

УДК 556.18

**РЕЖИМ СТОКА ВОДЫ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ КАМЧАТКИ И ЕГО МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ****Н.Л. Фролова, А.В. Становова\*, С.Л. Горин\***

*Профессор, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
119234 Москва, Ленинские горы, МГУ, географический факультет, кафедра гидрологии суши  
Тел.: (495) 939-15-33*

*E-mail: frolova\_nl@mail.ru*

*\*М. н. с., вед. н. с., Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии  
107140 Москва, Верхняя Красносельская, 17*

*Тел.: (499) 264-81-22*

*E-mail: gorinser@mail.ru*

*ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ, ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА, РЕЧНОЙ СТОК, РЕКА КАМЧАТКА*

В статье проанализированы многолетние изменения температуры воздуха и сумм осадков, годового (в том числе подземного) стока, а также внутригодового распределения стока в бассейне реки Камчатки. В связи с этим дана современная оценка ресурсов поверхностных и подземных вод для бассейна р. Камчатки в целом.

**HYDROLOGICAL REGIME OF THE KAMCHATKA RIVER IN THE LOWER REACHES AND ITS LONG-TERM VARIABILITY****N.L. Frolova, A.V. Stanovova\*, S.L. Gorin\***

*Professor, Lomonosov Moscow State University  
119234 Moscow, Leninskie Gory, MSU, Faculty of Geography  
Tel.: (495) 939-15-33*

*E-mail: frolova\_nl@mail.ru*

*\*Researcher, leading scientist, Russian Federal Research Institute of Fishery and Oceanography  
107140 Moscow, Verkhnyaya Krasnosel'skaya, 17*

*Тел.: (499) 264-93-87*

*E-mail: gorinser@mail.ru*

*HYDROLOGICAL REGIME, CLIMATE CHANGES, RUNOFF, THE KAMCHATKA RIVER*

Long-term variability of air temperatures and precipitation amount, river and groundwater runoff as well as annual distribution of the runoff within the Kamchatka River basin has been analyzed. In this connection modern estimation of river and groundwater water resources for the whole Kamchatka River basin has been given.

Гидрологический режим устьевых областей рек в значительной мере зависит от режима стока воды с их водосборов. Поэтому вполне возможно, что глобальные изменения климата, отмечаемые во многих районах России и мира, могли оказать существенное влияние на сток р. Камчатки и, в конечном счете, на состояние водных объектов в ее устье. Для прояснения этого вопроса проведен анализ многолетней изменчивости водного стока р. Камчатки в связи с возможными изменениями климата в ее бассейне.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА**

Исследование основано на данных многолетних наблюдений, которые проводятся в бассейне р. Камчатки на гидрометеорологических постах и станциях Камчатского УГМС. Часть этих данных была ранее опубликована в специализированных справочниках, например в (Ресурсы..., 1973; Многолетние..., 1987). Другая часть, относящаяся к

периоду после 1989 г., была предоставлена авторам статьи Камчатским УГМС в виде выписок из электронных баз данных.

При расчетах стока воды в нижнем течении р. Камчатки использованы данные постов «Ключи» и «Большие Щеки». Наблюдения на первом посту проводятся с 1930 г. Наблюдения на посту «Большие Щеки» велись без перерыва с 1940 по 1992 гг. После 1992 г. сток воды на этом посту не измерялся, однако многолетний ряд был частично восстановлен специалистами УГМС по наблюдениям на посту «Ключи».

