

## Физико-географические исследования

УДК 502.63(28)(470.57)(045)

*А.М. Гареев, Э.М. Галеева, В.В. Баринов*

### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЧНОГО СТОКА В МНОГОЛЕТНЕМ РАЗРЕЗЕ ПО ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Раскрыты основные характеристики изменения показателей слоя стока рек в многолетнем разрезе по территории Республики Башкортостан. В ранее опубликованных работах, относящихся к 1990–2000 гг., статистические параметры речного стока рассмотрены без учета произошедших изменений в генеральной совокупности исходной информации. Отмечено, что расчеты и оценки по изучению особенностей изменения гидрометеорологических условий, выполненные нами в последние годы, свидетельствуют о нарушении однородности рядов наблюдений. При этом обращено внимание на то, что данная тенденция находится в зависимости от влияния факторов, связанных с глобальным изменением климата. Указано, что игнорирование факторов, отражающих происходящие изменения, может сказаться не только на точности выполняемых расчетов, но и привести к принятию неправильных и необоснованных решений в водном хозяйстве и оценке экологических условий в водотоках. Анализ проводился по величинам слоя годового стока. Изменение показателей годового стока рек республики рассчитано по двум временным интервалам. В качестве граничных условий между ними принят год, в котором прослеживается довольно отчетливая тенденция изменения тренда по величинам годового стока. Осуществлен картографический анализ полученной информации с помощью применения пакета программного обеспечения ArcGIS. Установлено, что за период заметных климатических изменений, наблюдаемых после 80-х гг. XX в., на большей части территории республики обнаруживается тенденция к увеличению значений слоя годового стока. При этом наибольшие показатели изменения приходятся на западные склоны Южного Урала и Уфимского плато в пределах республики. Установлено, что заметное уменьшение значений слоя годового стока наблюдается по территории Башкирского Зауралья.

*Ключевые слова:* годовой сток, слой стока, пространственная изменчивость, временная динамика, Республика Башкортостан.

DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-2-159-165

В течение последних десятилетий большое внимание уделяется вопросу глобального изменения климата. На территории Республики Башкортостан региональные изменения климатических условий выражены достаточно четко. Это относится прежде всего к таким показателям, как годовые суммы атмосферных осадков, среднегодовые температуры воздуха, испарение с поверхности речных водосборов и др., которые принимают участие в формировании важных показателей, характеризующих тепло- и влагообеспеченность территорий [1-3]. Вследствие изменчивости климата увлажненность регионов испытывает значительные вариации во времени. Это влияет на многие природные процессы, в том числе и на количественные характеристики речного стока, что имеет не только научное, но и прикладное хозяйственно-экономическое и экологическое значение. Известно, что как изменчивость во времени стокоформирующих факторов, случайных по своему происхождению, так и региональные последствия глобального изменения климата, обуславливают формирование циклических колебаний речного стока, а также трендов, отражающих наличие изменений за различные промежутки времени. Поэтому выявление тенденций и абсолютных показателей изменения нормы годового стока в период заметных изменений климата является актуальной задачей.

Применительно к решению конкретных задач в хозяйственно-экономической деятельности, а также оценке изменения экологических условий в самих водных объектах представляет собой большой интерес определение абсолютных показателей изменения речного стока [2; 3]. Это, в отличие от традиционно применяемых методов в климатологии, базирующихся на определении так называемых коэффициентов наклона линейного тренда (КНЛТ), имеет ряд преимуществ. Оно прежде всего связано с тем, что условия функционирования природно-хозяйственных систем, а также природно-аквальных комплексов зависят от конкретных параметров и значений факторов, свойственных исследуемой территории. Соответственно выявление показателей линейного тренда не является достаточным процессом и средством, позволяющим решать вопросы в проектно-исследовательской деятельно-

сти, выполнять инженерно-гидрологические и экологические расчеты при обосновании строительства или перспективного развития хозяйственных объектов в бассейне реки.

