

УДК 911.2

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛИЯНИЯ СТОКОФОРМИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНОВ РЕК БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ)

© А. М. Гареев, П. Н. Зайцев*, А. В. Комиссаров

*Башкирский государственный университет**Россия, Республика Башкортостан, 450076 г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.**Тел./факс: +7 (347) 229 96 02.***Email: hydroeco@mail.ru*

В связи с существенным изменением количественных характеристик речного стока в течение последних десятилетий, а также с недостаточным развитием методической и теоретической базы изучения формирования максимальных расходов весеннего половодья малых и средних рек, важным является комплексное и детальное изучение факторов и условий, влияющих на их формирование. Изучение особенностей формирования максимальных расходов воды приобрело особую актуальность в связи с учащением случаев катастрофических наводнений на территории Российской Федерации. В связи с этим имеется острая необходимость в полномасштабном изучении стокоформирующих факторов, влияющих на формирование и изменчивость максимальных расходов воды, с учетом возможности выполнения прогнозных оценок в целях заблаговременной оценки их значений. Это позволит снизить масштабы негативного хозяйственного, экономического и экологического влияния вод во время весеннего половодья. В целях подробного анализа зависимости максимальных расходов воды весеннего половодья от основных стокоформирующих факторов в пределах изучаемой территории были выделены 15 бассейнов малых и средних рек. Следует отметить, что расположение метеорологических постов и станций к указанным бассейнам рек не привязано. В соответствии с этим нами была осуществлена пространственная интерполяция каждого из факторов по 14 метеостанциям. Относительно каждого из бассейнов рек были определены тяготеющие пункты, типичность показателей по которым определялась посредством проведения корреляционного анализа между оцениваемыми факторами. В последующем, относительно центра бассейна реки определялись средневзвешенные показатели, которые были использованы для построения моделей, отражающих зависимость максимальных расходов воды от стокоформирующих факторов.

Ключевые слова: Башкирское Предуралье, максимальный расход воды, весеннее половодье, стокоформирующий фактор, изменчивость, хозяйственно-экономический ущерб.

Введение

Актуальность данной работы заключается в том, что в связи с недостаточной развитостью методической и теоретической базы изучения изменчивости количественных характеристик максимального стока является важным всестороннее изучение факторов, влияющих на их формирование. В качестве объектов исследования нами были выбраны бассейны малых и средних рек в пределах Башкирского Предуралья. Изучение условий формирования и изменчивости максимальных расходов воды весеннего половодья обусловлено нарастанием частоты проявления экстремальных явлений (наводнений и т.д.). Следует отметить, что гидрометеорологическая информация в настоящее время не общедоступна. Поэтому для анализа происходящих изменений необходим поиск дополнительных источников, позволяющих находить недостающие звенья информации, особенно за последние десятилетия. Эта проблема была решена нами при выполнении работ в 2007–2014 гг. по программам, финансируемым фондами Фольксваген и РФФИ. Результаты исследований отражены в значительном количестве опубликованных работ [4–11].

В качестве исходной информации были использованы материалы гидрометеорологических наблюдений за 1961–2010 гг. по 27 станциям и постам (рис. 1).

Следует отметить то, что в пределах изучаемой территории насыщенность сетью станций и постов достаточно плотная. Это позволило с высокой точностью, обоснованно выявить происходящие изменения. В настоящее время на формирование весеннего стока оказывают влияние множество естественных и антропогенных факторов. Некоторые из них проявились

достаточно давно и продолжают свое воздействие и сейчас. Основные характеристики их изменчивости в пределах изучаемой территории раскрыты нами далее.

