

УДК 556.16"32"(470.22)

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВОДНОГО СТОКА РЕК КАРЕЛИИ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД ЗА 1993–2022 ГОДЫ

А. Ф. Балаганский*, А. В. Толстиков

*Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»
(пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030),
kar_shuia@mail.ru

Особенностью современных изменений гидрологического режима некоторых рек Карелии является существенное увеличение водности в холодный период года. На рассматриваемой территории увеличение стока отмечается осенью и во все зимние месяцы, причем синхронно с ростом среднемесячной приземной температуры воздуха. Отмечено постепенное уменьшение, иногда до полного исчезновения, периода гидрологического режима «осенняя межень». Периоды осенней межени постепенно замещаются дождевыми паводками различного объема и длительности, часто продолжающимися до февраля. В ходе исследований обработаны ежедневные расходы воды 37 изученных водотоков Карелии за период 1993–2022 гг. В работе приводится сравнение стока рек в осенний период с самой многоводной ежегодной фазой гидрологического режима рек «весеннее половодье». Отмечено, что объем стока осенью превышает по водности фазу весеннего половодья. Средняя продолжительность осеннего паводочного периода (отсутствие межени) составляет 128 дней (реки бассейна Балтийского моря – 125 дней, реки бассейна Белого моря – 133 дня). Средняя дата начала периода осенних паводков для изученных рек бассейна Балтийского моря – 29 сентября, окончания – 1 февраля, для рек бассейна Белого моря – 17 сентября и 29 января соответственно. В исследуемый период водность фазы весеннего половодья постепенно уменьшается, а водность фазы осеннего периода возрастает. В среднем слой стока осеннего паводочного периода превышает слой стока весеннего половодья на 21 %. Причиной увеличения стока осенью могло стать установление мягких зим из-за повышения температурного фона, увеличения числа оттепелей и, как следствие, уменьшения глубины промерзания почв, грунтов и увеличения в них запасов воды.

Ключевые слова: водный сток; паводки; гидрологический режим; реки Карелии

Для цитирования: Балаганский А. Ф., Толстиков А. В. Изменчивость водного стока рек Карелии в осенний период за 1993–2022 годы // Труды Карельского научного центра РАН. 2025. № 6. С. 17–26. doi: 10.17076/lim2109

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы госзадания КарНЦ РАН «Комплексные исследования Белого моря в интересах развития Арктической зоны РФ» (FMEN-2021-0004).

A. F. Balaganskiy*, A. V. Tolstikov. VARIABILITY OF FALL RUNOFF TO KARELIAN RIVERS IN 1993–2022

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences (50 Nevsky Ave., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia), *kar_shuia@mail.ru

A feature of modern changes in the hydrological regime of some Karelian rivers is a significant increase in the water content during the cold period of the year. Runoff in the study area has been increasing in the fall and in all winter months, and in synchrony with the rise in mean monthly surface air temperature. In Karelian rivers, the hydrological regime period called the “fall low water” has been gradually shrinking, sometimes to the point of disappearance. The fall low-water periods are gradually getting replaced by rainfall-induced freshets of varying volume and duration, which often last until February. The paper compares the river runoff in the fall period against the highest-water phase of the river’s hydrological regime – the spring high-water period – by processing data on daily discharges for 37 watercourses of Karelia over the period 1993–2022. The fall runoff volume is shown to exceed the water content during the spring high-water phase. The average duration of the fall freshets (non-low water period) is 128 days (125 for rivers of the Baltic Sea basin, 133 for rivers of the White Sea basin). On average, the fall freshets period for the rivers studied in the Baltic Sea basin begins on September 29 and ends on February 1, for river of the White Sea basin it begins on September 17, ending on January 29. During the period under study, the water content of the spring high-water phase has been gradually declining, and the water content in the fall has been growing. An average runoff depth of the fall freshets period is 21 % greater than that of the spring high-water period. Meanwhile, the highest water discharges in the fall are still 48 % lower than the highest water discharges of the spring high-water phase (according to the sample of averages). The presumed reason for the increase in runoff in the fall is that winters have become milder due to a warmer temperatures background, an increase in the number of thaws and a consequential reduction in soil freezing depth and an increase in soil water reserves.

Keywords: runoff; freshets; hydrological regime; rivers of Karelia

For citation: Balaganskiy A. F., Tolstikov A. V. Variability of fall runoff to Karelian rivers in 1993–2022. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2025. No. 6. P. 17–26. doi: 10.17076/lim2109

Funding. The work was carried out under state assignment to the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, theme “Comprehensive studies of the White Sea for promoting the development of the Russian Arctic zone” (FMEN-2021-0004).

Введение

На территории Республики Карелия сформировалась развитая гидрографическая сеть, относящаяся к бассейнам Балтийского и Белого морей. Она представлена либо небольшими реками, либо короткими водотоками, соединяющимися с многочисленными озерами, образуя озерно-речные системы. Линейная озерность (отношение длины озерных участков к общей длине системы) в таких водотоках может достигать 60 %. Общее число рек Карелии (вместе с Карельским перешейком) составляет 26,7 тыс., их суммарная протяженность 83 тыс. км, а густота речной сети 0,53 км/км² [Литвиненко, 2024]. Тем не менее преобладают водотоки длиной менее 10 км (их число 25,3 тыс., или 95 % от всех рек). Лишь 30 водотоков на территории Карелии имеют длину более 100 км и относятся к классу средних.