### Материалы и методы исследований

Для анализа изменений значений годового стока по рекам республики использовались фондовые данные БашУГМС по 35 пунктам наблюдений (гидрологическим постам) за период времени с 1945 по 2018 г. В соответствии с предъявляемыми требованиями к выполнению гидрологических расчетов была осуществлена оценка однородности рядов многолетних наблюдений. В качестве основных были приняты методы Фишера и нарастающих (интегральных) сумм. На основании выполнения расчетов и оценок было выявлено то, что по всей генеральной совокупности исходной информации выделяются 2 этапа (выборки), что нашло отражение в ряде опубликованных работ в последние годы [2; 3]. С учетом изложенного, значения годового стока анализировались по периодам «до» и «после» даты заметных климатических изменений по территории республики. В качестве такой переходной даты был определен 1980 год. В соответствии с этим весь ряд наблюдений был разделен на два временных интервала (1945–1980 гг. и 1981–2018 гг.). В данные периоды наблюдений входит, соответственно, одинаковое количество циклов, включающих маловодные и многоводные фазы, что является основным требованием к выполнению расчетов аналогичного характера [3-6]. Этим определяется обоснованность и репрезентативность выполняемых расчетов и оценок. Полученные результаты, отражающие норму стока за оба выделенных периода, позволили оценить показатели отклонения величины годового стока ( $\Delta$ ) за второй период (1981–2018 гг.), по которому выявлены заметные климатические изменения по сравнению с предшествующим временным интервалом.

В целях картирования полученных результатов применялись показатели слоя стока (мм) [2]. Картографический анализ полученной информации был осуществлен с применением пакета программного обеспечения ArcGIS.

### Результаты и их обсуждение

С учетом изложенного в ходе выполнения исследования нами решались задачи как картографического анализа пространственного распределения среднесноголетних показателей слоя годового стока по двум расчетным периодам (выборкам) в составе многолетних рядов наблюдений (генеральной совокупности статистических параметров), так и определения абсолютных отклонений среднеарифметических величин стока (нормы) в их многолетнем разрезе. Полученные результаты представлены на рис. 1, 2. Как видно из рис. 1, в первом периоде наблюдений наибольшее количество годового стока наблюдается в пределах западных склонов Южного Урала, а также Уфимского плато. Здесь слой стока достигает до 250 – 300 мм и более. По мере перемещения от указанных территорий как в западном, так и в восточном направлениях, обнаруживается заметное снижение годового стока. Так, в бассейнах рек, расположенных в равнинной западной части республики (Уршак, Дема, Чермасан, Ик с притоком Усень), слой стока снижается до 100 мм. Аналогичная закономерность наблюдается и в Башкирском Зауралье (в бассейне р. Урал), где влияние гор Южного Урала вносит заметную дифференциацию в распределение изучаемого показателя. В юго-восточной периферии в связи с барьерной ролью гор, соответственно, снижением годовой суммы атмосферных осадков обнаруживаются минимальные значения стока (в пределах 100 – 50 мм и менее). Таким образом, по территории Зауралья обнаруживается большой градиент изменения рассматриваемой величины.

По второму периоду, судя по рис.2, по территории республики в целом характерно аналогичное распределение показателей среднесноголетнего слоя речного стока. Так в горных районах темпы возрастания слоя стока рек не настолько интенсивны. Максимальные величины (250 – 300 мм) по-прежнему приурочены к западным макросклонам гор Башкирского Южного Урала, однако, по сравнению с предыдущим периодом, площадь районов с этими значениями заметно увеличилась. Аналогичная ситуация прослеживается и в северных районах республики. С увеличением абсолютных высот (Уфимское плато) величины годового слоя стока повышаются, при этом значения слоя стока за последний период составляют 250 мм и более (ранее этот показатель был равен 200 мм). Выявленные тенденции характерны и для крайних северо-восточных районов республики, где значения слоя стока составляют соответственно 200 и 250 мм.

