

## СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕК БОЛЬШОГО КАВКАЗА

И. С. АЛИЕВА<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Бакинский государственный университет, ул. Захида Халилова, 23, AZ1148, г. Баку, Азербайджан

Представлены результаты анализа современных изменений годового стока, его основных составляющих – подземного и поверхностного стоков, а также минимального зимнего и летне-осеннего стоков рек Большого Кавказа в пределах Азербайджана. Приводится краткий обзор ранее выполненных исследований изменения стока по стране. Отмечается, что в этих работах применен метод географического сравнения и линейный трендовый анализ. Сделан вывод о том, что до сих пор не изучены трансформации поверхностного и подземного стоков рек Большого Кавказа, обусловленные изменением климата. Проанализированы данные по стоку 17 гидрологических пунктов наблюдения за 1934–2017 гг. Все эти гидрологические пункты наблюдения расположены в горной части речных бассейнов, т. е. стоквые характеристики определяют естественный или условно-естественный режим рек. Годовые значения подземного стока были установлены как среднее арифметическое среднемесячного минимального зимнего и летне-осеннего расходов воды. Годовые значения поверхностного стока рассчитаны как разница между годовым и подземным стоками. Использован метод географического сравнения. Расчеты и обобщения полученных результатов выполнены для различных периодов согласно рекомендациям Всемирной метеорологической организации. Выявлено, что за 1981–2010 и 2001–2017 гг. поверхностный сток рек изучаемого региона уменьшился по сравнению со стоком за базовый период (1961–1990). Это объясняется уменьшением количества атмосферных осадков в виде снега и снижением объема весеннего половодья. Однако имело место более существенное увеличение подземного стока рек, поэтому в целом по региону наблюдался рост годового стока. Динамика изменения минимального стока рек, особенно в зимний сезон, также положительная, так как в течение последних десятилетий снежный покров тает раньше обычного, в результате создаются благоприятные условия для формирования подземных вод, питающих реки в периоды минимального стока. Отмечается, что выявленный характер изменения различных показателей речного стока в изучаемом регионе связан с потеплением климата.

**Ключевые слова:** Большой Кавказ; годовой сток; подземный сток; поверхностный сток; метод сравнения; изменения климата; минимальный сток.

## MODERN CHANGES OF THE RUNOFF CHARACTERISTICS OF THE RIVERS OF THE GREATER CAUCASUS

I. S. ALIYEVA<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Baku State University, 23 Zahid Halilov Street, Baku AZ1148, Azerbaijan

The article is devoted to the analysis of modern changes in annual runoff, its main components – underground and surface runoff, as well as the minimum winter and summer-autumn runoff rivers of the Greater Caucasus within Azerbaijan. A brief review of previous studies on flow changes in the country is given. It is noted that in these works the method of geographical comparison and linear trend analysis were used. It is concluded that the changes in the surface and under-

### Образец цитирования:

Алиева ИС. Современные изменения стоквых характеристик рек Большого Кавказа. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2020;2:26–33. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2020-2-26-33>

### For citation:

Aliyeva IS. Modern changes of the runoff characteristics of the rivers of the Greater Caucasus. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2020;2:26–33. Russian. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2020-2-26-33>

### Автор:

**Ирада Сабир Алиева** – кандидат географических наук; доцент кафедры гидрометеорологии географического факультета.

### Author:

**Irada S. Aliyeva**, PhD (geography); associate professor at the department of hydrometeorology, faculty of geography. [aliyeva-1958@list.ru](mailto:aliyeva-1958@list.ru)