Русла карельских рек слабо врезаны, что объясняется особенностями кристаллического фундамента и молодостью гидрографической сети, речные долины не развиты, продольный профиль часто ступенчатый, а плесовые участки обычно занимают озера. Еще одна особенность – близость соседних водотоков друг к другу [Литвиненко, 2024].

Происходящие с конца 70-х годов XX в. изменения климата заметно повлияли на характер формирования водного режима рек европейской части России, что представлено в исследованиях [Водные..., 2008; Современные..., 2015]. Температура воздуха на данной территории начала заметно расти в конце 1980-х годов, в XXI в. ее рост усилился [Назарова, 2017], увеличилось количество осадков [Серых, Толстиков, 2022; Толстиков, Серых, 2025], однако интенсивность потепления по сезонам происходит с различной скоростью. Большое влияние

оказывает подстилающая поверхность, особенности микрорельефа. Поверхностный сток рек европейской части России усилился примерно со второй половины 80-х годов XX в. [Магрицкий и др., 2019] и далее продолжал расти до начала XXI в., в период с 2007 по 2015 г. сток на водосборе Белого моря снижался, а затем был близок к норме [Толстиков и др., 2021].

Основной особенностью современных изменений гидрологического режима рек Карелии является существенное увеличение водности в холодный период года. На рассматриваемой территории отмечается увеличение стока осенью, а также во все зимние месяцы, причем это происходит синхронно с ростом среднемесячной приземной температуры воздуха [Серых, Толстиков, 2022; Толстиков, Серых, 2025]. Причина увеличения стока в это время года может быть в том, что из-за повышения температурного фона установились более мягкие зимы, увеличилось число оттепелей и, как следствие, уменьшилась глубина промерзания почв, грунтов, а запасы воды в них, таким образом, увеличились. Наиболее ярко этот процесс наблюдается при высоком залегании грунтовых вод [Лавров, 2024].

Наблюдаемое потепление может оказывать влияние на изменение ряда других климатических характеристик посредством различных прямых и обратных связей в климатической системе. Например, согласно [Третий..., 2022], это касается таких показателей, как средние сезонные осадки, экстремальность режима осадков, облачность, характеристики снежного покрова, сроки замерзания и вскрытия рек.

Гидрологический словарь [Чеботарев, 1978] дает определение следующим терминам. Паводок – быстрый, сравнительно кратковременный подъем уровня воды в каком-либо фиксированном створе реки, с почти столь же быстрым спадом и, в отличие от половодья, возникающий нерегулярно. Межень – период внутригодового цикла, в течение которого наблюдается низкая водность реки. В периоды межени преобладающее значение в речном стоке имеют подземные воды, дренируемые гидрографической сетью. К летне-осенней межени относят период от конца половодья до начала зимнего периода.

Цель данной работы – количественно оценить повышение водности в реках Карелии в холодное время года. В настоящее время на большинстве рек Карелии осенью постепенно уменьшается по продолжительности или даже совсем пропадает фаза межени. Поскольку для указанного периода повышения водности в это время года в гидрологическом цикле нет

четкого определения, а данный процесс в большей степени относится к осени, мы будем использовать понятие «осенний паводочный период» (ОПП).

Материалы и методы

Проведен анализ ОПП 37 водотоков Карелии (табл.), изученных в гидрологическом отношении, отдельно по бассейну Белого и бассейну Балтийского моря за период 1993–2022 гг. Согласно [СП 11-103-97], ряд максимальных расходов воды рек может быть признан достаточным для определения расчетных расходов, если продолжительность периода наблюдений составляет не менее 25 лет для лесотундровой и лесной зон, поэтому выбранный нами период репрезентативен. Гидрологический режим исследуемых водотоков естественный, с различной степенью озерного регулирования. Из анализа исключены реки с искусственным регулированием и реки со значительным естественным озерным регулированием (на р. Сянга с относительной озерностью 25 %, бассейн Балтийского моря, фазы гидрологического режима размывы и не выделяются).

Расчеты производились на основе базы данных ИВПС КарНЦ РАН «Сток рек бассейна Белого моря» [Карпечко и др., 2018], автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) (<https://gmvo.skniivh.ru>) и Федерального агентства водных ресурсов (<https://voda.gov.ru>).

Площадь водосбора у подавляющего числа исследуемых рек небольшая, она варьирует от 245 до 12 000 км² (до створа водомерного поста) у семи изученных и принятых для анализа данных наблюдений за гидрологическим режимом рек бассейна Балтийского моря, и пять рек бассейна Белого моря имеют площадь от 1000 до 5000 км². От 5000 до 10 000 км² площади водосбора имеют две реки бассейна Балтийского моря и одна река бассейна Белого моря. Площадь водосбора двух рек бассейна Балтийского моря превышает 10 000 км².

В случае перехода осеннего периода с 2022 на 2023 год, данные не приводились в связи с их отсутствием.

В исследовании применен модульный коэффициент отношения слоя стока к общей продолжительности периода в сутках:

$$k = \frac{H}{t},$$

где H – слой стока, мм; t – период, сутки.

