

Климатическая обусловленность современных гидроэкологических процессов в речных потоках бассейна Верхнего Дона**В. А. Дмитриева¹✉, А. И. Сушков², В. П. Закусилов³**¹*Воронежский государственный университет», Российская Федерация
(394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1)*²*Воронежский центр по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды, Российская Федерация
(394018, г. Воронеж, ул. Платонова, 1)*³*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Российская Федерация
(394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а)*

Аннотация: Цель: дать представление о трансформации речного стока с учетом современной изменчивости ведущих климатических факторов как основы гидроэкологических процессов в бассейнах рек верхнего течения Дона.

Материалы и методы. Базовая гидрометеорологическая информация заимствована из официальных кадастровых источников и электронных ресурсов федеральных и региональных профильных ведомств и организаций, проанализирована и подготовлена для статистической обработки, аналитических расчетов, графического представления. Используются методы географо-гидрологический, устанавливающий причинно-следственные связи, аналитической интерпретации и графического представления результатов, гидрологической аналогии, анализа и синтеза.

Результаты и обсуждение. Речной бассейн рассматривается как сложная природная гидроэкосистема, равновесие в которой нарушается при возникновении внутренних и внешних противоречий, вызванных природными и антропогенными силами. В качестве природной составляющей возмущения системы рассматриваются климатические факторы (атмосферные осадки, температура воздуха), а антропогенной составляющей – преобразование поверхности речного бассейна и водопользование. Отмечается, что в современных условиях меняется генезис речного стока, смена приоритетной роли прямых и косвенных факторов его образования.

Выводы. Отмечается незначительная вариация годовой и сезонных сумм атмосферных осадков, которая не может являться причиной современных изменений речного стока и водных ресурсов, а повышение региональной температуры воздуха является ведущим климатическим драйвером в трансформации составляющих гидрологического режима и, как следствие, гидроэкологического состояния водных потоков, и серьезным триггером нарушения природной гидроэкосистемы.

Ключевые слова: Верхний Дон, река, гидроэкосистема, водный сток, климатический драйвер.

Для цитирования: Дмитриева В. А., Сушков А. И., Закусилов В. П. Климатическая обусловленность современных гидроэкологических процессов в речных потоках бассейна Верхнего Дона // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2022, № 2, с. 118-127. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2022.2/9318>

ВВЕДЕНИЕ

Речной бассейн – сложная многоступенчатая природная гидроэкосистема, в которой сбалансированность сохраняется при относительном рав-

новесии подсистем и разрушается при дестабилизации хотя бы одной из них. Каркас гидроэкосистемы образует собственно водный объект – речной поток, или озеро, или искусственный водоем,

© Дмитриева В. А., Сушков А. И., Закусилов В. П., 2022

✉ Дмитриева Вера Александровна, e-mail: verba47@list.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

представляющий главную результирующую подсистему. Полиструктурность гидроэкосистеме придают подсистемы, созданные ландшафтами, почвами, тектоникой и рельефом, гидрогеологией. Вся бассейновая иерархия формируется благодаря внутренним и внешним взаимодействиям подсистем и воздействиям на них внешних сил.

Преобразование поверхности водосбора, как, например, облесение или, напротив, сведение лесов, изменение соотношения пахотных угодий, луговой и древесной растительности, карьерная разработка полезных ископаемых, мелиорация, урбанизация и погребение мелкой гидрографической сети под застройками, асфальтовыми и бетонными покрытиями и другие ведут к антропогенизации исходного ландшафта и деградации подсистем, нарушению целостности природного варианта гидроэкосистемы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходная гидрометеорологическая информация для исследования заимствована из следующих источников: Государственный водный кадастр (разных лет изданий); Государственный водный реестр (электронный ресурс), гидрологических ежегодников (1936-1992 гг.); Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» (за разные годы изданий, электронный ресурс); статистический сборник «Водные ресурсы и водное хозяйство России» (за разные годы изданий, электронный ресурс); Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики водных объектов бассейна реки Дон / под ред. В. Ю. Георгиевского. СПб.: Свое издательство, 2020. 262 с. (электронный ресурс); архивный фонд Воронежского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Основными методами, используемыми в подготовке, расчетах и анализе гидрометеорологиче-