ground runoff of the rivers of the Greater Caucasus due to climate change have not yet been analysed. The data on the runoff of 17 hydrological observation points covering 1934–2017 were analysed. All these hydrological observation points are located in the mountainous part of the river basins, i. e. runoff indices characterise the natural or conditionally natural regime of rivers. The annual values of the underground flow were determined as the arithmetic average of the monthly average minimum winter and summer-autumn water discharges. The annual values of surface runoff are calculated as the difference between annual and underground runoff. The method of geographical comparison is used. Calculations and generalisations of the results obtained are performed for different periods, according to the recommendations of the World Meteorological Organisation. It was revealed that, for 1981–2010 and 2001–2017 surface runoff of the rivers of the studied region decreased compared to runoff for the base period (1961–1990), due to a decrease in the amount of snow precipitation and a decrease in the volume of spring flood. However, there was a more significant increase in the underground flow of rivers and, therefore, an increase in annual flow was observed throughout the region. The dynamics of changes in the minimum river flow, especially in the winter season, is also positive, since over the past decades the snow cover has been melting earlier than usual, and favorable conditions are being created for the formation of groundwater that feeds the rivers during periods of minimal runoff. It is noted that the revealed nature of changes in various indices of river flow in the studied region is associated with climate change.

**Keywords:** Greater Caucasus; annual runoff; underground runoff; surface runoff; comparison method; climate change; minimum flow.

## Введение

Начавшееся с 1970-х гг. глобальное потепление является неоспоримым фактом и подтверждается многочисленными наблюдениями. Повысилась глобальная средняя температура воздуха и океанической воды, отмечается активное таяние снежного покрова и ледников, повышается уровень Мирового океана. В 1950–2005 гг. глобальная приземная температура воздуха повысилась на 0,74 °С, и за последние 50 лет потепление ускорилося [1]. В условиях Азербайджана оно началось примерно с 1978 г. и составило 0,7 °С [2].

Проекция климата, полученные с использованием ряда климатических моделей, показывают, что в XXI в. испарение, количество водяного пара в атмосфере, среднее количество атмосферных осадков увеличатся. Из-за того, что во всех компонентах гидрологического цикла наблюдаются 1–10-летние естественные колебания, трудно обнаружить в этих компонентах тренды с длинными периодами. Поскольку существующая сеть гидрологических пунктов наблюдения распределена неравномерно по земному шару, длины рядов наблюдений являются ограниченными и физико-географические условия различных регионов отличаются, в трендах многих гидрологических параметров имеют место неопределенности [3].

Климатические показатели изменяются и на территории Азербайджана<sup>1</sup>. В 1991–2015 гг. (по сравнению с 1961–1990 гг.) средняя годовая температура воздуха по стране повысилась на 0,7 °С (на Большом Кавказе – на 0,4 °С), а также увеличение температуры наблюдается во всех высотных поясах страны. Наибольшее повышение температуры характерно для высот более 1000 м. В этой зоне за 2007–2015 гг. рост температуры составил 1,1 °С. В Азербайджане за 1991–2015 гг. годовая сумма осадков увеличилась на 11,0 мм. Для зоны выше 1000 м эта цифра составила всего 5,0 мм. За 1986–2013 гг. площади горных ледников Большого Кавказа уменьшились на 0,04–0,17 км<sup>2</sup> [2].

В работе [4] отмечается, что методы, используемые для оценки влияния изменений климата на речной сток, делятся на две группы. Первая группа объединяет эмпирические методы, основанные на обработке имеющихся данных гидрометеорологических наблюдений в речном бассейне [5–8].

Ко второй группе относятся методы, базирующиеся на совместном использовании моделей гидрологического цикла суши и глобальных климатических моделей [9–11]. Эта группа методов позволяет лучше учитывать разнообразие физических механизмов реакции гидрологической системы на климатические воздействия [4].

По сравнению с другими характеристиками речного стока изменения годового стока рек изучены лучше и выявлены определенные закономерности. В [14] отмечено, что в XX в. из-за повышения температуры воздуха на 1 °С глобальный речной сток увеличился на 4 %. Однако не все исследователи согласны с этим выводом и считают, что увеличение глобального речного стока связано с усилением влияния не только климатических факторов [13], а также с уменьшением испарения, вызванным ростом концентрации углекислого газа [14].

<sup>1</sup>Первое Национальное сообщение Азербайджанской Республики по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Баку : [б. и.], 2000. 88 с.