Коэффициент вариации рассчитан по формуле [СП 529.1325800.2023]:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}},$$

где n – общее число членов ряда, k_i – модульный коэффициент гидрологической характеристики, определяемой по формуле:

$$k_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}},$$

$\bar{Q}$ – среднеарифметическое значение гидрологической характеристики, определяемой по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}.$$

Слой стока рассчитывался по формуле:

$$H_{mm} = \frac{W}{F * (10)^3} = \frac{\bar{Q} * T}{F * (10)^3},$$

где W – объем стока водотока, T – период, сек., F – площадь водосбора, км².

Для анализа принимались ежедневные расходы воды. Анализ стока приведен вне зависимости от площади водосборов (районирован), поскольку ранжирование по площадям водосборов не выявило каких-либо значимых связей. Отбраковывались данные наблюдений за стоком рек с искусственным, зарегулированным гидрологическим режимом либо рек со значительным естественным озерным регулированием. За начало ОПП принимались периоды с устойчивым продолжительным увеличением стока рек.

Реки Карелии, используемые в анализе, с порядковыми номерами и площадями водосбора
Rivers of Karelia used in the study with ordinal numbers and catchment areas

Реки водосбора Балтийского моря / Rivers of the Baltic Sea basin																					
р. Лендерка – п. Лендеры r. Lenderka – Lendery village	р. Ууксу – д. Ууксу r. Uuksu – Uuksu village	р. Тулемайоки – пгт Салми r. Tulemayoki – Salmi village	р. Эняйоки – д. Раймяля R. Enyajoki – Ryaimyalya village	р. Видлица – с. Большие Горы r. Vidlitsa – Bol'shie Gory village	р. Новзема – с. Видлица r. Novzema – Vidlitsa village	р. Олонка – с. Верховье r. Olonka – Verhov'ye village	р. Олонка – г. Олонец r. Olonka – Olonets City	р. Мергега – д. Куйтежа r. Megrega - Kuitezha village	р. Ивина – пгт Ладва r. Ivina – Ladva village	р. Лососинка – г. Петрозаводск r. Lososinka – Petrozavodsk City	р. Шуя – д. Бесовец r. Shuya – Besovets village	р. Святрека – пгт Пряжа Svyatreka river – Pryazha village	р. Суна – пгт Поросозеро r. Suna – Porosozero village	р. Уница – с. Уница r. Unita – Unita village	р. Кумса – г. Медвежьегорск r. Kumsa – Medvezhnyegorsk City	р. Немина – п. Немино 3 r. Nemina – Nemino 3 village	р. Пяльма – д. Пяльма r. Pyalma – Pyalma village	р. Водла – д. Водла r. Vodla – Vodla village	р. Водла – г. Пудож r. Vodla – Pudozh City	р. Шалица – п. Онежский r. Shalitsa – Onezhsky village	
Площадь водосбора, км ² / Catchment area, km ²																					
3990	1080	1700	450	977	245	1090	2120	378	841	318	9560	355	3370	340	735	601	908	8010	12000	593	
Номер водотока в анализе / Watercourse number in the analysis																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Реки водосбора Белого моря / Rivers of the White Sea basin																					
р. Така – пгт Кестенга r. Taka – Kestenga village	р. Понча – п. Пяозерский r. Poncha – Pyaozersky village	р. Кузема – с. Кузема r. Kuzema – Kuzema village	р. Судно – д. Вокнаволоок r. Sudno –Voknavolok village	р. Ухта – пгт Калевала r. Ukhta – Kalevala village	р. Чирка-Кемь – с. Юшкозеро r. Chirka-Kem –Yushkozero village	р. Шуя – с. Шуерецкое r. Shuya – Shueretskoye village	р. Выг (Верхний Выг) – д. Огорельши r.Vyg (Upper Vyg) – Ogorelyshi village	р. Лекса – п. Сергиево r. Leksa – Sergievo village	р. Вожма – п. Вожмозеро r. Vozhma – Vozhmozero village	р. Волома – д. Венгигора r. Voloma – Vengigora village	р. Онигма – п. Черный Порог r. Onigma – Cherny Porog village	р. Тунгуда – п. Новое Машезеро r. Tunguda – Novoye Mashezero village	р. Летняя – п. Летний r. Letnyaya – Letniy village	р. Сума – с. Сумский Посад r. Suma – Sumsky Posad village	р. Малошуйка – ст. Малошуйка r. Maloshuika – Matoshuika village						
Площадь водосбора, км ² / Catchment area, km ²																					
130	734	882	1160	361	8220	934	2210	463	595	1860	349	1209	570	1990	481						
Номер водотока в анализе / Watercourse number in the analysis																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16						

Результаты и обсуждение

В процессе изучения гидрологического режима рек Карелии выявлено, что за период 1993–2022 гг. их водный сток осенью от года к году растет. Сезонные паводки повышают уровень рек, что может продолжаться до февраля-марта практически без перерывов перехода водотоков на грунтовое питание. Отсутствие дождевых паводков наблюдается лишь в единичные маловодные годы. Примером является р. Тулема-йоки (рис. 1).

