

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА РЕЧНОГО СТОКА  
И ЕГО ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПО БАССЕЙНАМ РЕК БЕЛАЯ И УРАЛ  
(В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН)**

*Галиуллина Юлия Валерьевна*, аспирант, Башкирский государственный университет, 450076, Российская Федерация, г. Уфа, ул. Карла Маркса 3/4, e-mail: Uliya1406@yandex.ru

В статье рассматриваются основные особенности формирования, изменчивости и динамика речного стока по бассейнам рек Белая и Урал в пределах Республики Башкортостан (РБ). В основе методологии исследования лежит систематизация и анализ многолетних рядов наблюдений по максимальным, минимальным (летним-осенним) и годовым расходам воды. Для анализа циклической структуры многолетних колебаний стока на изучаемой территории использован метод построения разностно-интегральных кривых (РИК) и 5-летних скользящих средних. На основе полученных данных выделены маловодные и многоводные фазы, а также полные циклы изменения водности за весь период наблюдений. Для районов исследования приведен анализ синхронности или асинхронности стока. В результате полученных данных, для научных и практических значений составлен предварительный прогноз изменения стока в последующие годы. Для оценки влияния глобальных изменений климата на речной сток построены кривые нарастающих сумм для каждого отдельного речного бассейна. Рассчитаны относительные и абсолютные показатели изменения речного стока за нарушенный период естественного стока и представлены соответствующие выводы.

**Ключевые слова:** многоводная фаза, маловодная фаза, разностно-интегральная кривая, цикличность, максимальный сток, минимальный сток, годовой сток, кривая нарастающих сумм, абсолютные и относительные изменения речного стока

**LONG-TERM DYNAMICS AND VARIABILITY OF RIVER RUNOFF  
THE BASINS OF THE BELAYA AND URAL RIVERS  
OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN**

*Galiullina Yuliya V.*, post-graduate student, Bashkir state University, 3/4 Karl Marx st., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450076, Russian Federation, e-mail: Uliya1406@yandex.ru

The article considers the main features of formation, variability and dynamics of river flow along the Belaya and Ural river basins within the Republic of Bashkortostan. The methodology of the study is based on the systematization and analysis of long-term series of observations for maximum, minimum (summer-autumn) and annual water discharge. To analyze the cyclic structure of long-term flow fluctuations, the method of constructing difference-integral curves and 5-year moving averages was used in the study area. On the basis of the data obtained, low-water and high-water phases have been identified, as well as complete cycles of changes in water content over the entire observation period. An analysis of the synchrony or asynchrony of the runoff is given for the study areas. As a result of the data obtained, a preliminary forecast of the change in runoff for subsequent years was drawn up for scientific and practical purposes. To assess the impact of global climate change on the river runoff, the growth curves for each individual river basin have been constructed. Relative and absolute indicators of changes in river flow for the disturbed period of natural runoff are calculated and the corresponding conclusions are presented.

**Keywords:** high-water phase, low-water phase, difference-integral curve, cyclicity, maximum runoff, minimum runoff, annual runoff, a curve of increasing sums, absolute and relative changes in river flow

Изучение динамики стока рек во времени является неотъемлемой частью для формирования долгосрочных или краткосрочных прогнозов изменений водных ресурсов. В настоящее время встает острая проблема нехватки водных ресурсов из-за их нерационального использования и активного вмешательства в естественный ход стока рек антропогенной деятельности человека.

Речной сток, является одним из звеньев круговорота воды в природе и представляет собой процесс движения воды по рекам. Данный процесс подчинен ряду географических закономерностей, включая динамику метеорологических параметров и глобальных климатических изменений. Изучением закономерностей формирования речного стока и его изменчивости в пространственно-временном аспекте занимались многие ученые. Однако данные исследования не охватывают последние годы наблюдений, когда произошло глобальное изменение климата [7].