ских данных, выявлении связей между природными факторами речного стока стали географо-гидрологический, статистический, графо-аналитический, гидрологической аналогии, визуальные полевые обследования. Расчеты и графические построения выполнены в компьютерной программе MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Среди внешних эффективных драйверов гидроэкологических процессов, как и многих иных процессов на речном водосборе, приводящих к нарушению устойчивости гидроэкосистемы, выступают климатические факторы. При этом приоритетную роль играют атмосферные осадки и температура приземного слоя атмосферы, а через них – потенциальное испарение. В нашем исследовании остановимся на значении атмосферных осадков и температуры воздуха, как ведущих факторов формирования водных ресурсов.

Атмосферная циркуляция, с которой связано перемещение воздушных потоков с Атлантики и Средиземноморья на рассматриваемую территорию, играет важную и первостепенную роль в создании водности наземных природных объектов. Современная динамика количества атмосферных осадков в бассейне Верхнего Дона не отличается высокой изменчивостью, заметными ростом или снижением, что могло бы быть причиной изменения водности рек. Многолетние колебания годовых сумм атмосферных осадков подтверждают незначительную вариацию их относительно среднего значения. Слабо выраженная тенденция уменьшения годового количества осадков отмечается на возвышенной территории, и слабо выраженная тенденция роста на низменной территории нивелируют их изменчивость в бассейне Верхнего Дона (рис. 1).

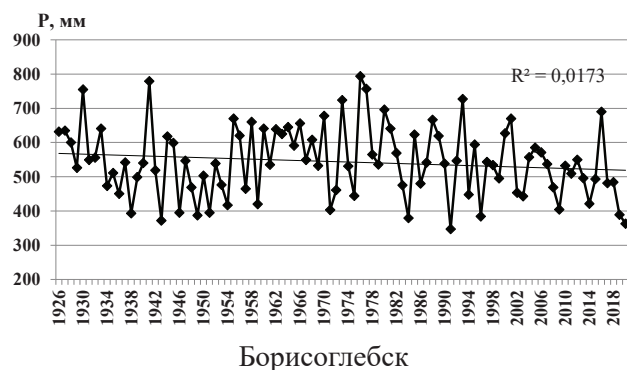
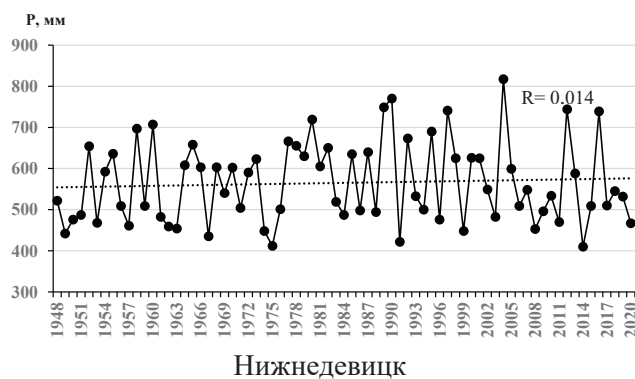


Рис. 1. Годовая сумма осадков (P, мм) за период наблюдений по метеостанциям Воронежской области
[Fig. 1. The annual amount of precipitation (P, mm) for the observation period at the meteorological stations of the Voronezh region]

Как следует из рисунка 1, значимых изменений в годовых суммах осадков за период наблюдений по показаниям метеостанции Нижнедевицк, находящейся на Среднерусской возвышенности, в северо-западной части Воронежской области, и метеостанции Борисоглебск, расположенной на Окско-Донской низменной равнине, на востоке Воронежской области, не происходит. В сезонных осадках также отсутствуют заметные вариации. Тенденции в сезонных суммах осадков почти совпадают с направлениями изменений в годовых суммах. Исходя из сказанного, можно предположить, что современный временной ход в годовых и сезонных суммах атмосферных осадков снижает их решающую роль в динамике водности, а сами они теряют свою приоритетную значимость перед другими факторами. Следовательно, существенно повлиять на гидроэкологические процессы в речных водосборах и трансформацию гидроэкосистемы их колебания не могут.