Видно, как отличаются гидрографы в маловодный год и при значительном объеме паводочного стока осенью (рис. 1). В маловодный год, а на данной реке за исследуемый период это был лишь 2002 г., максимум выделяется в половодье поздней весной, остальные месяцы можно отнести к межени. Совсем другая картина наблюдается, когда ОПП продолжается без перерыва на межень до февраля-марта (рис. 1, б). Этот вариант в режиме рек Карелии выражен последние годы все чаще. Расходы рек осенью приближаются к объемам воды в половодье, при этом продолжительный многоводный период ОПП приводит к пониженному весеннему стоку.

Средняя дата начала периода осенних паводков для изученных рек бассейна Балтийского моря составляет 29 сентября, окончания – 1 фев-

раля, для рек бассейна Белого моря дата начала – 17 сентября, окончания – 29 января. Вариация дат начала/окончания ОПП значительна (рис. 2).

На рис. 2 видно, что средняя продолжительность весеннего половодья – это 2–3 мес., однако в отдельных случаях может затянуться на 4–5 мес. (р. Тунгуда, озерность водосбора 18 %). В то же время ОПП может превышать 7 месяцев (р. Шуя, р. Водла (бассейн Балтийского моря)), а в среднем продолжается дольше половодья – 4–5 месяцев. Для рек бассейна Белого моря ОПП более продолжителен.

В некоторых случаях (независимо от принадлежности рек к какому-либо из рассматриваемых бассейнов) ОПП начинается в июле, без уменьшения объема стока водотоков до грунтовой фазы (межень), и продолжается до марта. Иногда ОПП начинается в октябре и продолжается не более трех недель. В отдельных случаях фаза большой водности начинается в январе и не снижается до начала весеннего половодья.

Средняя продолжительность ОПП (отсутствие меженного периода) составляет 128 дней (реки бассейна Балтийского моря – 125 дней, Белого моря – 133 дня).

По сравнению с фазой весеннего половодья внутригодовая фаза ОПП более плавная и менее интенсивная, водность реки в ОПП увеличивается достаточно медленно.

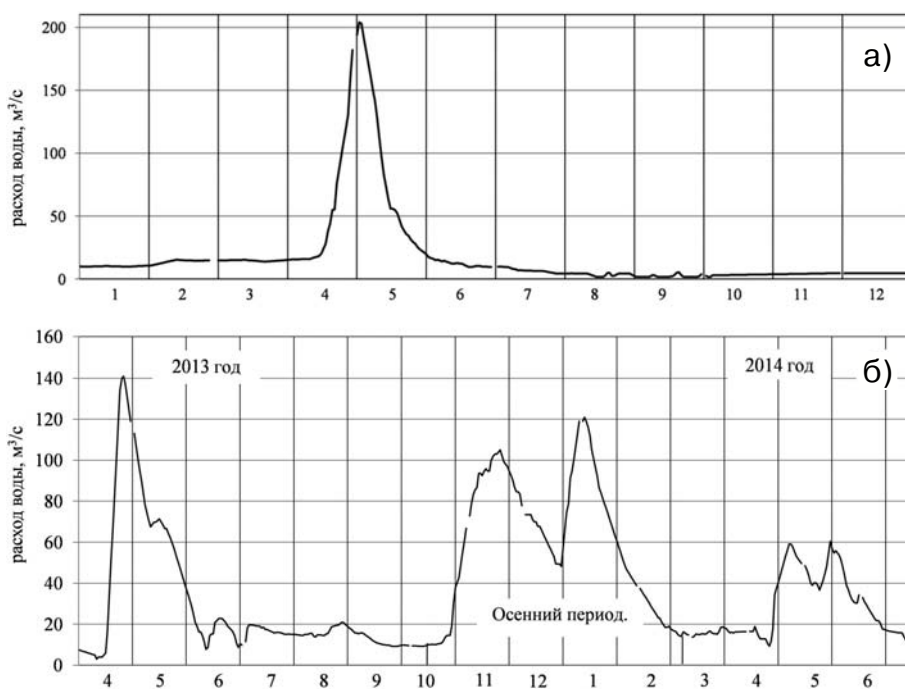


Рис. 1. Внутригодовое распределение стока реки Тулемайоки – пгт Салми 2002 г. (а) и 2013–2014 гг. (б). По оси ОХ показаны месяцы

Fig. 1. Intra-annual distribution of the Tulemayoki River runoff – Salmi urban settlement in 2002 (a) and 2013–2014 (b). The months are shown on the OX axis

