджикистана, высокогорий Восточного Памира и Южно-Таджикистанского среднегорья слабощелочные; в других провинциях гор Средней Азии — Южно-Тянь-Шаньских и Западных Тянь-Шаньских хребтах — щелочные. Минерализация вод средняя — $200\text{--}450 \text{ мг/дм}^3$, а в наименее увлажненном Южно-Таджикистанском среднегорье возрастает до высокой — $1000\text{--}1400 \text{ мг/дм}^3$.

Цветность речных вод всюду очень малая — $4\text{--}8^\circ$, так как в условиях сухих горных степных и пустынных ландшафтов очень слабо образуются

окрашенные ОВ. Значения $O_{\text{перм}}$ и $O_{\text{бихр}}$ вод варьируют от очень малых в межень — 1.5–2 и 4–5 мг/дм³ до малых в половодье и паводки — 3–5 и 5–10 мг/дм³. Отношения ПО/БО изменяются в течение года в пределах 30–45%. Коэффициенты цветности незначительны — 1–4 и 1–1.5. Концентрации общего аквагумуса в реках природных провинций гор Средней Азии колеблются в годовом цикле в интервале 5–12 мг/дм³; отношения последнего к минерализации составляют 0.4–1% в реках Южно-Таджикистанского среднегорья, 2–4% — в реках высокогорных хребтов Таджикистана, Южно-Тянь-Шаньских и Западных Тянь-Шаньских, 2–9% — в реках высокогорий Восточного Памира. В целом они в горах Средней Азии, как и в других рассматриваемых регионах, незначительны.

Реакция воды рек гор Средней Азии щелочная, минерализация в течение всего года — 340–470 мг/дм³, цветность очень малая — 6–8°. Значения $O_{\text{перм}}$ и $O_{\text{бихр}}$ вод в межень очень малые — 1.5–2 и 3–4 мг/дм³, в половодье и паводки повышаются до малых — 3.5–4 и 5.5–6 мг/дм³. Отношения ПО/БО колеблются в годовом цикле от 25 до 45%. Коэффициенты цветности по $O_{\text{перм}}$ и $O_{\text{бихр}}$ варьируют в пределах 2–3.5 и 1.5–2. Количество общего водного гумуса и легкоокисляемых фракций изменяется в пределах 5–12 и 2–5 мг/дм³, отношение РОВ/Σи — 1–3%. По сравнению с водами рек Переднеазиатских нагорий речные воды гор Средней Азии в 1.5 раза слабее минерализованы и окрашены. По остальным показателям реки этих природных стран довольно сходны.

Минимальные значения цветности — 4–10° и $O_{\text{перм}}$ вод рек гор Средней Азии — 1–4 мг/дм³ обычно встречаются в мало обеспеченных биомассой верхних ландшафтных поясах: Ванч (кишл. Ванч), Сурхандарья (клх. им. Жданова; кишл. Мангузар), Шахдара (кишл. Хабаз) и др.

Максимальные величины цветности — 5–25° и $O_{\text{перм}}$ вод — 2–8 мг/дм³ типичны для рек средних и нижних ландшафтных поясов с более высоким запасом биомассы в фитопедосфере: Гунт (г. Хорро), Кашкадарья (с. Чиранчи), Зеравшан (кишл. Дехауз) и др.

Речные воды гор с пустынными типами поясности Переднеазиатских нагорий и Средней Азии в общем имеют щелочную реакцию, повышенную минерализацию — 460–630 мг/дм³. Остальные гидрохимические показатели несколько выше, чем для гор Средней Азии, хотя в общем относятся к тем же классификационным градациям.

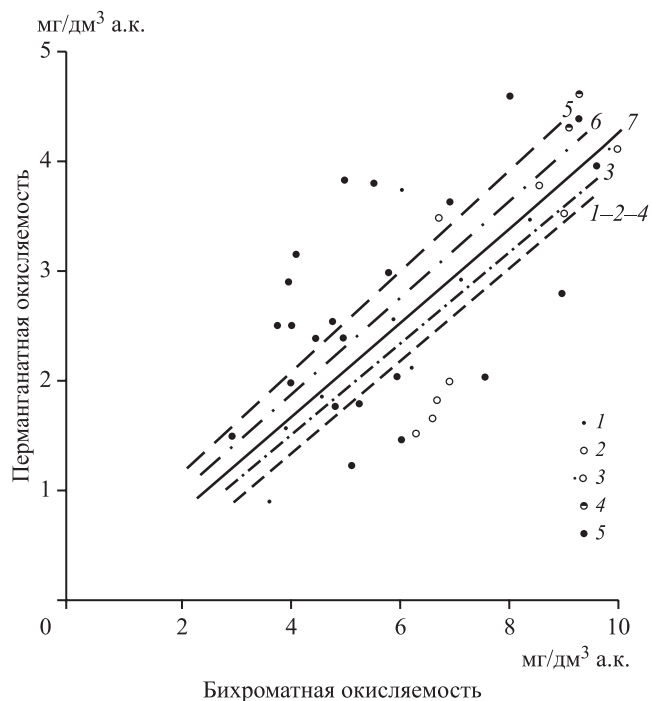


Рис. 2. Отношения многолетних средних годовых значений перманганатной и бихроматной окисляемости речных вод гор с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности.