Результаты и их обсуждение

В целях оценки значимости гидрометеорологических факторов в формировании максимальных расходов воды нами предварительно был проведен анализ большой совокупности факторов, из которых в последующем были выбраны наиболее значимые (основные), такие как: осенние (предзимние) влагозапасы в почвогрунтах; запасы воды в снежном покрове перед началом снеготаяния; глубина промерзания почвогрунтов до наступления весеннего снеготаяния; интенсивность нарастания положительных температур за время весеннего снеготаяния [7]. Для оценки изменчивости стокоформирующих факторов на изучаемой территории были выбраны станции, наиболее полно отражающие их пространственную дифференциацию с учетом особенностей рельефа, распределения количества осадков, характеристик почв и других показателей. С учетом необходимости определения значимости каждого из указанных факторов в формировании максимальных расходов воды нами был осуществлен анализ исходной многолетней информации посредством применения статистических и картографических методов. Полученные результаты позволили выявить закономерности их пространственной изменчивости в виде карт изолиний и схем с учетом приуроченности к бассейнам рек различной категории. Они отражены на рис. 2–5. Как видно из рис. 2, на преимущественно широтное расположение изолиний осенних влагозапасов в почвогрунтах влияют особенности рельефа местности. Так, наибольшие значения

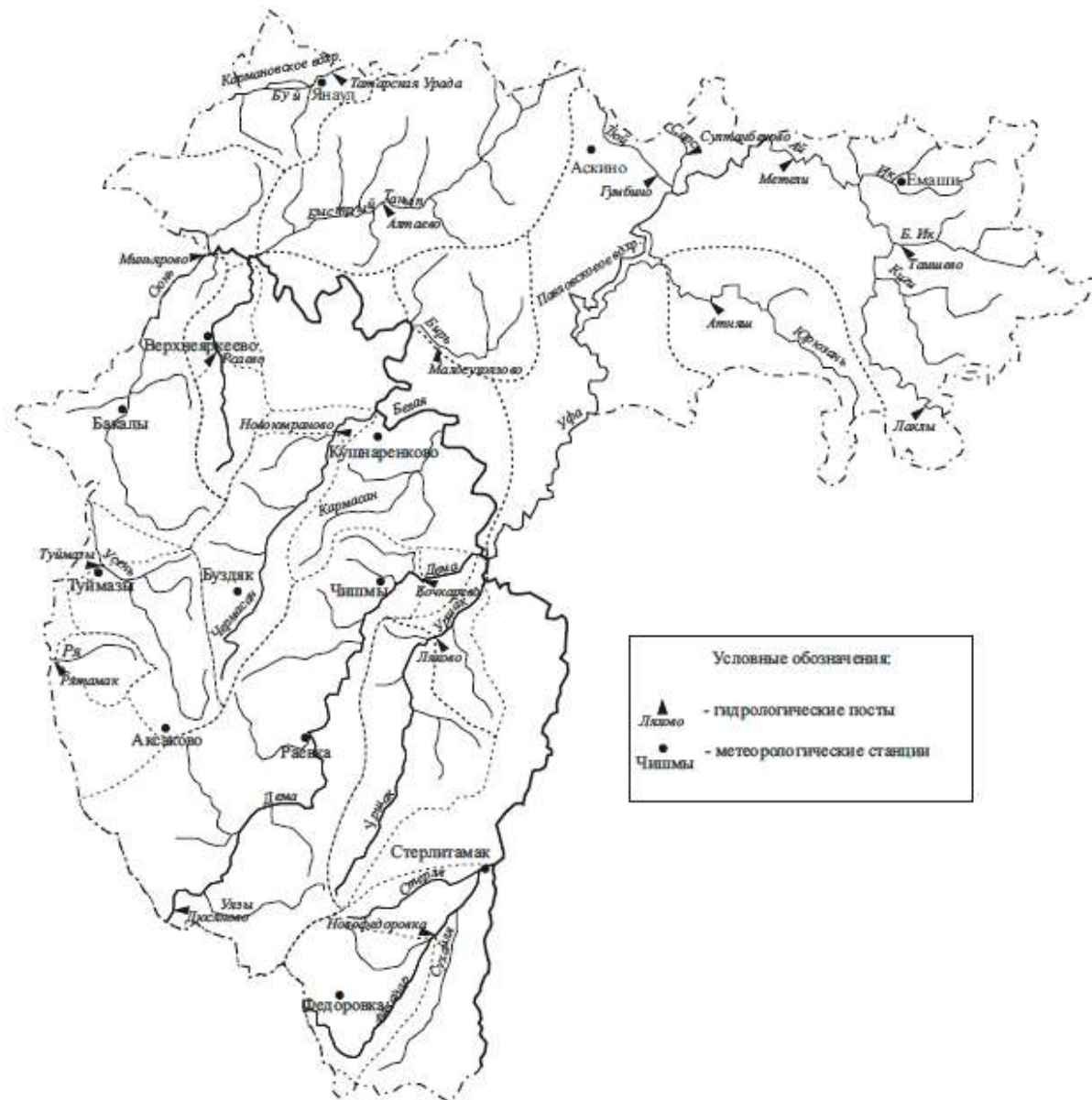


Рис. 1. Расположение метеорологических и гидрологических постов по бассейнам рек изучаемой территории [1].