В качестве основных климатических факторов, оказывающих влияние на водный сток р. Камчатки, в данной статье рассмотрены температура воздуха и количество атмосферных осадков. Для оценки многолетней изменчивости этих характеристик были использованы данные по 5 метеостанциям, расположенным в бассейне р. Камчатки (Пуцино, Мильково, Долиновка, Ключи, Усть-

Камчатск). Кроме этого, для получения более полной картины климатических изменений на полуострове были использованы сведения еще по 12 метеостанциям, находящимся за пределами исследуемого бассейна.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью стандартных пакетов Statistica и Excel, а пространственный анализ характеристик — с помощью пакета ArcViewGis 3.2.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Общие сведения о бассейне реки

Р. Камчатка — крупнейшая на полуострове. Ее длина составляет 758 км, площадь водосбора — 55 900 км<sup>2</sup>, средняя высота бассейна — 560 м, общее падение русла — 1200 м, а средний уклон — 1,58‰ (Ресурсы..., 1973).

Р. Камчатка образуется от таяния снежников на дне глубокого чашеобразного ущелья в южной части Срединного хребта (Ресурсы..., 1973). Почти на всем своем протяжении она протекает по Центральной Камчатской депрессии, которая с левого борта ограничена Срединным хребтом, а с правого — Восточным хребтом. В среднем течении река огибает Ключевскую группу вулканов, а в нижнем прорывается по узкому ущелью («Большие Щеки») через хр. Кумроч, выходит на прибрежную низменность и впадает в Камчатский залив Тихого океана. При выходе в море устье реки преграждается устьевым баром. На приустьевом плесе река соединяется широкой протокой с оз. Нерпичьим, аккумулирующим большие запасы речной и морской воды (Горин, 2013).

В пределах речного бассейна средняя высота Срединного хребта составляет 1400–1800 м, а наибольшая высота достигает 3621 м (Ресурсы..., 1973). Средняя высота Восточного хребта (без Ключевской группы вулканов) составляет 1200–1600 м, а наибольшая — 2412 м (Ресурсы..., 1973). Склоны обоих хребтов глубоко расчленены в продольном и поперечном направлениях и изрезаны густой гидрографической сетью.

Современное оледенение в бассейне реки развито преимущественно на вершинах и склонах высоких вулканических гор, особенно в Ключевской группе вулканов.

В бассейне реки ярко выражена продольная и высотная поясность. В нижнем течении реки ее бассейн представляет собой заболоченную низменность, сложенную светло-коричневыми суглинками и супесями, торфяно-глебовыми и торфяными почвами. Растительный покров в ее пределах представлен ольхово-ивовым лесом и кустар-

ником. В среднем течении реки распространены лиственные леса с примесью ели и белой березы. В верхнем течении преобладают разреженные рощи белой и каменной березы с суходольными лугами на слабоподзолистых почвах. В верхнем течении притоков р. Камчатки распространены горные тундры.

Согласно (Ресурсы..., 1973; Гидрологическая..., 1964), в бассейне р. Камчатки насчитывается 7707 рек общей протяженностью 30 352 км, средний коэффициент густоты речной сети — 0,54 км/км<sup>2</sup>. Большинство рек (7105) имеют длину менее 10 км. Основные притоки р. Камчатки — Правая Камчатка (30 км), Кавыча (108 км), Андриановка (92 км), Вахвина Левая (94 км), Кирганик (121 км), Большая Кимитина (105 км), Китильгина (140 км), Щапина (172 км), Толбачик (148 км), Козыревка (222 км), Еловка (244 км), Большая Хапица (111 км), Радуга (84 км).

Бассейн р. Камчатки относительно хорошо изучен с гидрометрической точки зрения, однако последние обобщения гидрологического режима были сделаны в 70-х годах прошлого столетия (Ресурсы..., 1973). В разное время на самой реке и ее притоках действовало более 30 гидрологических постов. В настоящее время наблюдения за стоком ведутся лишь на трети станций.

### Климатические изменения в бассейне реки

Климатические изменения, проявляющиеся на территории Российской Федерации, заметны и на Камчатке. Однако информация об этом в последних докладах по изменению климата (Доклад..., 2013) носит самый общий характер. В настоящей работе по данным наблюдений 1951–2009 гг. проанализирована временная изменчивость сумм годовых и сезонных осадков и температуры воздуха.