В России регулярные гидрологические наблюдения стали проводиться в XV-XVI вв., что отражено в сохранившихся сведениях о паводках, наводнениях, замерзании и вскрытии рек. Особенно активной и плодотворной деятельностью в теоретических основах гидрологии суши были достигнуты в XX в. Заслуга принадлежит таким ученым гидрологам как В.Г. Глушкову, Д.И. Кочерину, Б.В. Полякову и др. В 1927 г. Именно Д.И. Кочериным была составлена первая карта годового стока, которая отражала особенности пространственной изменчивости годового стока по рекам в пределах европейской территории СССР. Дальнейшее развитие научных исследований о речном стоке получило в работах Б.Д. Зайкова, М.И. Львовича, Д.Л. Соколовского и др., которые обобщили и систематизировали сведения о речном стоке, классифицировали реки по источникам питания, характеру водного режима и т.д. [4,8].

Связь среднегодового стока с климатическими условиями впервые показал А.И. Воейков (1884 г.). С.Н. Крицкий и М.Ф. Менкель (1934 г.) на уровне анализа естественных факторов выделяют две основные группы факторов, включающих климат и ландшафт. В работах Б.В. Полякова (1946 г., 1948 г.), А.В. Огиевского (1951 г.) выделены также основные и дополнительные факторы стока, которые включают климатические и факторы процессов стока. Отметим, что подробная классификация факторов формирования стока была предложена А.И. Владимировым (1976 г., 1990 г.).

В то же время, основной закономерностью, отражающей изменчивость стокообразующих (стокоформирующих) факторов во времени, так же как и самого речного стока, являются циклические колебания. Указанные закономерности отражены в исследованиях П.С. Кузина (1979 г.), Р.К. Клиге, А.М. Воронова и А.О. Селиванова (1993 г.) и др.

Изучение стока рек Урала, куда относится изучаемая территория, посвящено значительное количество работ (Андреева, Рассказова, 1986; Балков 1978; Бикбова, 1969; Гареев, 1979,1995,2012; Шахов, 1996,2000 и др.). В них раскрыты основные закономерности пространственной и временной изменчивости водных ресурсов бассейнов рек в зависимости от влияния естественных и антропогенных факторов, обоснованы методические положения их рационального использования и охраны [4,8].

Однако данные исследования в пределах изучаемой территории не охватывают последние годы гидрологических наблюдений. Это связано с закрытостью данных и недоступностью ресурсной базы. Основными источниками информации в данных работах являются Ресурсы поверхностных вод СССР,

Том 11 (1973 г.) и Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод, Выпуск 25 (1988 г.) и др., где многолетние характеристики речного стока представлены только по 1980 г. В них не раскрыты региональные особенности изменений речного стока за последние десятилетия, когда произошло глобальное изменение климата. Данные справочные материалы требуют переработки и дополнения гидрологических рядов за последние годы наблюдений. Такие же требования прописаны при определении региональных гидрологических характеристик в нормативных документах (СП 33-101-2003, СП 47.13330.2016 (п. 7) и др.), в Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик (1984 г.).

Все работы по изучению речного стока в пределах республики не полномасштабно раскрывают тенденцию изменения речного стока в условиях глобального изменения климата за последние десятилетия.

Известно, что территория РБ по своим основным природным особенностям, делится на три крупные геоморфологические области. Это Башкирское Предуралье, Южный Урал (в пределах РБ) и Башкирское Зауралье [3]. Фундаментальные исследования по изучению динамики речного стока проведены в Башкирском Предуралье и Зауралье, однако в целом по Башкирии они отсутствуют. Исходя из этого, в данной работе представлен анализ общих закономерностей формирования и изменчивости речного стока в масштабе республики в целом по максимальному, минимальному (летне-осеннему) и годовому стоку рек в многолетнем разрезе.