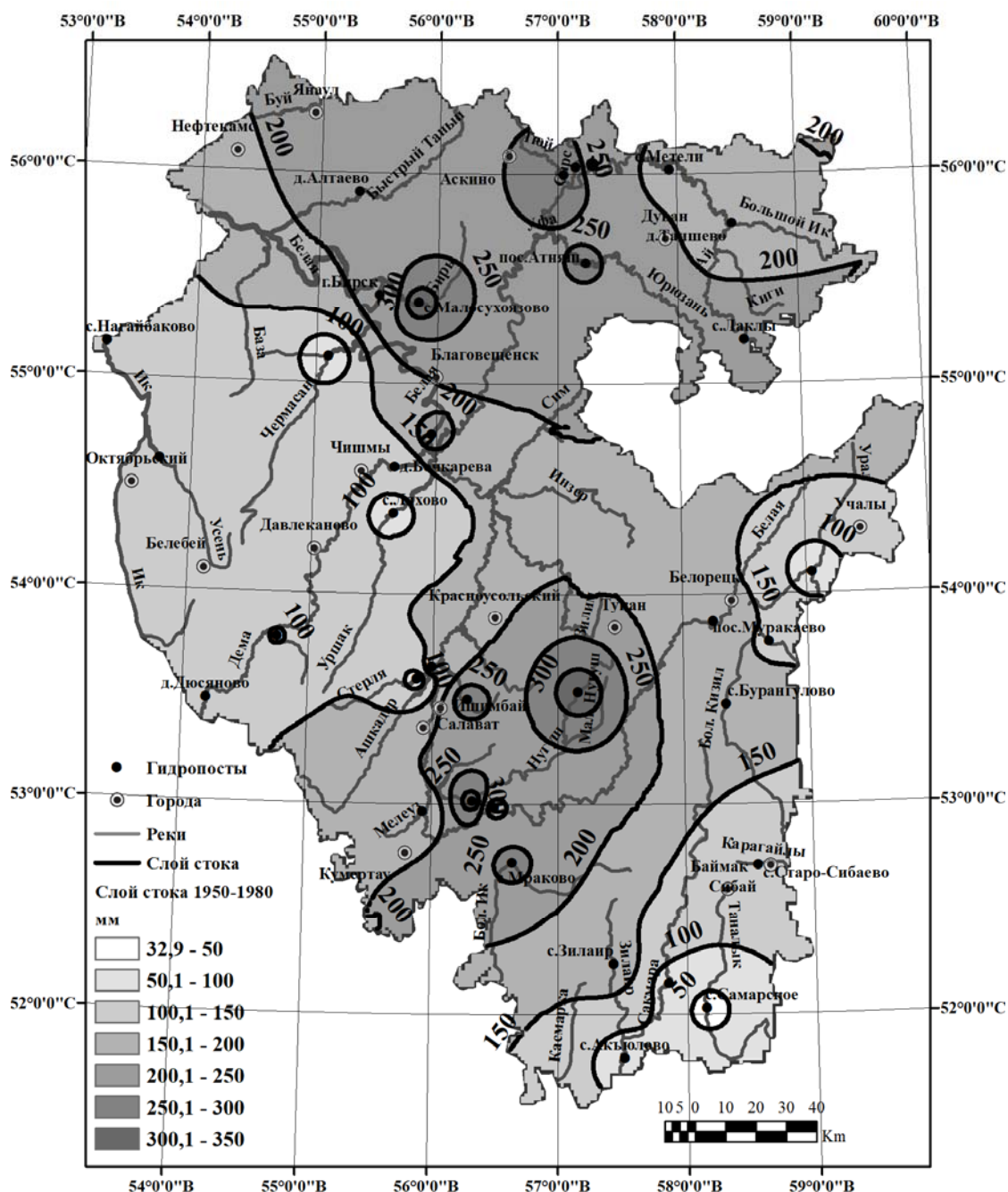


Рис. 1. Характеристики распределения значений среднего годового стока рек по территории Республики Башкортостан за 1945 – 1980 гг. (мм)

По территории Башкирского Зауралья рассматриваемые тренды изменяются на противоположные. При этом второй период времени (1981–2018 г.) характеризуется заметно меньшими показателями среднегодовых значений слоя годового стока. Так, по значительной части рассматриваемой территории слой годового стока не превышает 100 мм. Следует отметить то, что в предшествующем периоде (до 1981 г.) на этой территории в основном преобладали значения слоя стока от 100 до 150 мм, в некоторых районах – от 150 до 200 мм. По сравнению с предыдущим временным интервалом их площадь, занятая показателями уменьшения слоя годового стока, существенно увеличилась. Она в целом занимает более половины территории Башкирского Зауралья.

В практических целях имеют существенное значение показатели, отражающие абсолютное изменение значений слоя стока. С учетом изложенного нами они определены в разрезе всех гидрологических постов, которые отражены в таблице.