По изменению сезонного стока наиболее достоверные результаты получены для рек территорий, где в зимние месяцы осадки выпадают в виде снега. Поскольку снега бывает мало и снежный покров начинает таять раньше обычного, наблюдается уменьшение объема весеннего половодья и увеличение зимнего стока [15]. Наиболее сильные изменения стока происходят в низкогорных районах со слабым снежным покровом. В будущем в этих районах максимальные расходы воды будут иметь место минимум на месяц раньше обычного. В районах со слабым снежным покровом и там, где вообще не бывает снега, изменения стока сильнее зависят от количества дождевых осадков, нежели от температуры. Согласно прогнозам на таких территориях во влажный сезон сток увеличится, а в засушливый уменьшится. Кроме того, засушливый период станет более продолжительным.

В Азербайджане исследования по изменению климата и его влиянию на речной сток начаты в конце XX в. В этот период было установлено, что годовой, весенний и летний стоки ряда рек (Кудиалчай, Ленкоранчай и Нахичеванчай), бассейны которых расположены в различных регионах страны, уменьшаются, а зимний и осенний стоки, наоборот, увеличиваются [16]. Сравнительный анализ стоковых характеристик за 1930–1961 и 1962–1995 гг. показал, что во всех регионах Азербайджана в зимние месяцы сток малых и средних рек увеличился на 20–40 % [17; 18]. Позже в [2] с помощью метода линейного тренда выполнен анализ наблюдений (1960–2015) основных стоковых характеристик рек (годовой, максимальный и минимальный). Выявлено, что для большинства рассмотренных рек годовой и максимальный стоки уменьшаются, а минимальный зимний сток увеличивается. Аналогичные исследования проведены и в [19]. В этой работе с использованием данных по 29 рекам дополнительно рассмотрен минимальный летне-осенний сток и для их обобщения применен несколько иной подход. Так, для каждого из пяти природных регионов Азербайджана (северо-восточный склон Большого Кавказа, южный склон Большого Кавказа, северо-восточный склон Малого Кавказа, юго-восточный склон Малого Кавказа и Нахичевань, Ленкорань) по данным модульных коэффициентов соответствующей стоковой характеристики были построены обобщенные линейные тренды и выполнена оценка их статистической значимости. Установлено, что годовой сток рек северо-восточного склона Большого Кавказа остается без изменений, а рек южного склона увеличивается. По всему Большому Кавказу максимальный сток рек уменьшается, минимальный зимний сток возрастает. Минимальный летний сток рек северо-восточного склона уменьшается, а рек южного склона увеличивается. Похожие результаты были получены при анализе обобщенных линейных трендов отношений экстремальных характеристик стока (минимальный и максимальный стоки) к годовому стоку [20].

Цель настоящей работы – оценка современной трансформации поверхностного и подземного стоков рек Большого Кавказа, обусловленных изменением климата, и выявление их региональных особенностей.

### Материалы и методы исследования

Анализ современных изменений годового, поверхностного и подземного стоков рек Большого Кавказа выполнен методом географического сравнения. Использованы данные по стоку за 1934–2017 гг. 17 гидрологических постов, действующих на 15 реках, с естественным или условно-естественным режимом (см. рисунок). Все эти гидрологические пункты наблюдения расположены в горной части речных бассейнов, т. е. в зоне формирования речного стока. Привлеченные к анализу ряды наблюдений являются репрезентативными, поскольку минимальная их длина составляет 57 лет и они содержат несколько фаз различной водности. Годовые значения подземного стока были определены как среднее арифметическое среднемесячного минимального зимнего и летне-осеннего расходов воды [21].

Годовые значения поверхностного стока рассчитаны как разница между годовым и подземным стоками.

Для определения норм климатических показателей в условиях современных изменений климата Всемирная метеорологическая организация (ВМО) рекомендует использовать 30-летние периоды<sup>2</sup>. При оценке изменений климата за базовый принят период с 1961 по 1990 г., который остается неизменным и может быть изменен только в случае, если имеется причина, обоснованная с научной точки зрения. Согласно вышеприведенным рекомендациям ВМО нормы климатических показателей каждые 10 лет должны быть рассчитаны заново. В настоящее время расчетными являются данные за 1981–2010 гг. Следующий период охватывает 1991–2020 гг. Такой подход позволяет сравнить и обобщить нормы климатических показателей в масштабе всего земного шара. Необходимо отметить, что в современной международной практике для оценки влияния изменений климата на речной сток также используются эти периоды.