Основной процесс, определяющий климатические условия Камчатки — сезонная смена адвекции воздушных масс, зависящая от характера циркуляции атмосферы над материком, Тихим океаном и окружающими морями (Кондратюк, 1974). В соответствии с этим происходят изменения в количестве осадков, выпадающих в разные месяцы в различных районах полуострова. Кроме этого, в распределении годовых сумм осадков по территории наблюдается неоднородность, обусловленная влиянием рельефа. В целом, среднегодовое количество осадков в бассейне р. Камчатки изменяется от 440 мм (м/с Козыревск в среднем течении реки) до 710 мм (м/с Усть-Камчатск в нижнем течении реки) (Научно-прикладной..., 2001).

В верховьях реки метеостанций нет, однако данные по речному стоку косвенно свидетельствуют о том, что среднее количество осадков на горной части речного водосбора превышает 700–800 мм.

Статистический анализ многолетних колебаний годовых сумм осадков включал в себя анализ рядов на однородность средних значений, дисперсий и наличие трендов в соответствии с рекомендациями (Христофоров, 1988). В итоге оказалось, что в бассейне р. Камчатки изменение количества годовых осадков за весь рассматриваемый период статистически малозначимо (рис. 1). Лишь в нижней части бассейна реки отмечено слабо выраженное увеличение годовых сумм осадков.

Анализ изменения сумм осадков за холодный (ноябрь–март) и теплый (апрель–октябрь) периоды показал, что в целом их соотношение не изменилось (незначительно преобладают осадки в холодный период года). Изменение количества осадков за год и за отдельные сезоны носит довольно сложный характер, но происходит синхронно и имеет хорошо выраженную цикличность (рис. 2). Период 1950–1970 гг. характеризовался повышенными значениями рассматриваемых характеристик, в 1970–1990 гг. суммы осадков несколько уменьшились, а в последние два десятилетия отмечается их постепенный рост.

Среднегодовая температура воздуха на территории полуострова за последние 30 лет увеличилась на 0,2–1,2 °С (рис. 3) по сравнению с нормой 1951–1979 гг. Интересно, что изменения средней температуры осенних месяцев были более значительны — для большинства метеостанций полуострова она увеличилась на 1–1,5 °С.

В бассейне р. Камчатки существенное увеличение температуры воздуха отмечается в ее верхнем и среднем течении (рис. 3). В нижнем течении реки повышение температуры было минимальным, хотя сама по себе такая тенденция хорошо прослеживается (рис. 4).

**Сток реки и его изменчивость**

Формирование стока р. Камчатки обусловлено влиянием в первую очередь климатических факторов и довольно сложного рельефа. В верхнем течении реки модули годового стока достаточно велики и составляют около 20–26 л/(с·км<sup>2</sup>) (в Пуццино и Верхне-Камчатске; площадь водосбора  $F = 896$  и  $3760$  км<sup>2</sup> соответственно). В среднем и нижнем течении реки модули стока заметно меньше — около 16 л/(с·км<sup>2</sup>) (створы «Ключи» и «Б. Щеки» — площадь водосбора 45 600 и

51 600 км<sup>2</sup> соответственно). Расчетные величины расходов воды различной обеспеченности для годового, межennaleго и минимального стока р. Камчатки в створе «Большие Щеки» приведены в табл. 1.

