

УДК: 556.5

К ВОПРОСУ ОБ АНОМАЛЬНОСТИ ВОДНОГО РЕЖИМА МАЛЫХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА ВОЛГИ)

И. А. Жуков, Д. Н. Айбулатов

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
географический факультет, кафедра гидрологии суши, 119991,
Ленинские горы, д. 1, Москва, Российская Федерация,
les-96@yandex.ru, gidroden@mail.ru*

В настоящее время гидрологический режим разных по размеру рек, обладает разной степенью изученности. Лучше всего изучен речной сток средних и больших рек, в то время как речной сток малых рек практически не исследован. В отношении рек, имеющих площадь водосбора менее 2000 км², существует устойчивое мнение, о том, что водный режим этих рек является аномальным. В работе представлены исследования водного режима малых рек бассейна р. Волги.

Ключевые слова: малые реки; водный режим; гидрология.

ON THE QUESTION OF ANOMALY OF THE WATER REGIME OF SMALL RIVERS. ON THE EXAMPLE OF SMALL RIVERS OF THE VOLGA BASIN

I. A. Zhukov, D. N. Aybulatov

*Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Faculty of
Geography, Department of Land Hydrology, 119991, Leninskie Gory, 1,
Moscow, Russian Federation les-96@yandex.ru, gidroden@mail.ru*

Currently, the hydrological regime of rivers of different sizes has varying degrees of knowledge. The river flow of medium and large rivers is best studied, while the river flow of small rivers has not been studied. With regard to rivers with a catchment area of less than 2000 km², there is a strong opinion that the water regime of these rivers is anomalous. The paper presents studies of the water regime of small rivers in the Volga basin.

Keywords: small rivers; water regime; hydrology.

С 70-х гг. XX в. Европейская территория России характеризуется весьма значимым изменением климатических характеристик, которые влияют на водность рек, преобладающие типы их питания, распределение стока внутри года, а также обуславливают формирование опасных гидрологических явлений [2].

Одной из важнейших научно-практических задач является обеспечение устойчивости к этим изменениям, т. к. изменение речного стока заметно сказывается на качестве и количестве водных ресурсов, температуре воды и состоянии связанных с водой экосистем, ведет к увеличению масштабов и частоты проявлений экстремальных природных явлений — наводнений и засух.

Актуальность данной работы связана со слабой изученностью водного режима и внутригодового распределения стока воды малых рек — самых распространенных рек на территории России.

Для целей настоящего исследования из действующих гидрологических постов на малых реках исследуемой территории выбирались гидрологические посты и оцифровались данные об ежедневных расходах воды на них для дальнейшего анализа речного стока и его генетических составляющих. В ходе исследования удалось добиться равномерного распределения оцифрованных водных постов на всей исследуемой территории. Задействованные в исследовании гидрологические посты имеют максимально длинные ряды наблюдений в своих районах [3].

Для анализа водного режима рек и их источников питания проведено расчленение гидрографа на генетические составляющие. Расчленение гидрографа позволяет определить суммарную величину подземного, паводочного и половодного стока. Типовой гидрограф представляет собой линию, описывающую пик половодья, кривые его спада и подъема, летнюю и зимнюю межень и площадь под этой линией, которая обозначает объем подземного и поверхностного стока [4].

Основной программный комплекс исследования — программа GrWat 3.0.M. В основу работы программы заложен алгоритм, который, учитывая особенности каждой конкретной реки, отделяет на гидрографе подземную составляющую, весеннее половодье и дождевые и оттепельные паводки (в разные сезоны) [5].

Программа GrWat при параметрах, заданных за период в 70 лет, качественно отделяет грунтовую составляющую, даже несмотря на изменения водного режима, произошедшие на рубеже 70-х и 80-х годов XX-го столетия. Данная методика расчленения гидрографов позволяет рассчитывать практически все характеристики водного режима, в том числе даты наступления и окончания половодья, его объемы и соответственно, расходы, а также характеристики летне-осенних паводков.

В программе GrWat 3.0.M можно отслеживать изменения гидрологических параметров во времени и исследовать долгопериодные изменения.

В результате обработки непрерывных рядов расходов воды с совмещенными метеорологическими данными (температура воздуха и осадки) получены многолетняя динамика изменений гидрологических характеристик речного стока для 73 постов бассейна Волги.

Получена информация по 49 характеристикам речного стока. Подробно проанализировано распределение по исследуемой территории всех полученных гидрологических характеристик. Для каждой из них построены карты и проведен анализ пространственного распределения изменений данной характеристики.