<sup>2</sup>WMO-No. 49. Technical Regulations ; WMO-No. 100. Historical practices regarding climate normal ; WMO/TD-No. 341. Calculation of Monthly and Annual 30-Year Standard Normals ; WMO/TD-No. 1188. Handbook on CLIMAT and CLIMAT TEMP Reporting.



Схема постов наблюдений: I – северо-восточный склон Большого Кавказа;  
II – Ширванская зона; III – бассейн р. Ганых (Алазани)

Scheme of observation points: I – north-eastern slope of the Greater Caucasus;  
II – Shirvan zone; III – basin of the Ganikh River (Alazani)

В нашей работе все расчеты и обобщения их результатов выполнены с учетом рекомендаций ВМО для двух периодов: 1961–1990 и 1981–2010 гг. Стоковые характеристики дополнительно проанализированы за период до 1960 г. и за 2001–2017 гг.

### Результаты и их обсуждение

**Годовой сток.** Как уже отмечалось, за базовый период приняты 1961–1990 гг., поэтому вначале осуществлено сравнение среднемноголетних значений годового стока с соответствующими величинами стока, рассчитанными за период до 1960 г. (табл. 1). На трех реках (Кудиалчай – пункт Крыз, Карачай – Рюк и Хармидорчай – Халтан) гидрологические наблюдения начались в 1960 г., следовательно, в табл. 1 сведения по этим рекам отсутствуют.

Таблица 1

Изменение годового стока рек Большого Кавказа за 1961–1990 гг.  
по сравнению с периодом до 1960 г., %

Table 1

Changes in the annual runoff of the rivers of the Greater Caucasus for 1961–1990  
compared with the period before 1960, %

Река – пункт	Средние многолетние расходы воды (до 1960 г.)	Средние многолетние расходы воды (1961–1990)	Изменение средних многолетних расходов воды	
			м <sup>3</sup> /с	%
Кусарчай – Кузун	4,53	4,63	0,10	2,14
Кудиалчай – Кюпчал	6,93	6,68	–0,25	3,61
Велвеличай – Тенгяалты	3,49	4,04	0,55	15,6
Джагаджукчай – Рустов	0,68	0,76	0,08	11,8
Гирдиманчай – Каранохур	4,28	6,30	2,02	47,2
Ахочай – Ханагах	1,46	1,52	0,06	4,10

Окончание табл. 1  
Ending table 1

Река – пункт	Средние многолетние расходы воды (до 1960 г.)	Средние многолетние расходы воды (1961–1990)	Изменение средних многолетних расходов воды	
			м <sup>3</sup> /с	%
Геокчай – Геокчай	13,3	12,0	–1,30	13,3
Айричай – Башдашагиль	2,60	2,97	0,37	14,2
Айричай – Устье	11,6	14,8	3,2	27,6
Чухадурмаз – Устье	0,55	0,62	0,07	12,7
Кайнар – Устье	0,22	0,33	0,11	50,0
Дамарчик – Устье	1,38	1,40	0,02	1,45
Талачай – Закагала	3,51	3,84	0,33	9,40
Белоканчай – Белоканы	3,73	4,02	0,29	7,77

Как видно из табл. 1, среди рассмотренных 14 рек только для двух (Кудиалчай – Кюпчал и Геокчай – Геокчай) годовой сток за базовый период был меньше по сравнению с предыдущим периодом. Для остальных 12 рек базовый период характеризуется повышенной водностью. Для рек северо-восточного склона Большого Кавказа, Ширванской зоны и бассейна р. Ганых (Алазани) увеличение годового стока в среднем составляет 3,07; 4,10 и 18,6 % соответственно. При сопоставлении значений годового стока и других характеристик речного стока, вычисленных за различные периоды с соответствующими стоковыми показателями базового периода, этот факт следует учитывать.