указанного фактора наблюдаются в пределах Стерлибашевско-Белебеевской возвышенности, а наименьшие – на Бельско-Камской низменности (ст. Янаул).

Глубина промерзания почвогрунтов также претерпевает значительные изменения в пространстве. Существенное влияние на величину промерзания оказывает характер подстилающей поверхности, рельеф, накопление снежного покрова, обуславливающее его мощность, соответственно, водозпасы в нем. Для территории Стерлибашевско-Белебеевской возвышенности характерны относительно небольшие величины промерзания почвы – 70–90 см (рис. 3). При движении на север наблюдается тенденция к ее увеличению, достигая максимума в пределах Бирской депрессии (130 см). В северной части изучаемой территории существенное влияние на глубину промерзания почвы оказывает Уфимское плато, где ее средние многолетние значения не превышают 100 см.

На характер пространственной изменчивости **запасов воды в снеге**, также как и для ранее рассмотренных факторов, заметное влияние оказывает рельеф местности, а также мощность снежного покрова. Участки Белебеевско-Стерлибашевской возвышенности, находясь в лесостепной зоне, в условиях отсутствия древесной растительности не способствуют существенному накоплению снежного покрова и водозпасов в нем соответственно. При понижении рельефа по мере продвижения к северу запасы воды в снеге увеличиваются. В пределах Уфимского плато наблюдается четкая закономерность: на западные наветренные склоны приходится максимум водозпасов, при дальнейшем движении на восток происходит постепенное снижение, достигающее минимума в районе метеорологической станции Емашь – около 90 см (рис. 4). В пределах Уфимского плато в распределении водозпасов в снеге обнаруживается меридио-