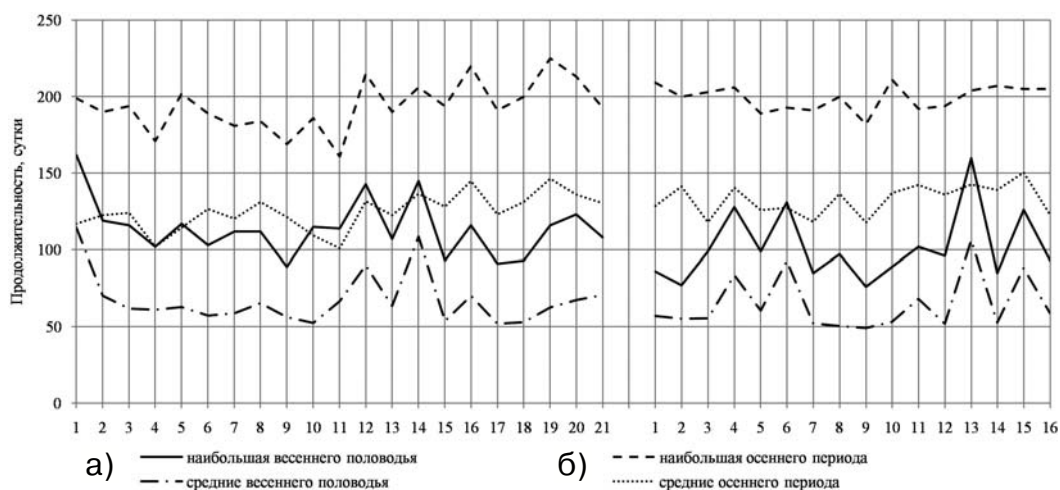


Рис. 2. Средняя и наибольшая продолжительность фаз весеннего половодья и осеннего периода (сутки) для рек водосбора Балтийского моря (а) и рек водосбора Белого моря (б). Цифры по оси ОХ соответствуют номерам водотоков из таблицы

Fig. 2. The average and longest duration of the spring flood phases and autumn period (days) for the rivers of the Baltic Sea basin (а) and the rivers of the White Sea basin (б). The numbers on the ОХ axis correspond to the numbers of the watercourses in the Table

На рис. 3 изображены максимальные по водности фазы ОПП. Такие явления наблюдаются на реках Карелии практически ежегодно.

Характерная фаза ОПП (для водотоков бассейнов Балтийского, и Белого моря) представляет собой плавное увеличение водности осенью, однако не достигающее в большинстве случаев величин характеристик стока в весеннее половодье. Тем не менее на фоне плавно-

го хода проявляются отдельные максимумы, связанные, вероятно, с интенсивным выпадением жидких или смешанных осадков в холодный период года в результате резкого повышения температуры воздуха в зимний период. Поскольку фаза ОПП продолжается долго, объем стока в этот период соразмерен или превышает по водности фазу весеннего половодья на всех реках Карелии.

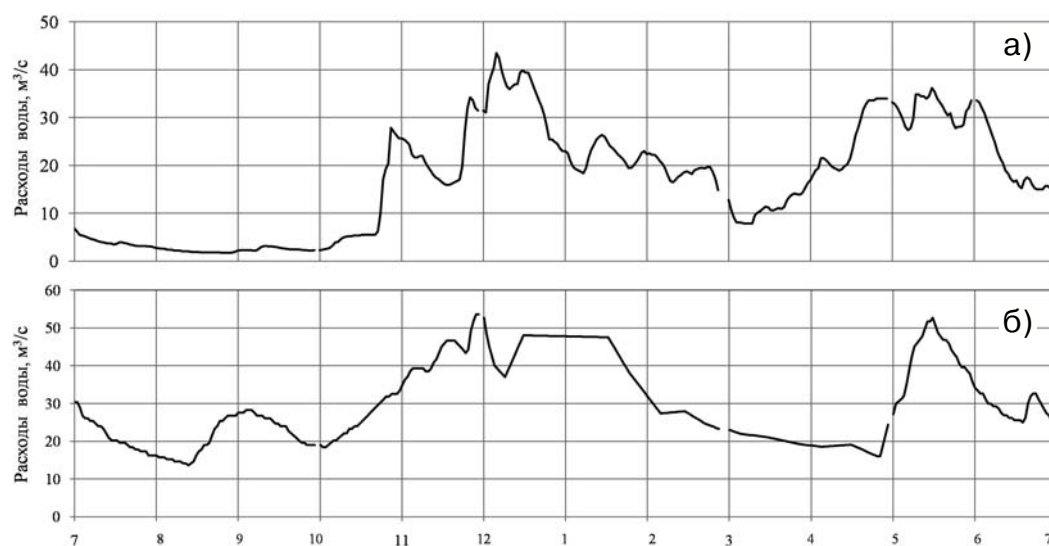


Рис. 3. Фаза ОПП до начала весеннего половодья для р. Уксунйоки (д. Ууксу), 2006–2007 гг. (бассейн Балтийского моря) (а) и р. Сума (с. Сумский Посад) 2008–2009 гг. (бассейн Белого моря) (б). Цифры на оси ОХ соответствуют месяцу

Fig. 3. The phase of the autumn flood period before the spring flood for the Uksunoyki River (Uuksu village), 2006–2007 (Baltic Sea basin) (а) and the Suma River (Sumsky Posad village), 2008–2009 (White Sea basin) (б). The numbers on the ОХ axis correspond to the month

Средние слои весеннего стока за исследуемый период рек бассейна Балтийского моря превышают водность ООП на 19 %, бассейна Белого моря – на 24 %. Однако единичные наивысшие значения слоя стока ООП рядов рек превышают слои стока весеннего половодья для рек бассейна Балтийского моря на 23 %, бассейна Белого моря – на 14 %. Слой стока весеннего половодья за 1993–2022 гг. для бассейна Балтийского моря в среднем увеличивается на 8,3 %, для бассейна Белого моря уменьшается в среднем на 1,3 %. Наибольшие слои стока весеннего половодья меньше слоя стока ООП: для рек бассейна Балтийского моря на 25 %, для рек бассейна Белого моря – на 12 %. Отрицательные значения среднего (в %) отмечаются на реках Ивина, Лососинка, Уница, Пяльма, Онигма, Малошуйка, Верхний Выг (–1 %).