В 1981–2010 гг. на трех пунктах наблюдения из семи, расположенных в речных бассейнах северо-восточного склона Большого Кавказа, годовой сток, по сравнению с базовым периодом, уменьшился. Однако, несмотря на это, в данном районе в целом суммарный годовой сток рек увеличился. Рост годового стока наблюдался и на всех реках бассейна р. Ганых (Алазани). Суммарный годовой сток рек уменьшился только в Ширванской зоне (табл. 2).

Таблица 2

**Изменение характеристик стока рек Большого Кавказа за 1981–2010 гг. по сравнению с 1961–1990 гг., %**

Table 2

**Changes in runoff characteristics of the rivers of the Greater Caucasus for 1981–2010 compared with the 1961–1990, %**

Районы	Годовой сток	Поверхностный сток	Подземный сток	Минимальный зимний сток	Минимальный летне-осенний сток
Реки северо-восточного склона	+4,33	–5,96	+11,8	+26,7	+4,33
Реки Ширванской зоны	–5,91	–9,31	–2,31	+7,55	–7,99
Реки бассейна р. Ганых (Алазани)	+17,6	–7,09	+37,0	+35,0	+36,7

В 2001–2017 гг. во всех трех районах Большого Кавказа имело место увеличение годового стока рек (табл. 3).

**Поверхностный сток.** В 1981–2010 гг. во всех районах Большого Кавказа наблюдалось уменьшение поверхностного стока (см. табл. 2). За 2001–2017 гг. на реках Ширванской зоны эта составляющая годового стока увеличилась на 3,43 %, но в остальных двух районах уменьшение продолжалось (см. табл. 3).

**Подземный сток.** В 1981–2010 гг. в двух районах (северо-восточный склон Большого Кавказа и бассейн р. Ганых (Алазани)) величина подземного стока рек была выше по сравнению с базовым периодом. Только в Ширванской зоне эта характеристика стока стала меньше, что, по-видимому, связано с уменьшением подземного и минимального летне-осеннего стоков полноводной реки Геокчай. За 2001–2017 гг. во всех районах имело место существенное увеличение подземного стока (см. табл. 3).

Представляется, что в последние несколько десятилетий увеличение подземного стока рек связано с изменением климата. Ранее уже отмечалось, что годовые значения подземного стока были вычислены по минимальным зимним и летне-осенним расходам воды. Многочисленные исследования, выполненные в различных регионах земного шара, показывают, что в условиях изменения климата в бассейнах рек, где осадки выпадают в основном в виде снега, режим рек изменился, точнее, изменились временные границы фаз водного режима. Вследствие повышения температуры воздуха в зимний период большую часть осадков составляют дожди, и по сравнению с предыдущим периодом снег начинает таять на одну-две недели раньше [1].

Таблица 3

**Изменение характеристик стока рек Большого Кавказа за 2001–2017 гг.  
по сравнению с 1961–1990 гг., %**

Table 3

**Changes in the runoff characteristics of the rivers of the Greater Caucasus for 2001–2017  
compared with the 1961–1990, %**

Районы	Годовой сток	Поверхностный сток	Подземный сток	Минимальный зимний сток	Минимальный летне-осенний сток
Реки северо-восточного склона	+19,6	-1,17	+35,7	+68,0	+20,3
Реки Ширванской зоны	+10,6	+3,43	+16,4	+37,0	0,00
Реки бассейна р. Ганых (Алазани)	+16,7	-20,1	+38,5	+36,1	+35,6

**Минимальный сток.** В 1981–2010 гг. во всех районах минимальный зимний сток рек увеличился, а минимальный летне-осенний сток уменьшился только на реках Ширванской зоны (см. табл. 2). За 2001–2017 гг. во всех районах минимальный зимний сток рек значительно вырос. Минимальный летне-осенний сток рек Ширванской зоны не изменился, а в двух других районах увеличился (см. табл. 3).