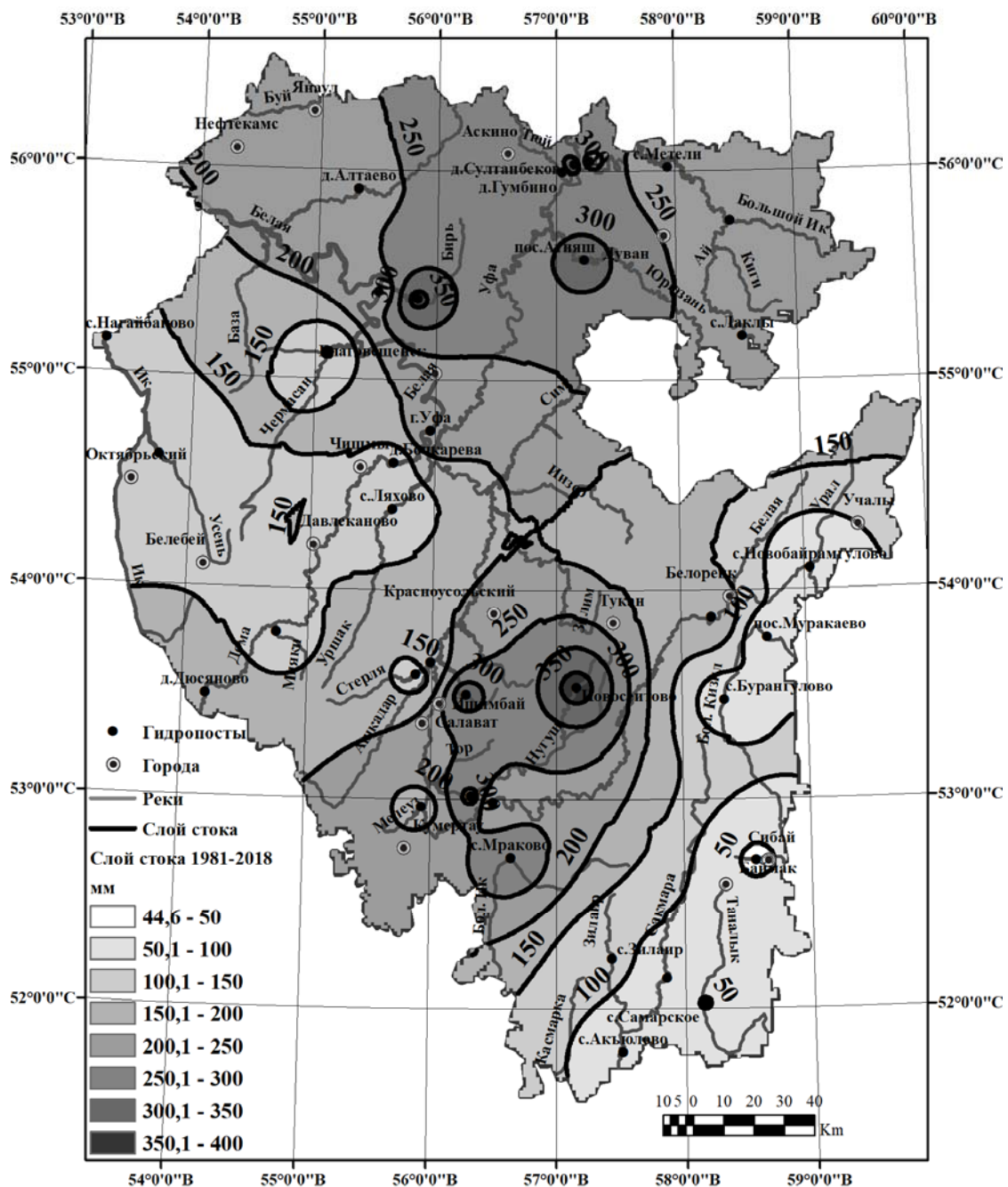


Рис. 2. Характеристики распределения значений среднего годового стока рек по территории Республики Башкортостан за 1981 – 2018 гг. (мм)

Как видно из таблицы, при сравнении показателей слоя стока за 2 выбранных периода обнаруживается присутствие широкого разброса показателей  $\Delta h$ . При этом по основной части территории республики наблюдается некоторое увеличение слоя годового стока. В то же время по ряду гидрологических постов (7 из 35) обнаруживается заметное снижение речного стока, что характерно для территории Башкирского Зауралья. Для указанной территории свойственны засушливость климата и маловодность рек. Произшедшие изменения свидетельствуют о том, что в условиях нарастания маловодности могут формироваться весьма неблагоприятные хозяйственно-экономические и экологические условия.