Объектом исследования являются гидрологические посты на реках в пределах территории РБ. Всего автором собраны материалы по 50 гидрологическим постам. Распределение постов по республике неравномерное. Большое количество гидрологических постов расположены на крупных и средних реках [1]. Таким образом, малые реки республики остаются неизученными и основные гидрологические характеристики по ним можно получить только путем метода аналогии с рекой, расположенной со схожими физико-географическими условиями формирования стока. Для наглядности, автором в статье показана динамика речного стока по 8 гидрологическим постам, каждый из которых является ключевым по отношению к той или иной природной зоне в пределах своего района. Таким образом, исследуемые реки характеризуют изменения стока во времени для лесной (рр. Быстрый Танып и Юрюзань), лесостепной (рр. Чермасан и Уршак), степной (р. Мелеуз и р. Таналык) и горно-лесной (рр. Инзер, Зилаир) зон [2]. Период систематизации и анализа охватывает 1949-2015 гг.

Для анализа циклической структуры многолетних колебаний стока на изучаемой территории использован метод построения *разностно-интегральных кривых (РИК)* для определения фаз водности и для прогнозных оценок и *5-летних скользящих средних*, для выявления тенденций изменения стока. Для анализа изменения речного стока в зависимости от влияния изменений климатических условий использованы *статистические методы* и *метод нарастающих сумм*, который показывает абсолютные и относительные изменения речного стока [3, 6].

На рисунке 1 показаны РИК годового стока для исследуемых рек. В целом, для всех речных бассейнов характерны следующие фазы водного режима (с отклонениями в несколько лет по рекам): маловодная фаза 1949-1985

гг., многоводная фаза – 1986-2004 гг., для отдельных рек до 2007-2008 гг. Таким образом, условия формирования стока в целом по республике одинаковые, и все исследуемые реки прошли ровно один цикл водности, состоящий из многоводных и маловодных фаз. Начиная с 2008 г. начинается новый цикл водности, который на основе полученных графиков и прогнозов можно оценить как начало маловодной фазы. Средняя продолжительность той или иной фазы составляет 25-35 лет.

Следует подчеркнуть, что вероятность наступления маловодной или многоводной фазы может быть сдвинута на несколько лет или прерваться вследствие сочетания неблагоприятных факторов с учетом циклов меньшего порядка. Поэтому прогнозы различной водности определяются со значительной погрешностью [5].

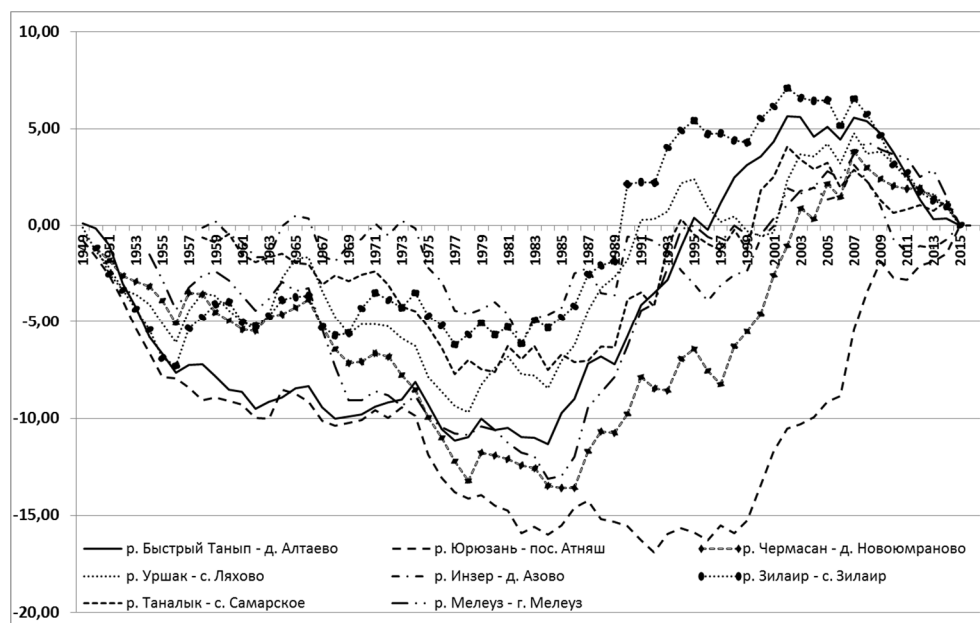


Рис. 1. РИК годового стока рек изучаемой территории за 1949-2015 гг.  
(составлено автором по данным [9])