По имеющимся данным о слоях стока и модулях стока воды и его генетических составляющих для средних и больших рек на исследуемой территории [1], можно сравнить их с изменениями, которые произошли со стоком воды малых рек. В ходе проведения исследований подтверждена схожесть динамик изменений стока воды средних, больших и малых рек бассейна реки Волги.

В результате проанализировано распределение гидрологических характеристик в бассейнах малых рек исследуемой территории. Для укрупнения районов анализа исследование распределения всех гидрологических характеристик выполнено в рамках бассейнов больших рек.

После завершения анализа и выявления закономерностей в динамике стока воды малых рек исследуемой территории и его генетических составляющих, появилась возможность отследить динамику наступления изменений в стоке воды исследуемых рек. Для этого применен метод разностно-интегральных кривых.

Разностно-интегральные кривые построены для ряда среднегодовых расходов воды на исследуемых постах. Кроме этого, для изучения однородности времени наступления точек перегиба для каждой фазы водного режима, построены и проанализированы разностно-интегральные кривые для минимального расхода зимней и летне-осенней межени, максимального расхода половодья и максимального расхода паводков. В результате исследования установлено, что для малых рек исследуемой территории характерно увеличение стока воды во время прохождения зимней и летне-осенней межени.

В результате исследований выявлена закономерность: при движении с севера на юг фиксируется смена увеличения паводочного стока на его уменьшение.

В основном, на исследуемой территории гидрологические изменения произошли в 70-е гг. XX века [2]. Для южной части Камского бассейна установлено наступление перелома в 80-е гг. прошлого века. В южной части Камского водохранилища установлена зона, где изменения произошли после 1990 г., это же время для верхнего и среднего течения Цны и отдельных рек Окского бассейна. На правых притоках северной части Камского водохранилища изменения произошли в 60-е гг. В это же время они произошли и в районе Куйбышевского водохранилища, и для отдельных рек окского бассейна, а также для бассейна реки Шексны. На территории Верхней Волги изменения наступили в 50-е годы.

В результате исследования установлено, что для лет наступления изменений в речном стоке исследуемой территории есть две зависимости: при движении с севера на юг по Волге и Каме изменения наступают все раньше и при движении с востока на запад сроки наступления перелома становятся более ранними.

Для динамики стока выявлены закономерности: с севера на юг и в районе расположения крупных водохранилищ наблюдается сокращение речного стока.

Изменения стока воды и его генетических составляющих малых рек исследуемой территории являются одним из значимых последствий глобального изменения климата, начавшегося в 1970-80 гг. Существенное повышение среднегодовой температуры наблюдается со второй половины 1970-ых гг., и составляет $\sim 1,55^{\circ}\text{C}$ [2]. Климатические изменения в последние десятилетия отразились на величинах годового, сезонного и минимального стока рек на преобладающей части исследуемой территории [1]. В результате исследования установлено, что в последние 20-25 лет по причине увеличения годовой суммы осадков (особенно в бассейне Волги выше г. Ярославля) на 3-6 %, а также сокращения периода с устойчивым снежным покровом (до 11 %) и уменьшение максимальной толщины снежного покрова на большинстве рек наблюдается значительное перераспределение стока воды между фазами водного режима.

Значительно повысился годовой сток по сравнению с нормой предшествующих многолетних наблюдений. В последние 20-25 лет по причине увеличения годовой суммы осадков (особенно в бассейне Волги выше г. Ярославля) на 3-6 % на большинстве рек наблюдается значительное увеличение водности.

За период 1981-2020 гг. общее увеличение объема годового стока воды исследуемой территории составило 4,8 %.

В динамике весеннего стока отчетливо проявляется все возрастающий тренд на уменьшение его объема. Однако, для бассейна Камы, Унжи и Ветлуги характерно увеличение весеннего стока. На остальной части бассейна он уменьшается.

Для рек северо-западной части исследуемой территории характерен тренд к увеличению максимальных расходов весеннего половодья (Ветлуга) или его отсутствие (Молога). Только самые северные и северо-восточные реки региона (Унжа) характеризуются заметным увеличением максимальных расходов весеннего половодья. Тенденция к уменьшению максимальных расходов прослеживается на реках лесостепной и степной зоны (Ока). Максимальные расходы воды уменьшились здесь более чем в 2 раза.