Как с научной, так и с практической точек зрения представляют интерес показатели пространственного распределения величин изменения слоя годового стока. В результате анализа сведений, отраженных на картосхемах (рис. 1, 2), можно выделить две группы районов с учетом указанного показателя.

**Показатели изменения среднемноголетних значений слоя стока по двум выборкам (1945–1980 гг. и 1981–2018 гг.) ( $\pm\Delta h$ ) по рекам Республики Башкортостан**

№	Река-гидропост	Слой стока, мм		
		1945–1980	1981–2018	$\pm\Delta h$ , мм
1.	Мелеуз-Мелеуз	152,7	178,6	25,9
2.	Нугуш-Андреевский	324,3	314,4	-9,9
3.	Стерля-Отрадовка	80,1	106,9	26,8
4.	Селеук-Нижнеиткулово	276,6	327,0	50,4
5.	Уршак-Ляхово	85,8	99,7	13,9
6.	Уфа-ВерхнийСуян	191,4	233,0	41,6
7.	Ай-Лаклы	222,5	238,6	16,1
8.	Ай-Метели	170,3	205,4	35,1
9.	Тюй-Гумбино	274,6	294,9	20,3
10.	Юрюзань-Атняш	253,3	318,3	65,0
11.	Сарс-Султанбеково	296,2	318,3	22,1
12.	Дема-Дюсяново	132,2	180,5	48,3
13.	Дема-Бочкарева	100,0	130,7	30,7
14.	Мияки-Мияки-Тамак	99,0	125,4	26,4
15.	Чермасан-Новоюмраново	70,9	98,5	27,6
16.	Бирь-Малосухозово	323,3	359,7	36,4
17.	Быстрый Танып-Алтаево	210	242,4	32,4
18.	Ик-Нагайбаково	113,9	133,5	19,6
19.	Усень-Туймазы	105,2	123,5	18,3
20.	Бол. Ик-Таишево	165,7	206,3	40,6
21.	Белая-Сыртланово	181,4	208,6	27,2
22.	Белая-Стерлитамак	163,0	191,8	28,8
23.	Белая-Уфа	216,2	241,0	24,8
24.	Белая-Бирск	203,6	227,0	23,4
25.	Бол. Ик-Мраково	260,9	290,7	29,8
26.	Белая-Арский Камень	169,9	199	29,1
27.	Миндяк-Новобайрамгулово	82,0	53,8	-28,2
28.	Мал. Кизил-Муракаево	146,9	62,6	-84,3
29.	Бол. Кизил-Бурангулово	155,4	71,8	-83,6
30.	Карагайлы-Старо-Сибаетово	104,7	44,6	-60,1
31.	Таналык-Самарское	32,9	48,9	16,0
32.	Сакмара-Верхне-Галеево	90,0	65,3	-24,7
33.	Сакмара-Акьюлово	85,5	72,9	-12,6
34.	Зилаир-Зилаир	183,7	107,8	-75,9
35.	Нугуш-Новосейтово	324,6	365,5	40,9

**1. Районы, в которых происходит увеличение значений слоя годового стока.** Эта территория приурочена к Башкирскому Предуралью, она также охватывает западные (наветренные) макросклоны гор Башкирского Южного Урала. Установленное увеличение слоя стока составляет 25–50 % по сравнению с предшествующим периодом и связано в основном с повышением годового количества осадков в этом регионе [5]. Максимальное увеличение ресурсов речного стока (до 50 %) характерно левобережным притокам среднего и нижнего течения р. Белая. Для западных наветренных склонов горных районов Урала и северной части Башкирского Предуралья увеличение значений слоя годового стока составляет не более 25 % по сравнению с предшествующим периодом. Это объясняется пониженными значениями величины испарения в северных и горных районах республики в совокупности с некоторым повышением количества осадков. Небольшие ареалы на юго-западе и в центре республики демонстрируют существенное увеличение слоя стока – более 45 мм и в отдельных случаях – 60 мм (р. Дема – д. Дюсяново). Это, по всей вероятности, связано с особенностями местных физико-географических условий.