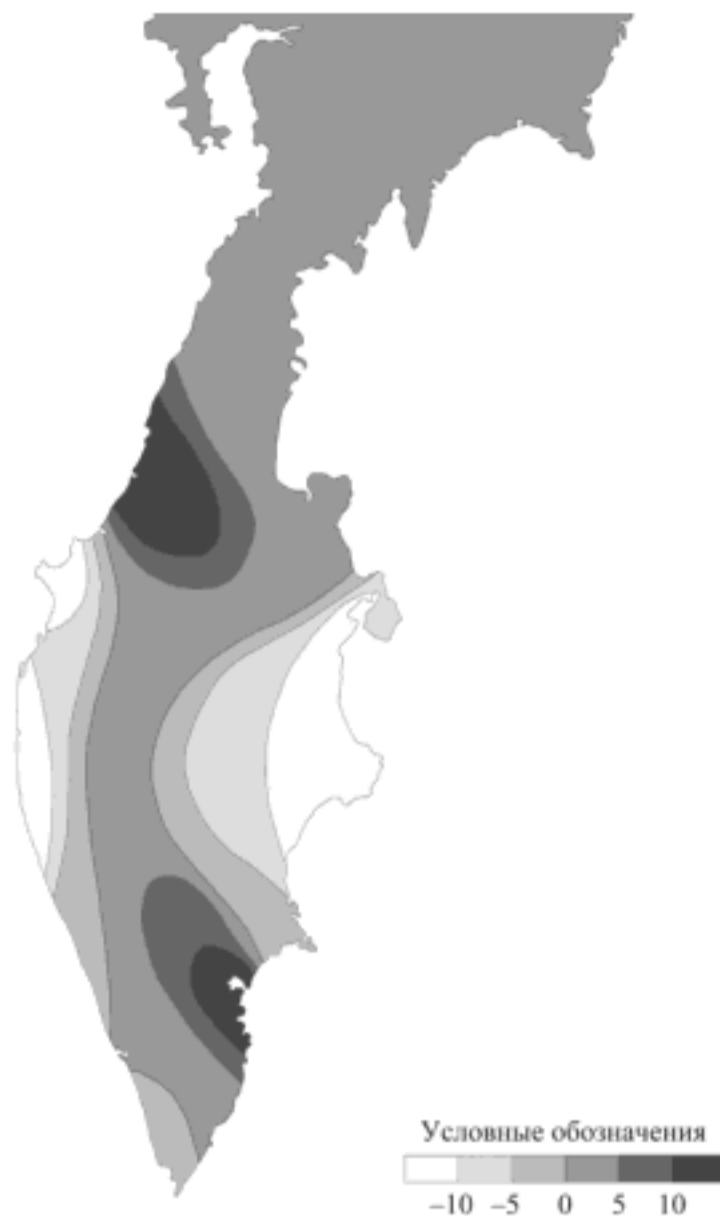


Рис. 1. Карта-схема отклонений годовых сумм осадков, осредненных за период 1980–2009 гг. по сравнению с периодом 1951–1979 гг. (%)



Рис. 2. Изменение суммы осадков за год (1) и холодный период (XI–III) (2) по метеостанции Усть-Камчатск за 1955–2009 гг. (пунктиром показана линия тренда в виде полинома третьей степени)

В последние 30 лет для бассейна р. Камчатки характерно некоторое увеличение стока в ее верхнем течении и незначительное уменьшение в целом для всего бассейна (табл. 2).

На рис. 5 показаны изменение и разностная интегральная кривая годового стока р. Камчатки в урочище Б. Щеки. Видно, что период относительно повышенного стока, отмечаемый для начала восьмидесятых годов, сменился на период пониженного стока, характерного для 1980–2005 гг. В последние годы снова наметился рост расхода воды.

Сток р. Камчатки характеризуется высокой естественной зарегулированностью, повышенными значениями первого и второго коэффициента



Рис. 3. Карта-схема отклонения среднегодовой температуры воздуха, осредненной за период 1980–2009 гг., от средней за период 1951–1979 гг., °С

автокорреляции (более 0,3). Это объясняется высокой долей подземного питания, составляющей 50% и более от годовой величины.