Немало важную роль для хозяйственной деятельности и экономики в целом, играет колебания максимального стока рек. Ведь именно во время весеннего половодья и дождевых паводков, когда проходят максимальные расходы и уровни воды в реках, наносится огромный ущерб для народного хозяйства и населенных пунктов. На рисунке 2 показан РИК максимального стока рек. Колебания изучаемых рек в целом синхронны, отклонения видим для р. Юрюзань – пос. Атнаш и р. Чермасан – д. Новоюмраново. Это связано с тем что, бассейн р. Юрюзань расположен в сложных физико-географических условиях, где река берет начало в горной части и потом течет по равнинному пространству Предуралья. Бассейн р. Чермасан расположен в лесостепной зоне Башкирского Предуралья и испытывает активное антропогенное воздействие, о чем свидетельствуют большое количество прудов в русле самой реки и ее притоков.

В целом в многолетнем разрезе произошло увеличение максимального стока, однако с 2000-х гг. началась следующая маловодная фаза. Это объясняется с общими циклическими колебаниями климатических характеристик, например, увеличение осадков в виде снега за зимний период. Из-за антропогенного вмешательства (вырубка лесов, уплотнение почвы, увеличение глубины промерзания почвы и др.) происходит увеличение поверхностного стока во время весеннего половодья и дождевых паводков.

За последние годы идет активное вмешательство антропогенного воздействия на прохождения максимального стока в бассейнах рек. Построено большое количество прудов и водохранилищ для хозяйственных целей и защиты территорий населенных пунктов от затоплений. Создание и модернизация водохозяйственных комплексов по бассейнам рек способствует затухиванию резких скачков подъема расходов и уровней воды в реках во время весеннего половодья. Таким образом, водохранилища аккумулируют высокие воды весеннего половодья и потом равномерно сбрасывают их в течении летне-осенней межени. Данные мероприятия благоприятно влияют на формирование минимального летне-осеннего стока рек, который имеет очень высокое значение для всех отраслей промышленности и для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения.

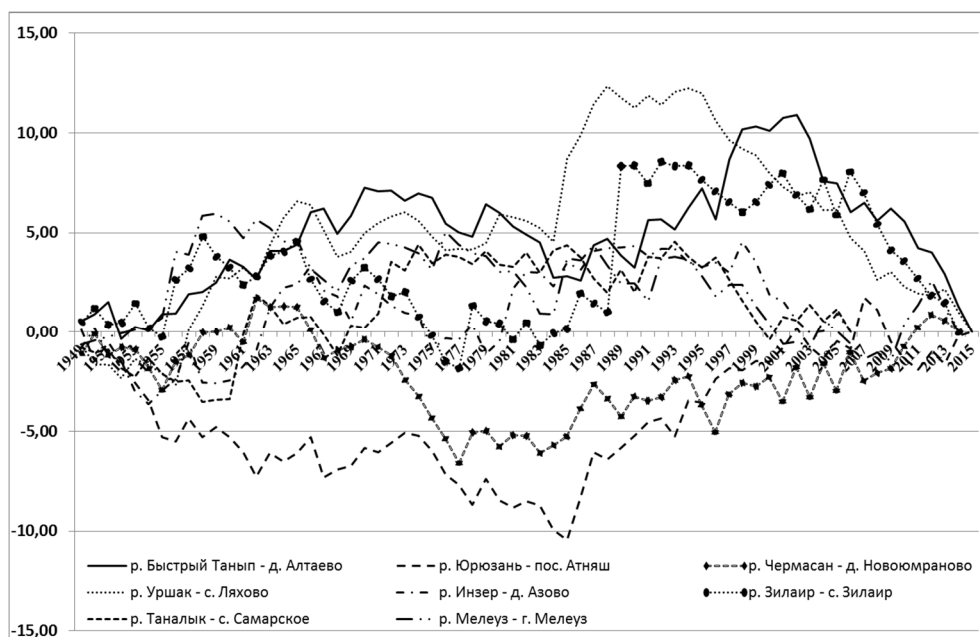


Рис. 2. РИК максимального стока рек изучаемой территории за 1949-2015 гг. (составлено автором по данным [9])

На рисунке 3 представлены РИК минимального (летне-осеннего) стока рек исследуемой территории. В целом картина повторяет ход годового стока, где четко прослеживается маловодная фаза с начала наблюдений постов по 1982-85 гг., многоводная фаза с 1986 г. по 2002 г. Исключением является только р. Зилаир водный пост с. Зилаир.