**2. Районы, в которых наблюдается тенденция к уменьшению значения слоя годового стока.** Это восточные (подветренные) макросклоны гор Башкирского Южного Урала и территория Баш-

кирского Зауралья, в пределах которой ослабевает западный перенос атлантических воздушных масс. Здесь на всей территории зафиксировано уменьшение слоя стока на величину до 25 % по сравнению с предыдущим временным интервалом. В отдельных случаях уменьшение слоя стока составляет значительную величину (до 40 %): Миндяк – д. Новобайрамгулово – на 28 мм при значении слоя стока за период до 1981 г. в количестве 53,8 мм; р. Зилаир – (с. Урман Зилаир) – на 75,9 мм при значении слоя стока 183,7 мм.

Следует подчеркнуть, что Башкирское Зауралье относится к засушливой территории, для которой характерна резкая внутригодная неравномерность распределения речного стока. Здесь сток за время весеннего половодья достигает до 96 и более процентов от годового. Многие реки летом пересыхают, зимой промерзают. Установленный нами факт, отражающий заметное снижение речного стока в течение последних десятилетий, свидетельствует о том, что наметившиеся тенденции могут привести к дальнейшему обострению водохозяйственной ситуации и ухудшению экологических условий в водных объектах. Это требует необходимости своевременного принятия решения на республиканском уровне.

### Заключение

На территории Республики Башкортостан количественные характеристики годового стока за период с 1981 по 2018 г. претерпевают значительные изменения. По подавляющему большинству рек наблюдается увеличение значений слоя годового стока. Однако такая тенденция характерна только для территорий Башкирского Предуралья и западных предгорий Башкирского Южного Урала. На этом фоне выявлен регион, в котором тенденция изменения является противоположной – Башкирское Зауралье. В нем уменьшение значений слоя годового стока составляет до 40 %, что необходимо учитывать при долгосрочном водохозяйственном планировании. Это в целом отражает тенденции, которые свойственны признакам регионального проявления глобального изменения климата в Республике Башкортостан.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации в 2014 г. М.: Росгидромет, 2014. 56 с.
2. Гареев А.М. Реки, озера и болотные комплексы Республики Башкортостан. Уфа: Гилем, 2012. 248 с.
3. Гареев А.М., Аминова Г.Г. Общие характеристики изменения основных составляющих водного баланса речных водосборов на примере территории Республики Башкортостан // Фундаментальные и прикладные исследования в гидрометеорологии, водном хозяйстве и геоэкологии: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф., посвященной Международному Дню воды, 100-летию Республики Башкортостан и 110-летию Башкирского государственного университета (г. Уфа, 29 – 30 марта 2019 г.). Уфа: РИЦ БашГУ, 2019. С. 9-15.
4. Балков В.А. Водные ресурсы Башкирии. Уфа: Башкирское книжное издательство, 1978. 173 с.
5. Гареев А.М., Галеева Э.М., Силантьев К.Д. Основные тенденции и показатели изменений гидрометеорологических условий на территории Республики Башкортостан // Вестн. Академии наук Республики Башкортостан. 2019. Т. 33, № 4 (96). С. 14-15.
6. Гареев А.М., Зайцев П.Н. Многолетняя динамика изменчивости водных ресурсов в пределах Башкирского Предуралья. Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. 128 с.

Поступила в редакцию 12.03.2021

Гареев Ауфар Миннигазимович, доктор географических наук,  
профессор кафедры геологии, гидрометеорологии и геоэкологии  
E-mail: aufar.gareev@mail.ru

Галеева Эльвира Миассаровна, кандидат географических наук,  
доцент кафедры геологии, гидрометеорологии и геоэкологии  
E-mail: elya.galeewa2012@yandex.ru

Баринов Владислав Валерьевич, бакалавр кафедры геологии, гидрометеорологии и геоэкологии  
E-mail: vladick.barinov@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»  
450074, Россия, г. Уфа, ул. ЗакиВалиди, 32