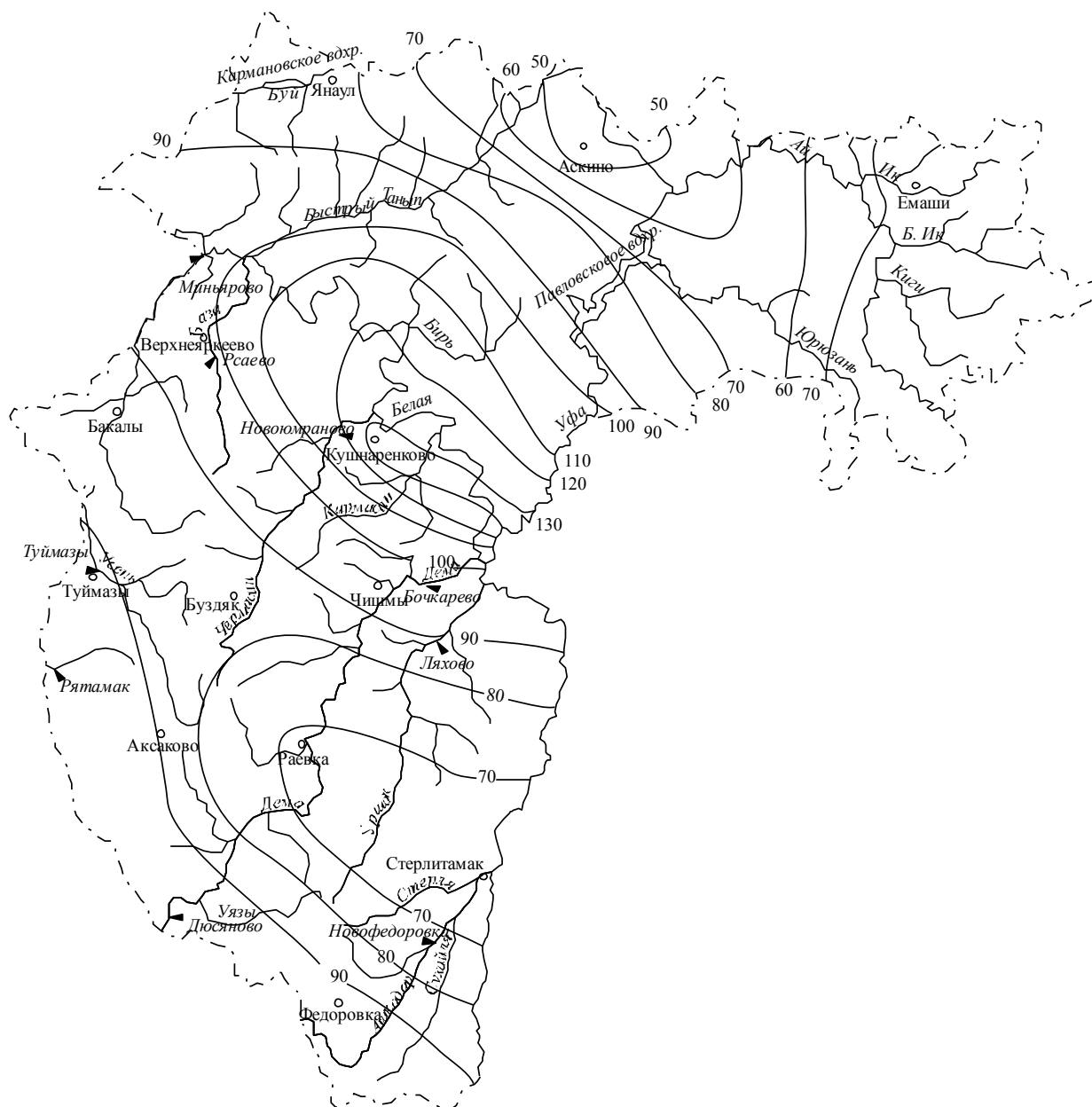


Рис. 3. Пространственная изменчивость средних многолетних значений глубин промерзания почвогрунтов (см).

ми. Следует отметить то, что согласно СП 33–101–2003, расчетные максимальные расходы воды весеннего половодья не должны отличаться от фактических более чем на 20%. Данное требование для бассейна р. Воробьевка полностью выполняется, что позволило использовать его в качестве экспериментального бассейна для разработки динамико-стохастических моделей прогнозных оценок формирования максимальных расходов воды за время весеннего половодья.

Таким образом, по данным материалов наблюдений на водно-балансовой станции были использованы ежегодные значения основных стокоформирующих факторов с учетом значимости:

- максимальных запасов воды в снежном покрове перед началом снеготаяния – по данным снегосъемки;
- глубины промерзания почвы – максимальных значений перед наступлением весеннего снеготаяния;
- осенних влагозапасов в почвогрунтах – по данным наблюдений;

–интенсивности нарастания положительных температур за время снеготаяния – отношения суммы среднесуточных температур воздуха на длительность периода весеннего снеготаяния.

–максимальных расходов весеннего половодья – максимальных значений расходов воды на гидропосту речья Воробьевка.

Следует отметить, что наблюдения на указанном гидропосту проводятся с 2002 г. по 2014 г., что формирует ряд, продолжительностью 13 лет. Это позволяет с достаточно высокой надежностью проводить статистические расчеты и оценки, в т.ч. и для прогноза максимальных расходов воды весеннего половодья.

Несомненной положительной характеристикой указанного бассейна реки является его небольшая площадь и расположение самой водно-балансовой станции в средней части бассейна.

На основании анализа особенностей изменчивости стокоформирующих факторов в многолетнем раз-



Рис. 4. Пространственная изменчивость запасов воды в снеге (мм).

резу и проведения корреляционного анализа между этими показателями и максимальными расходами воды р. Воробьевка нами была выведена зависимость вида:

$$Q_{\max} = W \cdot x_1 + R x_2 + H x_3 + \Delta t x_4 + b,$$

где: W – осенние (предзимние) влаготпасы; R – запасы воды в снежном покрове перед началом снеготаяния; H – глубина промерзания почвы до наступления весеннего снеготаяния; Δt – интенсивность нарастания положительных температур за время снеготаяния; x_1, x_2, x_3, x_4 – коэффициенты, b – поправка к значениям ординат.