Начиная с 2003 г. идет снижение минимального (летне-осеннего) стока. В первую очередь это объясняется со снижением количества осадков в летний период (засуха 2010 г., 2012 г.) и с увеличением глубины залегания грунтовых вод. Как известно, осадки и грунтовые воды являются основными источниками питания рек в период летне-осенней межени.

Отклонение р. Зилаир от общей тенденции колебания минимального (летне-осеннего) стока связано с тем, что река расположена в горно-лесной зоне и испытывает минимальные антропогенные нагрузки во время летне-осенней межени.

На основе вероятностных прогнозов можно говорить о дальнейшем снижении стока в период летне-осенней межени по республике в целом. Этому способствуют как естественные (климатические), так и антропогенные факторы (увеличение забора воды для промышленных и сельскохозяйственных нужд).

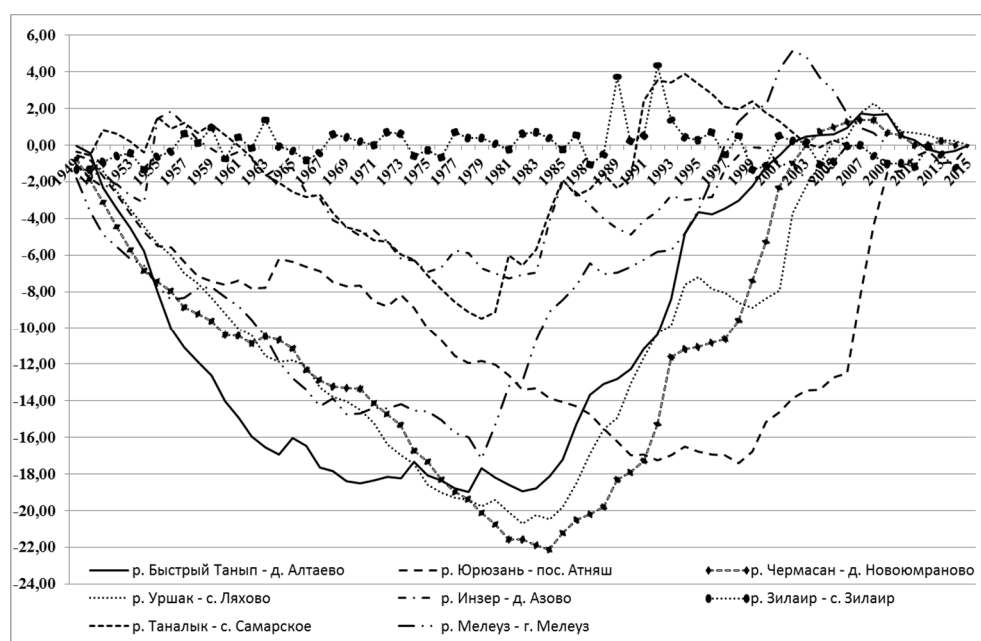


Рис. 3. РИК минимального (летне-осеннего) стока рек изучаемой территории за 1949-2015 гг. (составлено автором по данным [9])

Исследования динамики речного стока *методом нарастающих сумм* показывают, что наибольшие отклонения суммарных кривых произошли по минимальному (летне-осеннему) стоку. Максимальный показатель составляет в степной зоне Зауралья на р. Таналык – с. Самарское, где относительное изменение стока в сторону увеличения составило 71,8 %, что обусловлено различной степенью искусственного зарегулирования стока. В среднем по территории РБ данный показатель составляет 15-35 %. По максимальному стоку существенных изменений в многолетнем разрезе не произошло. Относительные изменения стока в сторону уменьшения отмечается в основном на реках лесостепной зоны Башкирского Предуралья, в пределах левобережья р. Белой. Например, на р. Уршак – с. Ляхово относительное снижение максимального стока составило 66,7% (рис. 4).