Данные последних лет свидетельствуют о стремительном снижении максимальных расходов и распластывании волны половодья. На смену характерных для бассейна рек исследуемой территории одновершинных

гидрографов приходят современные гидрографы с гребенчатой формой во время прохождения половодья. К тому же превышение весенних максимальных расходов воды над средними меженными сокращается с 10-15 до 3-5 раз.

Летне-осенний меженный сток характеризуется увеличением водности. На данной территории сток рек за последние 50 лет увеличился на 50-100 %. Также увеличивается объем стока в зимнюю межень на те же 50-100 %.

Причиной увеличения слоя стока в зимний меженный период является увеличение температуры воздуха, что привело к росту числа и продолжительности оттепелей, и сокращению длительности зимнего сезона. Наиболее существенное увеличение минимального стока (более 50-70 %) происходит в верхнем течении Оки и Волги. В нижнем течении исследуемой территории минимальный сток увеличивается на чуть меньшие значения 20-40 %.

Фоновые значения паводочного стока увеличились на 25-30 %, в верхнем течении Волги (бассейне Рыбинского водохранилища) и Камы — до 75%.

В ходе проведенных исследований установлено, что для рек бассейна Волги характерен тренд к уменьшению максимальных расходов весеннего половодья или его отсутствие. Максимальные расходы воды уменьшились более чем в 2 раза. Превышение весенних максимальных расходов воды над средними меженными сокращается с 15 до 5 раз.

Для летне-осеннего меженного стока выявлено увеличение водности. Для рек исследуемой территории сток увеличился на 50-100 %. Также увеличивается объем стока в зимнюю межень до 130 %. Зафиксировано увеличение паводочного стока в бассейнах малых рек, в среднем на 43 %.

Наиболее существенное увеличение минимального стока (более 50-70 %) установлено для верхнего течения Оки и Волги. В нижнем течении исследуемой территории минимальный сток увеличивается на чуть меньшие значения 20-40 %.

Кроме этого, для большинства исследуемых речных бассейнах установлено увеличение продолжительности и интенсивности паводков. Максимальный расход летних паводков увеличился до 80 %. Объем паводочного стока за год увеличился на 40-50 %. Увеличение зимних паводков выросло на 25-30 %.

В результате сравнения данных, полученных по средним и большим рекам исследуемой территории, установлено, что разностно-интегральные кривые для генетических составляющих стока воды малых рек исследуемой территории имеют несколько экстремумов (точек перегиба) — первая приурочена к началу глобальных климатических изменений, повлекших за собой и гидрологические изменения, вторая — точка перегиба

за последние 20 лет. Это полностью повторяет закономерности для больших и средних рек.

В результате исследований выявлена закономерность — чем южнее, тем существенней изменились генетические составляющие стока воды.

Еще одним выводом работы является то, что несмотря на азональность малых рек, для них возможно составление карт стоковых характеристик воды, а также выявлена схожесть динамик и закономерностей гидрологических изменений стока воды и его внутригодового распределения у малых, больших и средних рек.

Главным выводом работы является подтверждение схожести изменений слоев и модулей стока воды, тенденциях изменений качественных и количественных гидрологических изменений для малых, средних и больших рек. В результате выполненных исследований подтверждена возможность составления для малых рек пространственных и динамических карт для качественных и количественных гидрологических характеристик.

Библиографические ссылки

1. Болгов М. В., Трубецкова М. Д., Филимонова М. К., Филиппова И. А. Современные изменения климатических характеристик и вероятностная оценка изменений минимального стока в бассейне р. Волги // Водное хозяйство России, 2014. № 3. С. 83-99.
2. Джамалов Р. Г., Фролова Н. Л., Кричевец Г. Н. Формирование современных ресурсов поверхностных и подземных вод европейской части России, Водные ресурсы, 2012, том 39. № 6. С. 571-589
3. Жуков И. А., Айбулатов Д. Н. Гидрологическая изученность и классификация рек Верхней и Средней Волги. Труды X Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2021)» Том I (III): [сборник]. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2021. С. 351-355
4. Куделин Б. И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. М.: Издательство Московского университета, 1966.
5. Фролова Н. Л., Киреева М. Б., Рец Е. П., Самсонов Т. Е. Изучение современного водного режима рек европейской территории России с помощью автоматизированного алгоритма расчленения гидрографа grwat // Сборник докладов международной научной конференции «Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения», Нижний Новгород, 8 – 14 сентября 2019 г. С. 160-165.