С сухим субтропическим лесом у основания, горными смешанными лесами и степями на склонах и горно-степными лугами: 1 — Крымско-Кавказская природная страна, 2 — Переднеазиатские нагорья, 3 — с сухим субтропическим лесом у основания, горными смешанными лесами и степями на склонах и горностепными лугами. **С пустынными степями и пустынями у основания, разреженными сухими лесами и остепненными лугами на склонах и вершинах:** 4 — Переднеазиатские нагорья, 5 — горы Средней Азии, 6 — с пустынными степями и пустынями у основания, разреженными сухими лесами и остепненными лугами на склонах и вершинах, 7 — горы с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности.

Водородные показатели речных вод гор с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности изменяются в пределах начальных значений щелочной реакции. Минерализация их колеблется от 400–420 мг/дм³ в полноводные периоды до 530 мг/дм³ в межень. Величины цветности вод очень малые — 7–10°, $O_{\text{перм}}$ и $O_{\text{бихр}}$ малые — 2–4.5 и 5–9 мг/дм³. Отношения ПО/БО колеблются по сезонам года от 30% до 40%. По группам типов поясности и природным странам вариabельность этих показателей иллюстрируется на рис. 2. Содержание общего аквагумуса изменяется в пределах 5.5–12, легкоокисляемых соединений — 1.5–5 мг/дм³. Отношения РОВ/Σи в межень составляют более 1%, в половодье и паводки — около

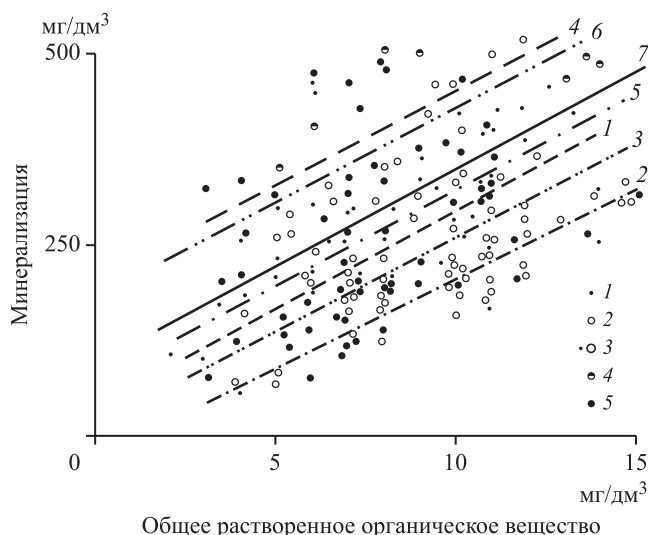


Рис. 3. Зависимость между концентрацией общего растворенного органического вещества и минерализацией речных вод гор с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности.
Усл. обозначения см. рис. 2.

3%. Региональный разброс этих отношений показан на рис. 3.

В речных водах гор с пустынно-субтропическими типами поясности экстремальные средние концентрации гуминовых кислот варьируют в зимнюю межень в интервале 0–0.015, в летнюю – 0.002–0.035, в половодье – 0.010–0.045 мг/дм³ углерода, количества фульвокислот – в пределах соответственно 0.170–0.470, 0.200–0.840 и 0.330–0.640 мг/дм³ углерода. Отношения $C_{гк}/C_{фк}$ колеблются в течение года от 0 до 7% (табл. 2). Содержание гумусовых веществ, как и величины цветности и окисляемости вод данных рек, минимальны по сравнению с речными водами остальных гор, где запасы биомассы и подвижность гумусовых веществ в ландшафте намного больше.

Речные воды гор с пустынно-субтропическими типами поясности по сравнению с водами рек гор с лесо-луговыми типами поясности [15] значительно более щелочные, втрое минерализованнее.