### Заключение

В результате выполненных исследований установлено, что поверхностный сток рек Большого Кавказа за 1981–2010 и 2001–2017 гг. уменьшился по сравнению со стоком базового периода (1961–1990). Однако одновременно с уменьшением поверхностного стока происходило увеличение подземного стока рек, и поэтому по региону наблюдалось повышение годового стока. Для минимального стока, особенно в зимний сезон, также характерно увеличение. Все это свидетельствует о том, что в связи с изменением климата возросла неравномерность внутригодового распределения речного стока. В целом рост естественной зарегулированности стока улучшает условия водопользования в маловодные сезоны, однако снижение объема весеннего половодья создает проблему с заполнением водохранилищ, и это должно быть учтено при разработке мер по адаптации к изменению климата.

На Большом Кавказе 2013–2019 гг. были маловодными, и поэтому после 2020 г. следует повторить эти расчеты с использованием данных за 1991–2020 гг.

### Библиографические ссылки

1. Бейтс БК, Кундцевич ЗВ, Саохон У, Палютикоф Ж, редакторы. *Изменение климата и водные ресурсы*. Женева: Межправительственная группа экспертов по изменению климата; 2008. 228 с.
2. Махмудов РН. *Современные изменения климата и опасные гидрометеорологические явления*. Баку: НАА; 2018. 232 с. (на азерб. яз.).
3. Huntington TG. Evidence for intensification of the global water cycle: review and synthesis. *Journal of Hydrology*. 2006;319 (1–4):83–95. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2005.07.003.
4. Гельфан АН, Калугин АС, Крыленко ИН, Лавренов АА, Мотовилов ЮГ. Гидрологические последствия изменения климата в крупных речных бассейнах: опыт совместного использования региональной гидрологической и глобальных климатических моделей. *Вопросы географии*. 2018;145:49–63.
5. Георгиевский ВЮ, Георгиевский МВ, Голованов ОФ, Шальгин АЛ. Водные системы суши. В: Росгидромет. *Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. Москва: Росгидромет; 2014. с. 350–360.