Как видно из рис. 6, между измеренными и вычисленными значениями обнаруживается тесная сходимость, что позволяет с большой уверенностью принимать результаты выполненных исследований в ходе решения практических задач. Обнаруживаемые отклонения измеренных расходов от вычисленных в 2005 и в 2010 гг. могут быть вызваны искусственным зарегулированием речного стока и дополнительным поступлением воды из имеющихся на реке прудов.

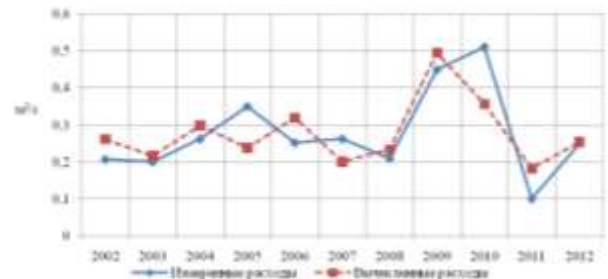


Рис. 6. Совмещенные графики измеренных и вычисленных максимальных расходов воды р. Воробьевка.

Изучение во времени тенденций изменчивости основных стокоформирующих факторов максимальных расходов воды весеннего половодья для р. Сюнь – д. Миярарово показало то, что они подвержены не только циклическим колебаниям, но и характеризуются наличием четко выраженных трендов, позволяющих оценивать происходящие изменения. После

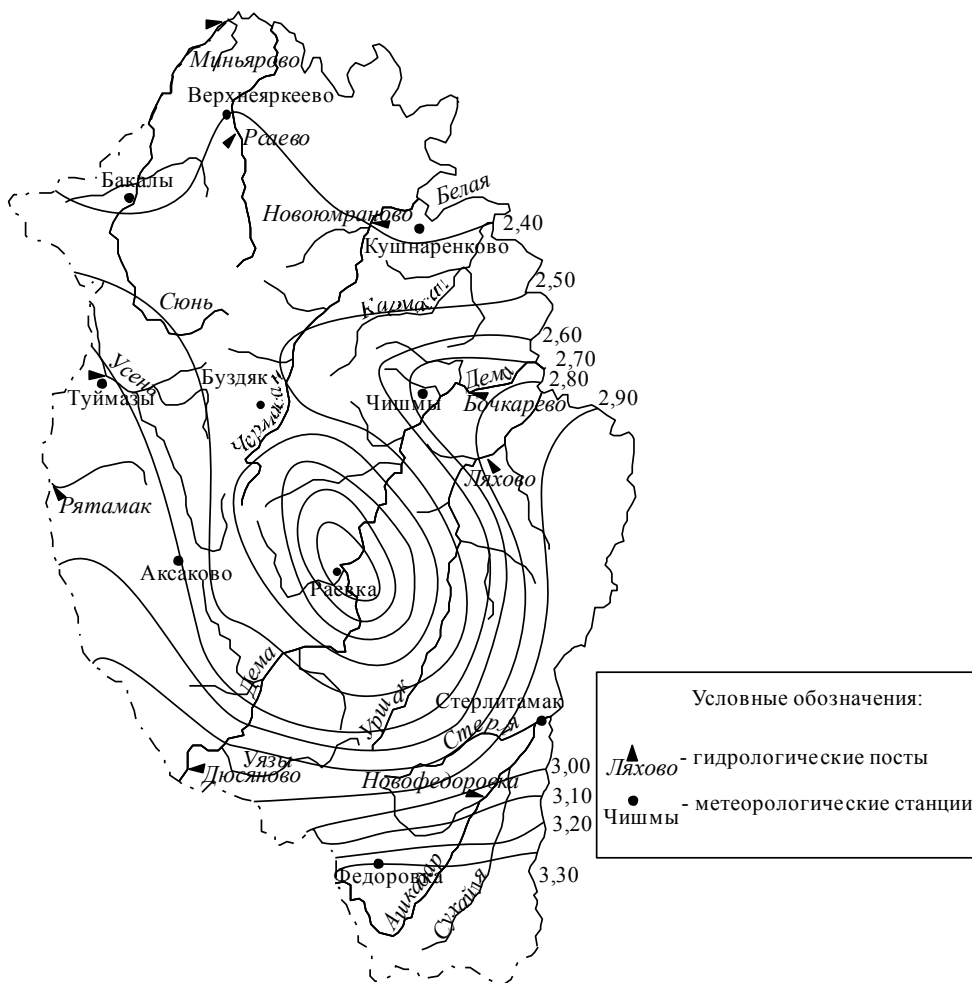


Рис. 5. Пространственная изменчивость интенсивности нарастания положительных температур в период снеготаяния (°С/сут).