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

Гидрологическая фаза	Кислоты, мг С/дм ³		$C_{гк}/C_{фк}$, %
	гуминовые	фульвовые	
весеннее половодье	0.010–0.045	0.330–0.640	2–7
летняя межень	0.002–0.035	0.200–0.840	1–5
зимняя межень	0–0.015	0.170–0.470	0–5
год	0.006–0.028	0.254–0.615	2–5

Они содержат в 3–4 раза меньше окрашенных ОВ. Значения окисляемости вод в 2 с лишним раза меньше. Существенно ниже здесь содержание общего аквагумуса и легкоокисляемых веществ. Количество органического вещества в 5 раз уступает сумме главных ионов. Концентрации водного гумуса в межень довольно близки, в половодье многократно меньше. Отношение общего ОВ к сумме главных ионов в реках пустынно-субтропических гор в пять раз ниже этого показателя в реках лесо-луговых гор, что обусловлено закономерным падением роли аквагумуса в южном направлении вследствие резкого уменьшения атмосферных осадков и усиления аридности климата.

Выводы.

1. Речные воды гор с пустынно-субтропическими типами вертикальной поясности в основном щелочные, лишь в кавказских регионах слабощелочные. Минерализация вод данных гор колеблется в очень широком диапазоне – от средней (200–500 мг/дм³) на Кавказе до повышенной (500–1000 и высокой – свыше 1000 мг/дм³) в большинстве горных регионов Средней Азии с более засушливым климатом и засоленными почвами.

2. Среднегодовая цветность речных вод пустынно-субтропических гор равна 9°; в горах Средней Азии и Кавказа она очень малая (7–10°), на Переднеазиатских нагорьях в Средней Азии малая (18°). Значения перманганатной окисляемости вод всюду малые (3–4 мг/дм³), бихроматной – в большинстве регионов также малые (7–9 мг/дм³), на Переднеазиатских нагорьях увеличиваются до средних (12–18 мг/дм³).

3. В речных водах гор с пустынно-субтропическими типами поясности экстремальные средние концентрации ГК варьируют от 0–0.015 в зимнюю межень до 0.010–0.045 мг/дм³ углерода в половодье, величины ФК – от 0.170–0.470 до 0.330–0.640 мг/дм³ углерода. Отношения $C_{гк}/C_{фк}$ изменяются в течение года в пределах 0–7%.

4. Незначительное содержание общего аквагумуса и отдельных его фракций в реках пустынно-субтропических гор объясняется аридным климатом, низкими запасами биомассы в фитопедосфере, интенсивной трансформацией и инертностью органических веществ в ландшафте.

5. Речные воды пустынно-субтропических гор по сравнению с севернее расположенными лесостепными горами имеют существенно большие значения pH; они втрое минерализованнее и менее окрашены. Величины перманганатной и бихроматной окисляемости в 2 с лишним раза меньше, отношения PO_4^{3-}/Σ и в пять раз ниже. Следовательно, гидрохимическая роль водного гумуса в южном направлении резко уменьшается, а растворенных минеральных веществ, напротив, возрастает в равной степени. В целом в бореальном и суббореальном поясах происходит падение роли органического и увеличение минерального комплекса в горных, как и равнинных, реках от северных таежно-лесных к южным степным и пустынным геосистемам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алевкин О.А. Гидрохимия рек СССР. Кавказ и Азиатская территория // Тр. ГГИ. 1949. Вып. 15 (69). 144 с.
2. Артемьев В.Е. Геохимия органического вещества в системе река—море. М.: Наука, 1993. 204 с.
3. География и окружающая среда // Под ред. В.Н. Дмитриева, Н.С. Касимова, С.М. Малхазовой. СПб.: Наука, 2003. 684 с.
4. Касимов Н.С. Геохимия степных и пустынных ландшафтов. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1988. 254 с.
5. Кононова М.М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 314 с.
6. Коронкевич Н.И. Преобразование водного баланса. М.: Наука, 1973. 119 с.
7. Ливеровский Ю.А. Почвы СССР. М.: Мысль, 1974. 463 с.
8. Лобова Е.В. Почвы пустынной зоны СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 364 с.
9. Никаноров А.М. Научные основы мониторинга качества вод. СПб.: Гидрометеиздат, 2005. 576 с.
10. 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. 254 с.
11. Скопинцев Б.А. Органическое вещество в природных водах (водный гумус) // Тр. ГОИН. Вып. 17 (29). Л.: Гидрометеиздат, 1950. 290 с.