6. Dzhamalov R, Frolova N, Kireeva M, Rets E. Present-day surface and subsurface water resources of European Russia: conditions, use and forecast. In: Trevor D, editor. *Proceedings of FRIEND-Water 2014: Hydrology in Changing World: Environment and Human Dimensions*. [S. l.]: International Association of Hydrological Sciences; 2014. p. 45–50. (IAHS publication; volume 363).
7. Vano JA, Lettenmaier DP. A sensitivity-based approach to evaluating future changes in Colorado River discharge. *Climatic Change*. 2014;122(4):621–634. DOI: 10.1007/s10584-013-1023-x.
8. Peel MC, Blöschl G. Hydrological modeling in a changing world. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*. 2011;35(2):249–261. DOI: 10.1177/0309133311402550.
9. Chiew FHS, Teng J, Vaze J, Post DA, Perraud JM, Kirono DGC, et al. Estimating climate change impact on runoff across southeast Australia: method, results, and implications of the modeling method. *Water Resources Research*. 2009;45(10):W10414. DOI: 10.1029/2008WR007338.
10. Driessen TLA, Hurkmans RTWL, Terink W, Hazenberg P, Torfs PJJF, Uijlenhoet R. The hydrological response of the Ourthe catchment to climate change as modelled by the HBV model. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2010;14(14):651–665. DOI: 10.5194/hess-14-651-2010.
11. Krysanova V, Kundzewicz ZW, Piniewski M. Assessment of climate change impacts on water resources. In: Singh V, editor. *Chow's Handbook of Applied Hydrology*. 2<sup>nd</sup> edition. New York: N. Y. McGraw-Hill Education; 2016. p. 1143–1189.
12. Labat D, Goddérès Y, Probst JL, Guyot JL. Evidence for global runoff increase related to climate warming. *Advances in Water Resources*. 2004;27(6):631–642. DOI: 10.1016/j.advwatres.2004.02.020.
13. Legates DR, Lins HF, McCabe GJ. Comments on «Evidence for global runoff increase related to climate warming» by Labat et al. *Advances in Water Resources*. 2005;28(12):1310–1315. DOI: 10.1016/j.advwatres.2005.04.006.
14. Gedney N, Cox PM, Betts RA, Boucher O, Huntingford C, Stott PA. Detection of a direct carbon dioxide effect in continental river runoff records. *Nature*. 2006;439(7078):835–838.
15. Болгов МВ, Филиппова ИА, Осипова НВ, Коробкина ЕА. Гидрологические факторы безопасности в условиях климатических и антропогенных воздействий на водные объекты. В: Гадилов ФА, Махмудов ЯМ, Абдуллаев ЧА, Абу Элсеуд А, Ангелакис АН, Али Аскар Язди и др., редакторы. *Водные ресурсы, гидротехнические сооружения и окружающая среда. Материалы Международной научно-практической конференции; 15–16 марта 2017 г.; Баку, Азербайджан. Часть 2*. Баку: Мутарджим; 2017. с. 53–58.
16. Махмудов РН. Влияние региональных изменений климата на режим рек. В: *Национальный центр по изменению климата. Бюллетень № 1*. Баку: Национальный центр по изменению климата; 1998. с. 35–38 (на азерб. яз.).
17. Вердиев РГ. Изменения климата и их влияние на сток рек Азербайджанской Республики. В: *Национальный центр по изменению климата. Бюллетень № 1*. Баку: Национальный центр по изменению климата; 1998. с. 53–54 (на азерб. яз.).
18. Вердиев РГ. *Водные ресурсы рек Восточного Кавказа в условиях изменения климата*. Баку: [б. и.]; 2002. 224 с.
19. Иманов ФА, Гасанова НИ, Агаев ЗБ. Многолетние колебания стока рек Азербайджана. *Вопросы географии*. 2018; 145:277–284.
20. Иманов ФА, Курбанов ЧЗ, Гасанова НИ. Изменения соотношений стоковых характеристик рек Азербайджана. В: Макареева ОМ, редактор. *Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии; 28–30 марта 2018 г.; Санкт-Петербург, Россия* [Интернет]. Санкт-Петербург: Научно-технические технологии; 2018 [процитировано 15.01.2020]. с. 553–557. Доступно по: <http://publishing.intelgr.com/archive/hydrology-facets.pdf>.
21. Иманов ФА, Алиева ИС. Метод оценки ежегодных величин подземного стока в реки Большого Кавказа. *Водные проблемы: наука и технологии*. 2018;2:17–26 (на азерб. яз.).

## References

1. Beits BK, Kundtsevich ZV, Saokhon U, Palyutikof Zh, editors. *Izmenenie klimata i vodnye resursy* [Climate change and water]. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change; 2008. 228 p. Russian.
2. Mahmudov RN. *Sovremennyye izmeneniya klimata i opasnye gidrometeorologicheskie yavleniya* [Modern climate change and dangerous hydrometeorological phenomena]. Baku: NAA; 2018. 232 p. Azerbaijani.
3. Huntington TG. Evidence for intensification of the global water cycle: review and synthesis. *Journal of Hydrology*. 2006;319(1–4):83–95. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2005.07.003.
4. Gelfan AN, Kalugin AS, Krylenko IN, Lavrenov AA, Motovilov YuG. Hydrological consequences of climate change in large basins: combined use of regional hydrological models and global climate models. *Voprosy geografii*. 2018;145:49–63. Russian.
5. Georgievsky VYu, Georgievsky MV, Golovanov OF, Shalygin AL. Land-based water systems. In: Roshydromet. *Second Roshydromet Assessment Report on Climate Change and its Consequences in the Russian Federation*. Moscow: Roshydromet; 2014. p. 350–360. Russian.
6. Dzhamalov R, Frolova N, Kireeva M, Rets E. Present-day surface and subsurface water resources of European Russia: conditions, use and forecast. In: Trevor D, editor. *Proceedings of FRIEND-Water 2014: Hydrology in Changing World: Environment and Human Dimensions*. [S. l.]: International Association of Hydrological Sciences; 2014. p. 45–50. (IAHS publication; volume 363).
7. Vano JA, Lettenmaier DP. A sensitivity-based approach to evaluating future changes in Colorado River discharge. *Climatic Change*. 2014;122(4):621–634. DOI: 10.1007/s10584-013-1023-x.
8. Peel MC, Blöschl G. Hydrological modeling in a changing world. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*. 2011;35(2):249–261. DOI: 10.1177/0309133311402550.
9. Chiew FHS, Teng J, Vaze J, Post DA, Perraud JM, Kirono DGC, et al. Estimating climate change impact on runoff across southeast Australia: method, results, and implications of the modeling method. *Water Resources Research*. 2009;45(10):W10414. DOI: 10.1029/2008WR007338.
10. Driessen TLA, Hurkmans RTWL, Terink W, Hazenberg P, Torfs PJJF, Uijlenhoet R. The hydrological response of the Ourthe catchment to climate change as modelled by the HBV model. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2010;14(14):651–665. DOI: 10.5194/hess-14-651-2010.
11. Krysanova V, Kundzewicz ZW, Piniewski M. Assessment of climate change impacts on water resources. In: Singh V, editor. *Chow's Handbook of Applied Hydrology*. 2<sup>nd</sup> edition. New York: N. Y. McGraw-Hill Education; 2016. p. 1143–1189.