оценки изменчивости стокоформирующих факторов на основе проведения корреляционного и регрессионного анализа были вычислены показатели максимальных расходов воды р. Сюрень – д. Миньярово, которые показаны на рис. 7.



Рис. 7. Совмещенные графики измеренных и вычисленных максимальных расходов воды р. Сюрень – Миньярово (м³/с).

Как видно из рис. 7, по р. Сюрень – д. Миньярово за расчетный период значения измеренных и вычисленных максимальных расходов воды весеннего поло-

водья характеризуются большой сходимостью за все годы. Наибольшие отклонения, обнаруживаемые в 1983, 1986, 1988 гг., не превышают 15%, что находится в пределах погрешностей самих расчетов и оценок.

Таким образом, выявленные закономерности могут быть применены для определения и прогноза максимальных расходов воды не только по изучаемой территории, но и по другим бассейнам малых и средних рек в пределах различных регионов РФ.

Выводы

Одна из основных особенностей малой реки – тесная связь с окружающим ландшафтом. В их бассейнах процессы, происходящие на водосборе, быстро отражаются на состоянии реки, ее стоке, русловых процессах, в то время как факторы, определяющие формирование стока большой реки, в силу разновременности воздействия на растянутой в пространстве территории носят взаимно сглаживающий и более длительный характер. Анализ результатов исследований на малых водосборах позволяет выявить не только качественные, но и количественные взаимосвязи между составляющими параметрами водно-теплового баланса, что, в свою очередь, позволяет прогнозировать изменения этих величин под влиянием хозяйственной деятельности человека. Теоретически обоснованным и полезным для решения вопроса о роли местных факторов в формировании стока является

сравнение фактических значений стоковых характеристик с зональными, определенными методом географической интерполяции. Этим обеспечивается необходимое согласование зональных и местных особенностей гидрологического режима. В результате сравнения устанавливаются связи между отклонениями значений исследуемых величин от зональных к количественным показателям местных условий.

Экспериментальные гидрологические исследования на водно-балансовых станциях имеют большое значение для многих вопросов научной и практической гидрологии. Полнота программы работ и длительные ряды непрерывных наблюдений позволяют исследовать многие гидрологические процессы и явления, которые невозможно выявить по наблюдениям на больших реках. Значимость таких исследований возрастает еще и потому, что на большинстве малых рек гидрометеорологические наблюдения не проводятся. Во многих бассейнах малых рек в результате хозяйственной деятельности существенно искажен естественный режим речного стока, а оценка этого искажения невозможна без эталонных наблюдений на малых реках с естественным режимом.