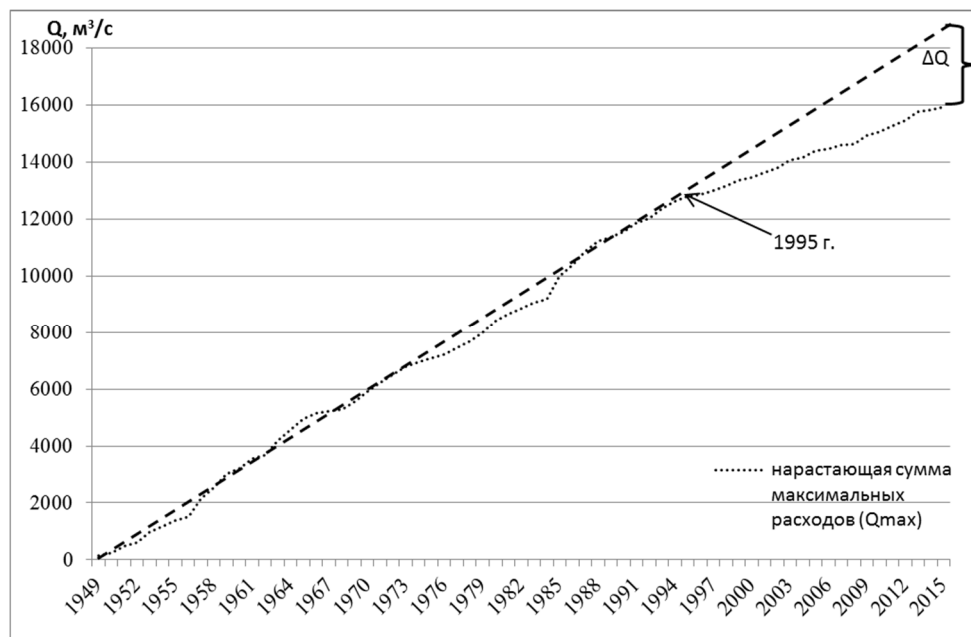


Рис. 4. Кривая нарастающих сумм максимальных расходов весеннего половодья р. Уршак – с. Ляхово за 1949-2015 гг. (составлено автором по данным [9])

Для годового стока отклонения в среднем по республике составляют 10-30%. Наименьшие показатели в лесной и горно-лесной зонах, наибольшие - лесостепной и степной. В многолетнем разрезе резких изменений годового стока по рекам Башкирии не произошло, отмечается лишь небольшая тенденция увеличения суммарной кривой от ее линейного тренда.

**Выводы.** Сток рек по территории республики не остается постоянной величиной, и происходит постоянное его колебание. На основе построенных РИК по максимальному, минимальному (летне-осеннему) и годовому стоку, автор выявил синхронность колебания стока по речным бассейнам лесной, лесостепной, степной и горно-лесной зон с небольшими отклонениями для отдельных рек, которые связаны с особенностями их физико-географического расположения.

По всей исследуемой территории в условиях глобального изменения климатических характеристик сформировалась маловодная фаза, которая обостряется с каждым годом из-за активного вмешательства хозяйственной деятельности. Скользящие 5-летние средние по изучаемым рекам «затушевывают» резкие подъемы и спады расходов воды за отдельные годы и показывают, как внутри выделенных фаз идет смена маловодных и многоводных групп лет. Из этого следует, что предварительный прогноз дальнейшего продолжения маловодной фазы определены с очень высокой погрешностью и ее может сменить многоводная группа лет.

Метод нарастающих сумм показал, что изменение речного стока максимальных показателей достиг на реках степной зоны Зауралья. На р. Таналык относительное изменение стока составило 71,8% за период с 1989-2015 гг. Это говорит о том, что в ходе циклических колебаний климата и вмешательства человека произошли отклонения естественного хода речного стока. Особенно сильные изменения произошли на реках лесостепной и степной зоны.