Региональная количественная оценка подземного стока рек может быть получена в результате расчленения речного стока на подземную и поверхностную составляющие. Расчленение общего речного стока на генетические составляющие может быть проведено аналитическими расчетами или расчленением гидрографа рек по гидрометрическим данным о речном стоке (Подземный..., 1966). Опыт подобных расчетов для рек Камчатки показывает, что для упрощения вычислений величину подземного стока можно оценивать по данным о характерных расходах воды в период низкого стока, когда реки переходят на устойчивое подземное питание (Методические..., 1991; Dzhamalov et al., 2012). Для рек Камчатки в качестве такого периода был выбран период зимней межени (с ноября по март).

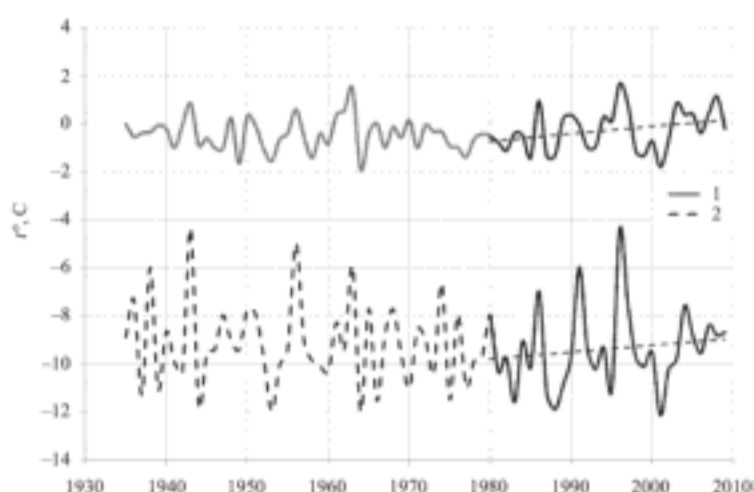


Рис. 4. Изменение температуры воздуха за год (1) и холодный период (XI–III) (2) по метеостанции Усть-Камчатск за 1935–2009 гг. (выделен период 1980–2009 гг. с линией линейного тренда)

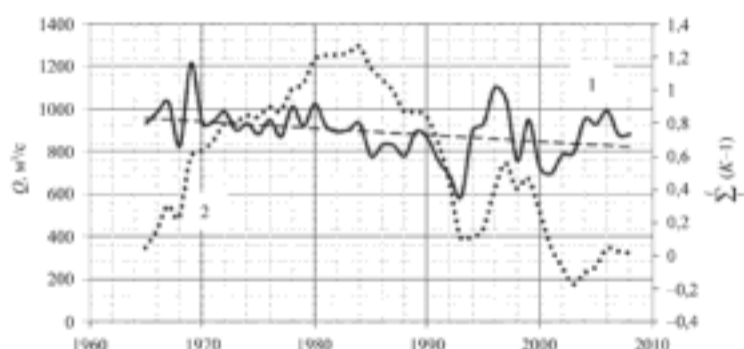


Рис. 5. Изменение годового стока р. Камчатки – Б. Щеки за 1965–2008 гг. (1) (пунктиром показана линия линейного тренда) и разностная интегральная кривая (2)

Таблица 1. Сток р. Камчатки – Б. Щеки различной обеспеченности (м³/с)

Обеспеченность, %									Среднее	Cv	r(1)
	1	10	50	75	90	95	99				
Годовой сток, м³/с	1155	1079	893	816	743	700	617	892	0,13	0,33	
Подземный (средний меженный за XI–III), м³/с	610	564	495	452	410	383	329	490	0,12	0,48	
Минимальный месячный, м³/с	537	497	437	399	362	338	290	432	0,12	0,47	

Динамика подземного стока р. Камчатки в створе «Б. Щеки» схожа с динамикой годового стока (рис. 6). В последние десятилетия наблюдается незначительный рост подземного стока в верховьях бассейна и статистически малозначимое уменьшение стока в целом для всего бассейна реки.

Данные статистического анализа рядов меженного (подземного) и минимального месячного стока (он наблюдается в январе–марте) приведены в табл. 1.