12. Labat D, Godd ris Y, Probst JL, Guyot JL. Evidence for global runoff increase related to climate warming. *Advances in Water Resources*. 2004;27(6):631–642. DOI: 10.1016/j.advwatres.2004.02.020.
13. Legates DR, Lins HF, McCabe GJ. Comments on «Evidence for global runoff increase related to climate warming» by Labat et al. *Advances in Water Resources*. 2005;28(12):1310–1315. DOI: 10.1016/j.advwatres.2005.04.006.
14. Gedney N, Cox PM, Betts RA, Boucher O, Huntingford C, Stott PA. Detection of a direct carbon dioxide effect in continental river runoff records. *Nature*. 2006;439(7078):835–838.
15. Bolgov MV, Filippova IA, Osipova NB, Korobkina YA. Factors of hydrological safety under climate changes and anthropogenic impact on water bodies. In: Gadirov FA, Mahmudov YM, Abdullayev ChA, Abou Elseoud A, Angelakis AN, Ali Asghar Semsar, et al., editors. *Water resources, hydraulic facilities and the environment. Materials of the International scientific and practical conference; 2017 March 15–16; Baku, Azerbaijan. Part 2*. Baku: Mutarjim; 2017. p. 53–58. Russian.
16. Mahmudov RN. The impact of regional climate change on river regimes. In: *National Center for Climate Change. Bulletin No. 1*. Baku: National Center for Climate Change; 1998. p. 35–38. Azerbaijani.
17. Verdiyev RH. Climate changes and their impact on river flow in the Republic of Azerbaijan. In: *National Center for Climate Change. Bulletin No. 1*. Baku: National Center for Climate Change; 1998. p. 53–54. Azerbaijani.
18. Verdiyev RH. *Water resources of the rivers of the East Caucasus in the context of climate change*. Baku: [s. n.]; 2002. 224 p. Russian.
19. Imanov FA, Hasanova NI, Agayev ZB. Long-term fluctuations of river flow in Azerbaijan. *Voprosy geografii*. 2018;145: 277–284. Russian.
20. Imanov FA, Kurbanov ChZ, Hasanova NI. Change of proportion of runoff characteristics of rivers of Azerbaijan. In: Makarieva OM, editor. *Third grape readings. The verge of hydrology; 2018 March 28–30; Saint Petersburg, Russia* [Internet]. Saint Petersburg: Naukoemkie tekhnologii; 2018. p. 553–557 [cited 2020 January 15]. Available from: <http://publishing.intelgr.com/archive/hydrology-facets.pdf>. Russian.
21. Imanov FA, Aliyeva IS. Method for estimating annual underground flow in the rivers of the Greater Caucasus. *Water problems: science and technology*. 2018;2:17–26. Azerbaijani.

Статья поступила в редколлегию 06.05.2020.  
Received by editorial board 06.05.2020.