*A.M. Gareev, E.M. Galeeva, V.V. Barinov*

## MAIN CHARACTERISTICS OF CHANGES IN RIVER RUNOFF IN A LONG-TERM SECTION ACROSS THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-2-159-165

The article reveals the main characteristics of the change in the values of the river runoff layer indicator in the long-term section across the territory of the Republic of Bashkortostan. In previously published works related to 1990–2000, the statistical parameters of river runoff are considered without taking into account the changes that have occurred in the general population of the initial information. It is noted in the article that the calculations and estimates for the study of the peculiarities of changes in hydrometeorological conditions, carried out by us in recent years, indicate a violation of the homogeneity of the observation series. At the same time, attention is drawn to the fact that this trend is dependent on the influence of factors associated with global climate change. The article indicates that ignoring the facts reflecting the ongoing changes can affect not only the accuracy of the calculations, but also lead to the adoption of incorrect and unjustified decisions in the water sector and the assessment of environmental conditions in watercourses. The analysis was carried out according to the values of the annual runoff layer, the change in the indicators of the annual runoff of the rivers of the republic was calculated for two time intervals. As the boundary conditions between them, the year was taken, from which a rather clear tendency of the trend change in terms of the annual runoff values is revealed. Cartographic analysis of the information obtained was carried out using the ArcGIS software package. It has been established that during the period of noticeable climatic changes in most of the territory of the republic, there is a tendency to an increase in the values of the annual runoff layer. At the same time, the greatest indicators of change occur on the western slopes of the Southern Urals and the Ufa plateau within the republic. It was found that a noticeable decrease in the values of the annual runoff layer is observed over the territory of the Bashkir Trans-Urals.

*Keywords:* annual runoff, runoff layer, spatial variability, temporal dynamics, Republic of Bashkortostan.

### REFERENCES

1. *Vtoroy otsenochnyy doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii v 2014 g.* [The second evaluation report of Roshydromet regarding climatological changes and their consequences], Moscow: Rosgidromet, 2014, 56 p. (In Russ.).
2. Gareev A.M. *Reki, ozera i bolotnye komplekсы Respubliki Bashkortostan* [Rivers, lakes and swamp complexes of the Republic of Bashkortostan], Ufa: Gilem Publ., 2012, 248 p. (In Russ.).
3. Gareev A.M., Amineva G.G. [General characteristics of changes in the main components of the water balance of river catchments on the example of the territory of the Republic of Bashkortostan], in *Mater. IV Vseros. nauch.-prakt. konf. "Fundamentalnye i prikladnye issledovaniya v gidrometeorologii, vodnom hozyaystve i geoekologii"* (Ufa, 29-30 March, 2019). Ufa: RITs BashGU, 2019, pp. 9-15 (In Russ.).
4. Balkov V.A. *Vodnye resursy Bashkirii* [Water resources of Bashkiria], Ufa: Bashkir. knizhnoe izdatel'stvo, 1978, 173 p. (in Russ.).
5. Gareev A.M., Galeeva E.M., Silantyev K.D. [Main trends and indicators of changes in hydrometeorological conditions in the Republic of Bashkortostan], in *Vestnik akademii nauk Respubliki Bashkortostan [Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan]*, 2019, vol. 33, no. 4 (96), pp. 14-15 (In Russ.).
6. Gareev A.M., Zaitsev P.N. *Mnogoletnyaya dinamika izmenchivosti vodnykh resursov v predelakh Bashkirskogo Preduralya* [Long-term dynamics of water resources variability within the Bashkir Cis-Urals], Ufa: RIC Bashkir State University, 2015, 128 p. (In Russ.).

Received 12.03.2021

Gareev A.M., Doctor of Geography, Professor of Department of Geology, Hydrometeorology and Geoecology  
E-mail: [aufar.gareev@mail.ru](mailto:aufar.gareev@mail.ru)

Galeeva E.M., Candidate of Geography, Associated professor of Department of Geology, Hydrometeorology and Geoecology  
E-mail: [elya.galeewa2012@yandex.ru](mailto:elya.galeewa2012@yandex.ru)

Barinov V.V., Bachelor of Department of Geology, Hydrometeorology and Geoecology  
E-mail: [vladick.barinov@yandex.ru](mailto:vladick.barinov@yandex.ru)

Bashkir State University  
ZakiValidi st., 32, Ufa, Russia, 450074