В табл. 3 собраны оценки средних многолетних ресурсов поверхностных и подземных вод р. Камчатки для замыкающего створа «Б. Щеки» и в целом для всего бассейна.

### Особенности водного режима реки

Р. Камчатка имеет преимущественно подземное (50–60% годового объема) и снеговое питание. Основная фаза ее водного режима — весенне-летнее половодье, во время которого проходит 50–75% годового стока. Половодье обычно проходит двумя волнами. Первая обусловлена таянием снега в долине, а вторая — таянием снежников в горах. После половодья наступает относительно многоводная устойчивая межень (сентябрь–октябрь). Повышенная водность этого периода вызвана обильным грунтовым питанием и продолжающимся таянием ледников и снежников. Зимняя межень начинается в конце октября, заканчивается в конце апреля – начале мая. Средняя продолжительность зимней межени — 170–180 дней (Ресурсы..., 1973). Отличительная ее особенность — высокая водность.

Большая растянутость весенне-летнего половодья, а также обильное грунтовое питание обеспечивают сравнительно равномерное распределение стока внутри года. В теплую часть года (май–ноябрь) на реке проходит 75–85% годового объема, в том числе осенью (сентябрь–ноябрь) — 17–20%; сток воды за декабрь–апрель составляет 15–25% годового объема. Коэффициент естественной зарегулированности стока р. Камчатки – Б. Щеки, численно равный доле устойчивого (базисного) стока в его годовом объеме, равен 0,47.

При рассмотрении внутригодового распределения стока за различные периоды (рис. 7, табл. 4)

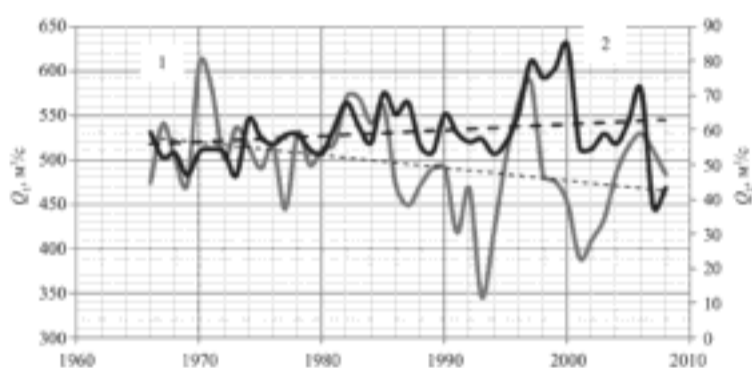


Рис. 6. Изменение подземного стока р. Камчатки – Б. Щеки за 1965–2008 гг. (1) (пунктиром показана линия линейного тренда) и р. Камчатки – Верхнекамчатск (2)

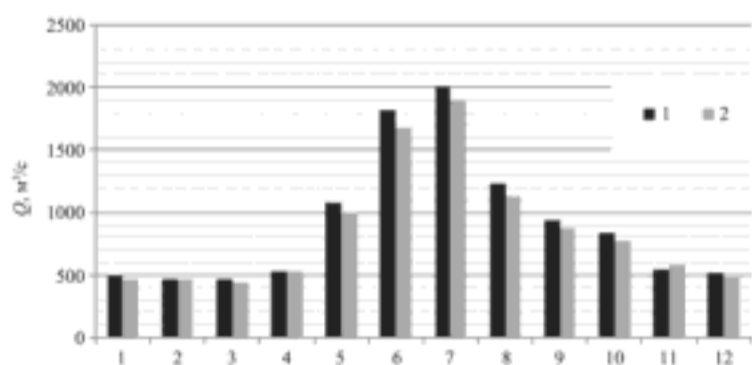


Рис. 7. Внутригодовое распределение стока р. Камчатки – Б. Щеки за 1955–1979 гг. (1) и 1980–2008 гг. (2)

Таблица 2. Осредненные расходы воды р. Камчатки – Б. Щеки (м³/с) за разные периоды

Период	1955–1979	1980–2008
Годовой сток	914	859
Средний меженный за зимний период	493	489
Минимальный месячный	437	429

Таблица 3. Средние многолетние ресурсы поверхностных и подземных вод бассейна р. Камчатки (1955–2008 гг.)