12. Смирнов М.П. Сток органических веществ и биогенных элементов с речными водами в Аральское море // Мониторинг природной среды в бассейне Аральского моря (проблемы разработки): Матер. науч.-координационных совещаний / Ред. Ю.А. Израэль, Ю.А. Анохин. СПб.: Гидрометеиздат, 1991. С. 67—80.
13. Смирнов М.П. Гидрохимия рек гор с тундрово-арктическими типами вертикальной поясности России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2008. № 2. С. 59—67.
14. 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.
15. Смирнов М.П. Органические вещества и минерализация речных вод России, СНГ, Балтии. Ростов-на-Дону: "НОК", 2015. 360 с.
16. Физико-географический атлас мира. М.: Изд-во АН СССР и ГУГК, 1964. 298 с.
17. Швеиц В.М. Органические вещества подземных вод. М.: Изд-во Недра, 1973. 191 с.
18. Шилькром Г.С. Механизмы, управляющие химическим составом речных и озерных вод // Изв. РАН. Сер. геогр. 1998. № 4. С. 42—59.

REFERENCES

1. Alekin O.A. Hydrochemistry of rivers of the USSR. The Caucasus and Asian territory. *Proc. Russian state hydrological Institute*, 1949, vol. 15 (69), 144 p. (In Russ.).
2. Artemyev V.E. *Geokhimiya organicheskogo veshchestva v sisteme reka — more* (Geochemistry of organic matter in the system river — sea). Moscow: Nauka, 1993. 204 p.
3. *Gejografiya i okruzhayushchaya sreda* (Geography and the environment). V.N. Dmitrieva, N.S. Kasimov, S.M. Malkhazova, Eds. St. Petersburg: Nauka Publ., 2003. 684 p.
4. Kasimov N.S. *Geokhimiya stepnykh i pustynnykh landshaftov* (Geochemistry of steppe and desert landscapes). Moscow: Izd-vo MGU Publ., 1988. 254 p.
5. Kononova M.M. *Organicheskoe veshchestvo pochvy, ego priroda, svoystva i metody izucheniya* (Soil organic matter, its nature, properties, and methods of study). Moscow: Izd-vo AN SSSR Publ., 1963. 314 p.
6. Koronkevich N.I. *Preobrazovanie vodnogo balansa* (The transformation of water balance). Moscow: Nauka Publ., 1973. 119 p.
7. Liverovskiy Y.A. *Pochvy SSSR* (Soils of the USSR). Moscow: Mysl' Publ., 1974. 463 p.
8. Lobova E.V. *Pochvy pustynnoi zony SSSR* (Soils of the desert zone of the USSR). Moscow: Izd-vo AN SSSR Publ., 1960. 364 p.
9. Nikanorov A.M. *Nauchnye osnovy monitoringa kachestva vod* (Scientific basis of water quality monitoring). St. Petersburg: Gidrometeoizdat Publ., 2005. 576 p.

10. Rodin L.E., Bazilevich N.I. *Dinamika organicheskogo veshchestva i biologicheskii krugovorot zol'nykh elementov i azota v osnovnykh tipakh rastitel'nosti zemnogo shara* (Dynamics of organic matter and biological turnover of ash elements and nitrogen in main types of vegetation of the Earth). Moscow-Leningrad: Nauka Publ., 1965. 254 p.
11. Skopintsev B.A. Organic matter in natural waters (aquatic humus), *Proc. SOI*, 1950, vol. 17 (29). 290 p. (In Russ.).
12. Smirnov M.P. Runoff of organic matter and nutrients with river waters into the Aral Sea, in *Monitoring prirodnoi sredy v basseine Aral'skogo morya* (Environmental Monitoring in the Aral Sea basin). St. Petersburg: Gidrometeoizdat Publ., 1991. pp. 67–80. (In Russ.).
13. Smirnov P.M. Hydrochemistry of rivers in mountains with tundra and Arctic types of vertical belts of Russia. *Izv. Ross. Acad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2008, no. 2, pp. 59–67. (In Russ.).
14. Smirnov M.P. Dissolved organic matter and mineralization of river waters in the mountains with the tundra-taiga types of vertical zones of Russia). *Izv. Ross. Acad. Nauk. Ser. Geogr.*, 2015, no. 5. pp. 54–68. (In Russ.).
15. Smirnov M.P. *Organicheskie veshchestva i mineralizatsiya rechnykh vod Rossii, SNG, Baltii* (Organic matter and mineralization of river waters in Russia, CIS and Baltic countries). Rostov-on-Don: NOK Publ., 2015. 360 p.
16. *Fiziko-geograficheskii atlas mira* (Physical-geographic Atlas of the world). Moscow: Izd-vo AN SSSR and GUGK Publ., 1964. 298 p.
17. Shvets V.M. *Organicheskie veshchestva podzemnykh vod* (Organic matter of groundwaters). Moscow: Nedra Publ., 1973. 191 p.
18. Shil'krot G.S. Mechanisms that control the chemical composition of river and lake waters, *Izv. Ross. Acad. Nauk. Ser. geogr.*, 1998, no. 4, pp. 42–59. (In Russ.).