Реки лесной и горно-лесной зоны испытывают наименьшие изменения стока за многолетний период.

Полученные результаты могут быть использованы для решения конкретных практических задач, в том числе при:

- внесении коррективов при выполнении различных гидрологических расчетов;
- составлении прогнозных оценок колебаний максимального, минимального и годового стока в целях предупреждения негативного их влияния;
- выявлении тенденции изменения речного стока и возможного использования водных ресурсов в хозяйственных целях;
- использовании материалов для изучения характерных особенностей малых рек (с помощью метода аналогии), а также русловых процессов и деформаций;
- использовании полученных статистически обработанных рядов в дальнейшем для картирования речного стока и выявления зональных особенностей [4].

#### Список литературы

1. Атлас Республики Башкортостан. Уфа: Китап, 2005. - С. 110.
2. Балков В.А. Водные ресурсы Башкирии. Уфа: Башкириздат, 1978 г. – 173 с.
3. Гареев А. М. Реки, озера и болотные комплексы Республики Башкортостан. Уфа: Китап, 2012. С. 20-25, 104-108, 155-175.
4. Гареев А.М., Зайцев П.Н. Многолетняя динамика изменчивости водных ресурсов в пределах Башкирского Предуралья. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2015. 125 с.
5. Гареев А.М., Зайцев П.Н. Пространственная и антропогенная изменчивость речного стока (на примере Башкирского Предуралья). Уфа: Аэтерна, 2015. - 152 с.
6. Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 431 с.
7. Клименко Д.Е., Корепанов Е.П. Максимальный сток рек Свердловской области. – Пермь: ООО «Раритет-Пермь», 2014. С. 3-5, 100-143.
8. Комлев А.М. Закономерности формирования и методы расчетов речного стока. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2002. – 163 с.
9. Фондовые материалы ФГБУ Башкирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за период 1949-2015 гг.

#### References

1. Atlas Respubliki Bashkortostan [Atlas Of The Republic Of Bashkortostan], Ufa: Kitap, 2005. p.110.
2. Balkov V.A. Vodnye resursy Bashkirii [Water resources of Bashkiria]. Ufa: Bashkirizdat, 1978 g.
3. Gareev A.M. Reki, ozera i bolotnye komplekсы Respubliki Bashkortostan [Rivers, lakes and bog complexes of the Republic of Bashkortostan]. Ufa, Gilem Publ., 2012. Pp. 20-25, 104-108, 155-175.
4. Gareev A.M., Zaitsev P.N. Mnogoletnjaja dinamika izmenchivosti vodnyh resursov v predelakh Bashkirskogo Predural'ja [The long-term dynamics of the variability of water resources within the Bashkir Predural'ye]. – Ufa: Bashkir State University, 2015. p. 125
5. Gareev A.M., Zaitsev P.N. Prostranstvennaya i antropogennaya izmenchivost' rechnogo stoka (na primere Bashkirskogo Predural'ya) [spatial and antropogenic variability of river flow (on the example of the Ural region of Bashkortostan)]. Ufa: Aeterna, 2015. p. 152.
6. Goroshkov I. F. Gidrologicheskie raschety [Hydrological calculations]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1979 g. p. 431.
7. Klimentko DE, Korepanov E.P. Maksimal'nyj stok rek Sverdlovskoj oblasti [The maximum runoff of the rivers of the Sverdlovsk region]. – Perm': ООО «Raritet-Perm'», 2014. Pp. 3-5, 100-143.
8. Komlev A.M. Zakonomernosti formirovaniya i metody raschetov rechnogo stoka [Regularities of formation and methods of computation of the river runoff]. Perm: Publishing house Perm University press, 2002. p. 163.
9. Fondovye materialy FGBY Bashkirskogo upravleniya po gidrometeorologii i monitoringu okryjauchei srede za period 1949–2015 gg. [Library materials of the FSBI Bashkir Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring over the period of 1949 through 2015] (In Russian).