Таким образом, применение указанных нами методических положений позволит с высокой степенью надежности и заблаговременно производить прогнозные оценки по определению абсолютных показателей максимальных расходов воды во время весеннего половодья, что имеет большое хозяйственно-экономическое и экологическое значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Республики Башкортостан. Уфа: Китап, 2005. 419 с.
2. Балков В. А. Водные ресурсы Башкирии. Уфа: Башкириздат, 1978 г. 173 с.
3. Водогрещкий В. Е. Антропогенное изменение стока малых рек. Л.: Гидрометеоздат, 1990. 176 с.
4. Гареев А. М. Оптимизация водоохранных мероприятий в бассейне реки (географо-экологический аспект). СПб.: Гидрометеоздат, 1995. 190 с.
5. Гареев А. М. Реки, озера и болотные комплексы Республики Башкортостан // Уфа. Гилем, 2012. 248 с.
6. Гареев А. М., Галимова Р. Г., Миннегалиев А. О. Некоторые характеристики изменения стокоформирующих факторов на фоне глобальных изменений климатических условий // Вестник Башкирского государственного университета, Т. 18, №4, 2013. С. 1095–1098.
7. Гареев А. М., Зайцев П. Н. Особенности влияния пространственно-временной изменчивости основных стокоформирующих факторов на формирование максимальных расходов воды малых и средних рек в пределах Башкирского Предуралья. Сборник научных трудов SWorld, 2014, Т. 31, №3. С. 52–53.
8. Гареев А. М., Зайцев П. Н. Пространственно-временная изменчивость формирования максимальных расходов рек Башкирского Предуралья в зависимости от влияния основных стокоформирующих факторов // Водное хозяйство России: Достижения. Проблемы. Перспективы. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции, 6–10 октября 2014 г., г. Екатеринбург. ФГУП РосНИИВХ. 2014. 449 с.
9. Гареев А. М., Зайцев П. Н. Особенности формирования максимальных расходов весеннего половодья в зависимости от влияния стокоформирующих факторов // Развитие науки и образования в современном мире. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 сентября 2014 г. в 7 частях, Ч. I, М.: АР-Консалт. 2014. 146 с.
10. Гареев А. М., Зайцев П. Н. Пространственная и антропогенная изменчивость речного стока (на примере Башкирского Предуралья). Уфа: Аэтерна, 2015. 152 с.
11. Гареев А. М., Хабибуллин И. Л. Естественные и антропогенные факторы активизации развития эрозионных процессов. Уфа: РИЦ БашГУ, 2010.
12. Горошков И. Ф. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 431 с.
13. Евстигнеев В. М. Речной сток и гидрологические расчеты. М.: Изд-во МП, 1990. 304 с.
14. Комлев А. М. Закономерности формирования и методы расчетов речного стока. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2002. 163 с.
15. Коронкевич Н. И. Вопросы формирования стока и влияния на него хозяйственной деятельности // Вопросы географии. Сб. 102. Ландшафт и воды. М.: Мысль. 1976. С. 29–46.
16. Ресурсы поверхностных вод. Т. 11. Основные гидрологические характеристики. Вып. 1. Л.: Гидрометеоздат. 1975. 380 с.
17. Ресурсы поверхностных вод СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 301 с.
18. Соколовский Д. Л. Речной сток. Л.: Гидрометеоздат. 1968. 540 с.
19. Шикломанов И. А. Антропогенные изменения водности рек. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 304 с.
20. Шикломанов И. А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 335 с.

Поступила в редакцию 30.04.2015 г.

**SOME FEATURES OF THE VARIABILITY OF MAXIMUM WATER FLOWS
OF SPRING FLOOD, DEPENDING ON THE INFLUENCE OF FLOW-
FORMING FACTORS (ON EXAMPLE OF RIVER BASINS OF THE BASHKIR
PART OF THE URALS REGION)**

© A. M. Gareev, P. N. Zaitsev*, A. V. Komissarov

*Bashkir State University
32 Zaki Validi St., 450076 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.*

Phone: +7 (347) 229 96 02.

**Email: hydroeco@mail.ru*

Due to significant change in the quantitative characteristics of the river flow in recent decades, as well as insufficient development of methodological and theoretical framework of the study of the formation of the maximum flow the spring flood of small and medium-sized rivers, it is important to carry out complex and detailed study of the factors and conditions that affect their formation. Study of peculiarities of runoff peaks become particularly important due to the increasing incidence of catastrophic floods in the Russian Federation. In this regard, there is an urgent need for a full-scale study of the effect flow-forming factors influencing the formation and variability of maximum flows of rivers, with the possibility of the forward-looking assessments to advance estimates of their values. This will reduce the incidence of adverse economic, economic and environmental impact of water during the spring floods. For the purpose of detailed analysis of the maximum water flow from major spring flood flow-forming factors within the study area were identified 15 basins of small and medium-sized rivers. It should be noted that the location of the meteorological stations to these river basins are not tied. Accordingly, we have been carried out spatial interpolation of each factor on the 14 weather stations. Regarding each of the basins were identified gravitating points, typical values of which are determined by means of the correlation analysis between the estimated factors. Subsequently, the center of the basin were determined weighted averages, which were used for the construction of models, reflecting the dependence of maximum water discharge from flow-forming factors. In accordance with the above, in the article the methodical positions projected runoff peaks of spring floods for small and medium-sized rivers within the Bashkir Pre-Urals. From a large set of factors flow-forming selected basic: Autumn moisture reserves in soils, water reserves in the snow cover, the depth of freezing soil and intensity of the growth of positive temperatures during the spring snowmelt. On the basis of correlation and regression analysis revealed features of the influence of these factors on the formation of the maximum water flow during the spring flood.