В исследуемый период водность фазы весеннего половодья постепенно уменьшается, а водность фазы ООП возрастает. Средний модульный коэффициент ООП составляет 1,0, средний коэффициент весеннего половодья – 2,7.

Число случаев продолжительности ООП для бассейнов Балтийского и Белого морей

примерно одинаково. От начала ООП до января встречается 22 случая на водоток, до февраля – 13 случаев, до марта – 4 случая, продолжительность до апреля – 0,9 случая на водоток.

Для расходов воды и слоев стока периода ООП тренды значимы для 30 и 35 % всех исследуемых водотоков соответственно. Для расходов воды и весеннего половодья тренды значимы для 54 и 2 % всех водотоков соответственно. Тренды временного ряда наибольших расходов воды весеннего половодья в периоды снеготаяния в реках за период 1993–2022 гг. отрицательные. Средний процент уменьшения мгновенных расходов воды весеннего половодья на территории Карелии составляет 73,5 %. При этом величина наибольших мгновенных расходов воды ООП в реках Карелии возрастает в среднем на 34 %.

На рис. 4 показаны слои весеннего половодья и осенне-зимнего дождевого паводка для реки водосбора Балтийского моря и реки водосбора Белого моря.

По графикам рис. 4 видно, что слои осенне-зимнего дождевого паводка имеют ярко выраженный положительный тренд, хотя это и происходит на фоне квазипериодичности.

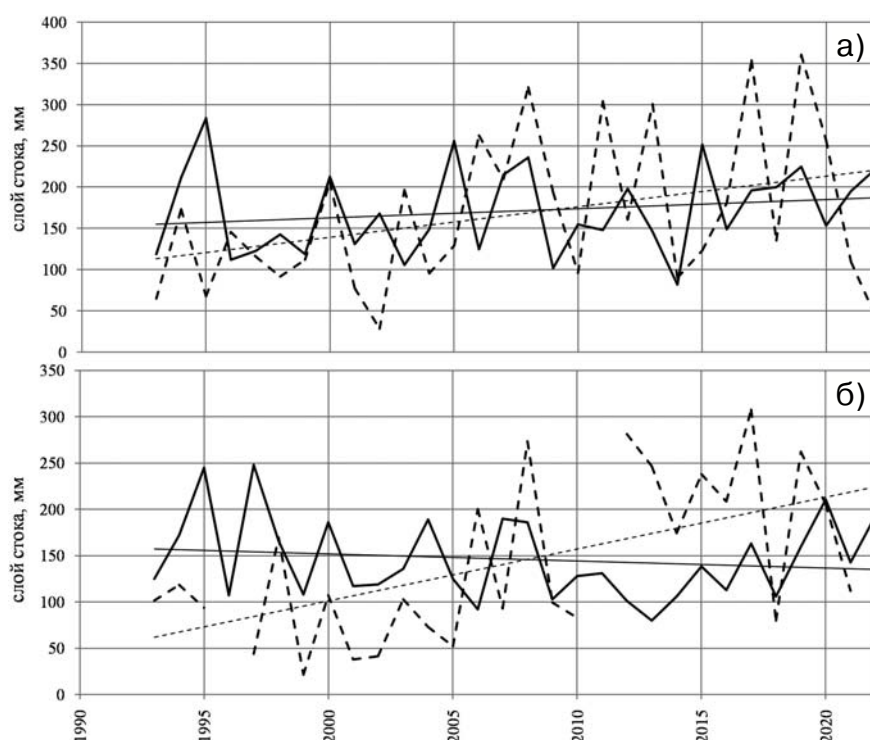


Рис. 4. Слои весеннего половодья (сплошная линия) и осенне-зимнего дождевого паводка (пунктирная линия) реки Уксунйоки – д. Ууксу (а) и реки Сума – с. Сумский Посад (б). Пропуски – нет данных

Fig. 4. Layers of spring flood (solid line) and autumn–winter rain flood (dotted line) of the Uksunoyki River – Uuksu village (a) and the Suma River – Sumsky Posad village (b). Gaps – no data

Водность рек в период половодья за рассматриваемый период понижается. В целом максимумы и минимумы всех водотоков происходят практически в одно и то же время, что дает нам право предположить о ведущем влиянии на это глобальных, а не региональных процессов. Такими внешними факторами являются потепление климата, увеличение количества осадков на территории Карелии и увеличение водности водотоков.

Средний коэффициент изменчивости слоя стока ОПП (коэффициент вариации C_v) для рек бассейна Балтийского моря составляет 0,58, для рек Белого моря – 0,56.

Вариация слоя стока весеннего половодья имеет меньшую изменчивость по сравнению с ОПП: для рек бассейна Балтийского моря она составляет 0,27, для рек Белого моря – 0,25. Вариация наибольших расходов воды весеннего половодья: для рек бассейна Балтийского моря – 0,58, для рек Белого моря – 0,56.