Характеристика	Р. Камчатка – Б. Щеки (F = 51 600 км²)	Р. Камчатка – устье (F = 55 900 км²)
Общие водные ресурсы, км³/год,	28,1	30,4
в т. ч. подземный сток, км³/год	15,4	16,7

Таблица 4. Характеристики внутригодового распределения стока для рек бассейна Камчатки

Река – Пункт	Площадь водосбора, км²	Сток, % от годового объема			
		весна–лето (V–VIII)	лимитирующий период (IX–IV)	осень (IX–XI)	зима (XII–IV)
Камчатка – Верхнекамчатск	3760	58,9	41,1	19,9	21,2
Толбачик – Толбачик	1480	69,9	30,1	16,4	13,7
Камчатка – Б. Щеки	51 600	55,9	43,8	21,2	22,5
1955–1979		55,2	44,8	21,6	23,1

выявляются незначительные уменьшения расходов воды во время весенне-летнего половодья (май–сентябрь). Для р. Камчатки это изменение не превышает 10%.

Относительное снижение максимальных уровней и расходов воды по сравнению со средними значениями за период 1955–1979 гг. наблюдается для большинства рек полуострова. Это говорит о перераспределении стока внутри года и «выполживании» волны половодья. Для р. Камчатки, однако, это выражено в наименьшей степени. Очевидно, это связано с большими размерами реки и бассейна и, соответственно, большей инерционностью процессов формирования стока в течение года.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статистический анализ рядов температуры воздуха и сумм осадков за последние три десятилетия, проведенный по данным метеостанций, расположенных в бассейне р. Камчатки, показал незначительное увеличение температуры воздуха за годовой период и холодный сезон, а также мало-значимое увеличение соответствующих сумм осадков. Изменения годового и межennaleго стока, отражающего величину его подземной составляющей, выражены столь же неявно. Общая тенденция изменения водного режима состоит в выравнивании расходов воды в течение года.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают свою благодарность Камчатскому УГМС за предоставление данных сетевых гидрометеорологических наблюдений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гидрологическая изученность. 1964. Т. 20. Камчатка. Л.: Гидрометеиздат. 258 с.
- Горин С.Л. 2013. Современные морфологическое строение и гидрологический режим эстуария реки Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 31. С. 6–26. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2012 год. 2013. М. 86 с. <http://www.meteorf.ru>.
- Кондратьев В.И. 1974. Климат Камчатки. Л.: Гидрометеиздат. 202 с.
- Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1987. Т. 1. РСФСР. Вып. 18. Камчатка. Л.: Гидрометеиздат. 385 с.
- Методические рекомендации по оценке подземного притока в реки. 1991. Л.: Гидрометеиздат. 94 с.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР. 2001. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 27. Камчатская область. СПб.: Гидрометеиздат. 597 с.
- Подземный сток на территории СССР. 1966 / Под ред. проф. Б.И. Куделина. Изд-во Московского университета. 302 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. 1973. Т. 20. Камчатка. Л.: Гидрометеиздат. 368 с.
- Христофоров А.В. 1988. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: МГУ. 131 с.
- Dzhamalov R.G., Frolova N.L., Stanovova A.V., Krichevets G.N., Wang ChungHo, Kuo Chin Hsu, Feng Sheng Chiu, Cheng Haw Lee, and Ming Chee Wu. 2012. Current Monsoon Conditions of River Runoff and Groundwater Formation in West Pacific Regions: Kamchatka Peninsula and Taiwan Island // Water Resources. V. 39. № 5. P. 610–621.