Keywords: *Bashkir part of the Urals region, maximum flows, spring floods, flow-forming factors, variability, economic damage.*

Published in Russian. Do not hesitate to contact us at bulletin_bsu@mail.ru if you need translation of the article.

REFERENCES

1. Atlas Respubliki Bashkortostan [Atlas of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: Kitap, 2005.
2. Balkov V. A. Vodnye resursy Bashkirii [Water resources of Bashkiria]. Ufa: Bashkirizdat, 1978 g.
3. Vodogretskii V. E. Antropogennoe izmenenie stoka mal'nykh rek [Anthropogenic changes in the flow of small rivers]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1990.
4. Gareev A. M. Optimizatsiya vodookhrannykh meropriyatiy v basseine reki (geografo-ekologicheskii aspekt) [Optimization of water protection measures in river basin (geographical-ecological aspect)]. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 1995.
5. Gareev A. M. Ufa. Gilem, 2012.
6. Gareev A. M., Galimova R. G., Minnegaliev A. O. Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo universiteta, T. 18, No. 4, 2013. Pp. 1095–1098.
7. Gareev A. M., Zaitsev P. N. Osobennosti vliyaniya prostranstvenno-vremennoi izmenchivosti osnovnykh stokoformiruyushchikh faktorov na formirovanie maksimal'nykh raskhodov vody mal'nykh i srednykh rek v predelakh Bashkirskogo Predural'ya. Sbornik nauchnykh trudov SWorld, 2014, T. 31, No. 3. Pp. 52–53.
8. Gareev A. M., Zaitsev P. N. Vodnoe khozyaistvo Rossii: Dostizheniya. Problemy. Perspektivy. Sbornik dokladov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, 6–10 oktyabrya 2014 g., g. Ekaterinburg. FGUP RosNIIVKh. 2014.
9. Gareev A. M., Zaitsev P. N. Razvitie nauki i obrazovaniya v sovremennom mire. Sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii 30 sentyabrya 2014 g. v 7 chastyakh, Ch.I, Moscow: AR–Konsalt. 2014.
10. Gareev A. M., Zaitsev P. N. Prostranstvennaya i antropogennaya izmenchivost' rechnogo stoka (na primere Bashkirskogo Predural'ya) [Spatial and anthropogenic variability of river flow (on the example of the Ural region of Bashkortostan)]. Ufa: Aeterna, 2015.
11. Gareev A. M., Khabibullin I. L. Estestvennye i antropogennye faktory aktivizatsii razvitiya erozionnykh protsessov [Natural and anthropogenic factors enhancing the development of erosion processes]. Ufa: RITs BashGU, 2010.
12. Goroshkov I.F. Gidrologicheskie raschety [Hydrological calculations]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1979.
13. Evstigneev V. M. Rechnoi stok i gidrologicheskie raschety [River flow and hydrological calculations]. Moscow: Izd-vo MPp. 1990.
14. Komlev A. M. Zakonomernosti formirovaniya i metody raschetov rechnogo stoka [Regularities of formation and methods of computation of the river flow]. Perm': Izd-vo Perm. un-ta, 2002.
15. Koronkevich N. I. Voprosy geografii. Sb. 102. Landshaft i vody. Moscow: Mysl'. 1976. Pp. 29–46.
16. Resursy poverkhnostnykh vod. Vol. 11. Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki. No. 1 [Surface water resources. Vol. 11. Main hydrological characteristics. Issue 1]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1975.
17. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR [Surface water resources of the USSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977.
18. Sokolovskii D. L. Rechnoi stok [River flow]. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1968.
19. Shiklomanov I. A. Antropogennye izmeneniya vodnosti rek [Anthropogenic changes in water availability of rivers]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1979.
20. Shiklomanov I. A. Vliyaniye khozyaistvennoi deyatel'nosti na rechnoi stok [The impact of human activity on river flow]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1989.

Received 30.04.2015.