На рис. 5 представлены наибольшие расходы воды весеннего половодья и осеннего паводочного периода для реки водосбора Балтийского и водосбора Белого моря.

По графикам максимальных расходов (рис. 5) очень хорошо прослеживается тенден-

ция повышения водности рек в ОПП за последние годы и снижения водности во время весеннего половодья.

Заключение

За последние 30 лет (1993–2022 гг.) на реках Карелии зафиксировано наличие осеннего паводочного периода, начинающегося от фазы окончания летней межени (август – начало сентября) до первой трети зимнего периода (январь–февраль). При этом на реках южной части Карелии проявление осенних межени периодов наблюдается в единичных случаях, в основном в 2002 году. Беспаводочные периоды наблюдались на 11 реках бассейна Балтийского моря в Карелии. Для карельской части бассейна Белого моря беспаводочный осенний период 1993–2022 гг. отмечался всего на трех реках: Кузема (два случая), Чирка-Кемь (три случая), Сума (два случая). Средняя продолжительность ОПП (отсутствие межени периода) составляет 128 дней (реки бассейна Балтийского моря – 125 дней, Белого моря – 133 дня). Средняя дата начала периода осенних паводков для изученных рек бассейна Балтийского моря – 29 сентября,

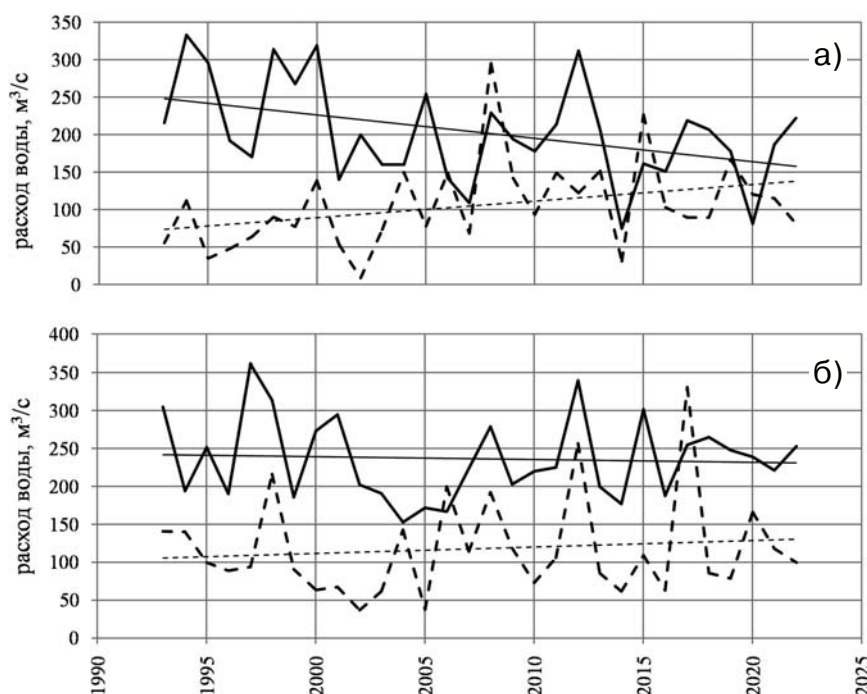


Рис. 5. Наибольшие расходы воды весеннего половодья (сплошная линия) и осеннего периода (пунктирная линия). Река Олонка – г. Олонек (а) и река Чирка-Кемь – с. Юшкозеро (б)

Fig. 5. The largest runoff of the spring flood (solid line) and autumn period (dotted line). The Olonka River – the Olonets City (a) and the Chirka-Kem' River – Yushkozero village (b)

окончания – 1 февраля, для рек бассейна Белого моря – 17 сентября и 29 января соответственно.

В исследуемый период водность фазы весеннего половодья постепенно уменьшается, а водность фазы ОПП возрастает. Тренды временного ряда наибольших расходов воды весеннего половодья в периоды снеготаяния в реках за 1993–2022 гг. отрицательные. Мгновенный сток весеннего половодья за исследуемый период для территории Карелии уменьшился в среднем на 73,5 %. Объем стока фазы ООП увеличивается на 45 % в среднем по Карелии, а фазы весеннего половодья – на 4 %.

Вероятно, этот процесс является прямым свидетельством изменения климата для рассматриваемой территории. Приземная температура воздуха за 1993–2022 гг. в холодный период года увеличилась, количество осадков также повысилось. Все это отразилось на внутригодовом перераспределении стока рек Карелии.

Литература

Водные ресурсы России и их использование / Под ред. проф. И. А. Шикломанова. СПб.: ГГИ, 2008. 600 с.
Карпечко В. А., Махальская Н. И., Балаганский А. Ф., Толстиков А. В. Сток рек бассейна Белого моря. Свид-во о гос. рег. базы данных № 2018621833 РФ. Заявка № 2018621418. Запег. 08.10.2018. Опубл. 19.11.2018.

Лавров С. А. Влияние климатических изменений на процессы формирования стока на водосборах. СПб.: Свое издательство, 2024. 294 с.

Литвиненко А. В. Комплексная характеристика водной сети Карелии // Труды Карельского научного центра РАН. 2024. № 2. С. 6–24. doi: 10.17076/lm1829

Назарова Л. Е. Современные климатические условия водосбора Белого моря // Известия РГО. 2017. Т. 149, вып. 5. С. 16–24.