Очевидно, искать причину современных изменений следует в других климатических параметрах, в частности, в изменениях приземной температуры воздуха. Как отмечается в Докладе... , 2017 [6] со ссылкой на оценки Росгидромета, потепление в

приземной атмосфере России происходит в 2,5 раза быстрее, чем в среднем по земному шару, а в 1976-2016 годах интенсивность нарастания составила 0,45 °C за 10 лет [6]. Согласно [2, 19] климатическое потепление в России прогрессирует, замедление наблюдается лишь в зимний сезон.

На территории Верходонья динамика региональной температуры воздуха согласуется с планетарным повышением температуры приземной атмосферы. По наблюдениям на метеостанциях прослеживается рост годовой и месячных температур, что подтверждается данными наблюдений на метеостанции Борисоглебск (табл.).

Как следует из таблицы, средняя годовая температура устойчиво повышается, особенно значительно в начале текущего столетия. Только за первое десятилетие 21-го века средняя годовая температура воздуха повысилась на 0,9 °C. Наибольший температурный скачок наблюдается в ноябре и декабре, он составил 3,3 и 1,9 °C соответственно, что и сказалось на среднегодовой температуре. Глобальная перестройка климатической системы вызывает ответную реакцию в природных составляющих на региональных уровнях, меняя привычный ход гидрологических событий на речном водосборе.

Таблица

Среднемесячная и среднегодовая температура воздуха (°C) за десятилетия по метеостанции Борисоглебск Воронежской области
[Table. Average monthly and average annual air temperature (°C) for decades according to the weather station Borisoglebsk, Voronezh region]

Годы / Years	Месяцы / Months												средняя / average
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1931-1940	-11,1	-10,2	-4,2	6,8	15,7	18,9	22,2	20,4	14,1	6,8	-0,1	-8,4	5,9
1941-1950	-11,3	-8,8	-4,2	6,5	14,7	19,1	20,4	19,3	13,4	5,0	-1,6	-7,5	5,4
1951-1960	-8,9	-12,5	-5,2	7,0	15,2	20,3	21,5	20,2	13,0	6,0	-2,8	-5,6	5,7
1961-1970	-10,4	-9,1	-2,7	7,8	15,4	18,6	20,7	19,2	13,2	6,3	-0,1	-6,6	6,0
1971-1980	-10,4	-9,0	-2,3	8,3	15,3	19,2	20,4	18,8	13,3	5,0	0,4	-5,0	6,2
1981-1990	-7,0	-7,8	-1,9	8,0	15,4	19,5	20,8	19,4	13,1	6,3	-1,4	-5,3	6,6
1991-2000	-6,5	-6,6	-1,9	8,7	14,9	20,0	21,1	19,3	13,2	7,1	-1,7	-6,1	6,8
2001-2010	-6,7	-6,7	-0,3	8,4	15,9	19,3	22,4	21,2	14,7	7,2	1,6	-4,0	7,7
2011-2020	-7,7	-6,1	-0,5	9,0	17,2	20,4	22,6	21,4	14,7	7,4	0,8	-3,5	8,0

В современный период отмечается возрастание повторяемости климатических и гидрологических аномалий, повышение частоты экстремальных и опасных гидрометеорологических событий [9]. Научные разработки, осуществляемые в этом направлении, дают основание полагать, что в текущем столетии вполне вероятен рост чрезвычайных гидрометеорологических явлений [6], к которым, например, можно отнести дождевые

паводки летом 2016 года на реках Верходонья, исключительно аномальный из них зафиксирован на гидропосту река Битюг – город Бобров.

Природные и антропогенные причины с учетом текущих изменений в совокупности формируют новый тип гидроэкосистемы, отличающийся вариативностью свойств и особыми чертами. Примером может служить водный режим рек, который характеризуется многочисленными аномалиями и

нюансами снегового весеннего половодья на Русской равнине, в бассейне Дона, Днепра, Урала и других рек [3, 4, 5, 8, 7, 10, 12, 15, 16, 18].

Определенную и очень важную роль играет состояние подстилающей поверхности, в частности, осеннее увлажнение почвы, промерзание почвы в зимний сезон, запасы снега и воды в снеге к началу снеготаяния, о чем подробно говорилось в ряде авторских работ [4, 5].