Магрицкий Д. В., Повалишникова Е. С., Фролова Н. Л. История изучения стока воды и водного режима рек Арктической зоны России в XX в. и начале XXI в. // Арктика и Антарктика. 2019. № 3. С. 61–96. doi: 10.7256/2453-8922.2019.3.29939

Современные ресурсы подземных и поверхностных вод европейской части России: формирование, распределение, использование / Под ред. Р. Г. Джамалова, Н. Л. Фроловой. М.: ГЕОС, 2015. 320 с.

Серых И. В., Толстиков А. В. Изменения климата западной части Российской Арктики в 1980–2021 гг. Ч. 1: Температура воздуха, осадки, ветер // Проблемы Арктики и Антарктики. 2022. Т. 68, № 3. С. 258–277. doi: 10.30758/0555-2648-2022-68-3-258-277

СП 529.1325800.2023. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М., 2023. 103 с.

СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. М., 1997. 33 с.

Толстиков А. В., Балаганский А. Ф., Чернов И. А. Оценка теплового стока рек водосбора Белого

моря // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2021. № 3. С. 109–119.

Толстиков А. В., Серых И. В. Климатические изменения количества осадков в регионе Белого моря и их расчет по моделям CMIP6 до 2099 г. // Арктика: экология и экономика. 2025. Т. 15, № 3. С. 30–41. doi: 10.25283/2223-4594-2025-3-30-41

Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научно-технологии, 2022. 124 с.

Чеботарев А. И. Гидрологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 308 с.

References

Chebotaev A. I. Hydrological dictionary. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1978. 308 p. (In Russ.)

Dzhamalova R. G., Frolova N. L. (eds.). Modern resources of groundwater and surface waters of the European part of Russia: Formation, distribution, use. Moscow: GEOS; 2015. 320 p. (In Russ.)

Karpechko V. A., Makhal'skaya N. I., Balaganskii A. F., Tolstikov A. V. River runoff of the White Sea basin. Certificate of state registration of database No. 2018621833. Appl. No. 2018621418. Reg. 08.10.2018. Iss. 19.11.2018. (In Russ.)

Lavrov S. A. The impact of climate change on runoff formation processes in catchments. St. Petersburg: Svoe izdatel'stvo; 2024. 294 p. (In Russ.)

Litvinenko A. V. A comprehensive account of the Karelian water network. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2024;2:6–24. (In Russ.). doi: 10.17076/lm1829

Magritskii D. V., Povalishnikova E. S., Frolova N. L. History of studying the water runoff and water regime of the rivers of Russian Arctic zone in the XX – early XXI century. *Arktika i Antarktika = Arctic and Antarctica*. 2019;3:61–96. (In Russ.). doi: 10.7256/2453-8922.2019.3.29939

Nazarova L. E. Modern climatic conditions of the White Sea basin area. *Izvestiya RGO = Proceedings of the RGS*. 2017;149(5):16–24. (In Russ.)

Serykh I. V., Tolstikov A. V. Climate changes in the western part of the Russian Arctic in 1980–2021. Part 1: Air temperature, precipitation, wind. *Problemy Arktiki i Antarktiki = Arctic and Antarctic Research*. 2022;68(3):258–277. (In Russ.). doi: 10.30758/0555-2648-2022-68-3-258-277

Shiklomanov I. A. (ed.). Water resources of Russia and their use. St. Petersburg: GGI; 2008. 600 p. (In Russ.)

SP 529.1325800.2023. Determination of the main design hydrological characteristics. Moscow; 2023. 103 p. (In Russ.)

SP 11-103-97. Engineering hydrometeorological survey for construction. Moscow; 1997. 33 p. (In Russ.)

Third assessment report on climate change and its consequences in the Russian Federation. Summary. St. Petersburg: Naukoemkie tekhnologii; 2022. 124 p. (In Russ.)

Tolstikov A. V., Balaganskii A. F., Chernov I. A. Assessment of thermal runoff of rivers in the White Sea catchment area. *Vestnik Moskovskogo universiteta*.

Ser. 5: *Geografiya* = *Bulletin of Moscow University. Ser. 5: Geography*. 2021;3:109–119. (In Russ.)

Tolstikov A. V., Serykh I. V. Climate changes in the amount of precipitation in the White Sea region and

their calculation using CMIP6 models up to 2099. *Arktika: ekologiya i ekonomika* = *Arctic: Ecology and Economy*. 2025;15(3):30–41. (In Russ.). doi: 10.25283/2223-4594-2025-3-30-41

Поступила в редакцию / received: 19.05.2025; принята к публикации / accepted: 01.07.2025.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Балаганский Андрей Федорович

главный гидролог лаборатории географии и гидрологии

e-mail: kar_shuia@mail.ru

Толстиков Алексей Владимирович

канд. геогр. наук, старший научный сотрудник,
руководитель лаборатории географии и гидрологии

e-mail: alexeytolstikov@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Balaganskiy, Andrey

Chief Hydrologist

Tolstikov, Aleksey

Cand. Sci. (Geogr.), Senior Researcher, Head of Laboratory