«Реки – продукт климата», поэтому изменение климатических параметров прямо или опосредованно отражается на морфометрии водотоков и гидроэкологическом состоянии водных объектов. Трансформация морфометрии самих водных объектов, а также водного, гидрохимического, термического, ледового режима, режима наносов и русловых образований фиксируется на территории европейской России и отчетливо выражено в бассейне Верхнего Дона. Все вариации являются следствием прежде всего текущих климатических флуктуаций.

Изменение морфометрических характеристик рек, например, в Воронежской области, исследователи отмечали еще в начале 1990-х годов. Так, А. Г. Курдов в 1995 году писал, что при инвентаризации малых водотоков с поверхности Воронежской области исчезли 27 небольших рек и ручьев за период от 1950 до 1991 года [11]. Автор связывал деградацию речной сети исключительно с человеческим фактором. Недостаточность рационального природопользования на речных водосборах, экстенсивное ведение сельского земледелия, несовершенство природоохранного законодательства, сведение защитных лесных и кустарниковых посадок вдоль речных лент стало, возможно, главной причиной исчезновения малых рек на территории Воронежской области в прошлом столетии.

В текущем столетии процесс деградации рек и продолжается, и ускоряется. Исследования, которые проводятся в Белгородской [13, 15], Воронежской и Липецкой [1, 4, 5], Тамбовской [18], Курской [10] областях и в целом на Русской равнине [8] свидетельствуют о том, что поверхностные водотоки стремительно пересыхают и исчезают, укорачиваются в длине, превращаются в верховьях в суходолы. Антропогенная деградация присутствует, но при относительной стабильности нагрузки на водосборы она в большой степени связана с урбанизацией, расширением городской застройки, площадным разрастанием городов и преобразованием поверхности, например, засыпкой отрицательных форм рельефа, погребением малых водотоков, канализованием рек. Трансфор-

мация водотоков в естественных условиях при отсутствии возрастания антропогенного пресса, относительной устойчивости в сельскохозяйственном земледелии и в других, ранее перечисленных антропогенных факторах, на наш взгляд, в большей степени связана с природными изменениями, в частности, с температурным режимом.

Нагревание приземного слоя атмосферы не является прямой причиной убывания или возрастания водности рек, но данный процесс через цепочку взаимосвязей ведет к изменению в гидроэкосистеме. Водный, ледовый и термический режим меняются на европейских реках весьма существенно, отвечая на современные климатические вызовы [17]. Общей характерной чертой водного режима рек европейской части страны является снижение максимальных расходов воды, более равномерное распределение стока по сезонам года, увеличение стока межени, особенно зимней. Максимумы расходов воды (Q , м³/с) резко контрастируют по своей величине и по размаху колебаний относительно среднего максимального значения $Q_{\text{макс ср}}$ в многолетнем периоде наблюдений (рис. 2). Даже визуальный просмотр графика позволяет сделать заключение о том, что в период 1944-1981 годов максимумы весеннего половодья существенно превосходили аналогичные характеристики в последующий период 1982-2020 годов. Пик половодья 1955 года характеризовался расходом 1570 м³/с, а пик 2006 года – 517 м³/с, т.е. соотношение равно почти 3 (рис. 2).

Генезис максимумов половодья в текущем столетии отличается от генезиса предыдущего столетия, что показано на примере рек Верхонья [5]. Сокращение максимального стока снегового половодья приобретает устойчивую тенденцию на большей части Донского бассейна и составляет в среднем 25-30 % [13]. При этом уменьшается и объем половодного стока. Подобные изменения в максимальном стоке снегового половодья характерны для речных систем Дона [1, 4, 5, 10, 18], Волги [3, 12], Днепра [10], южного макросклона Русской равнины [7]. Современное повышение температуры воздуха в северном полушарии является самым серьезным триггером к изменению природной гидросистемы.

При схожести генезиса половодья и трансформации количественных характеристик его объема на европейской части России отмечаются несогласующиеся тенденции в годовом стоке, в годовых водных ресурсах. Так, в реках бассейна Верхней Волги диагностируется увеличение во-

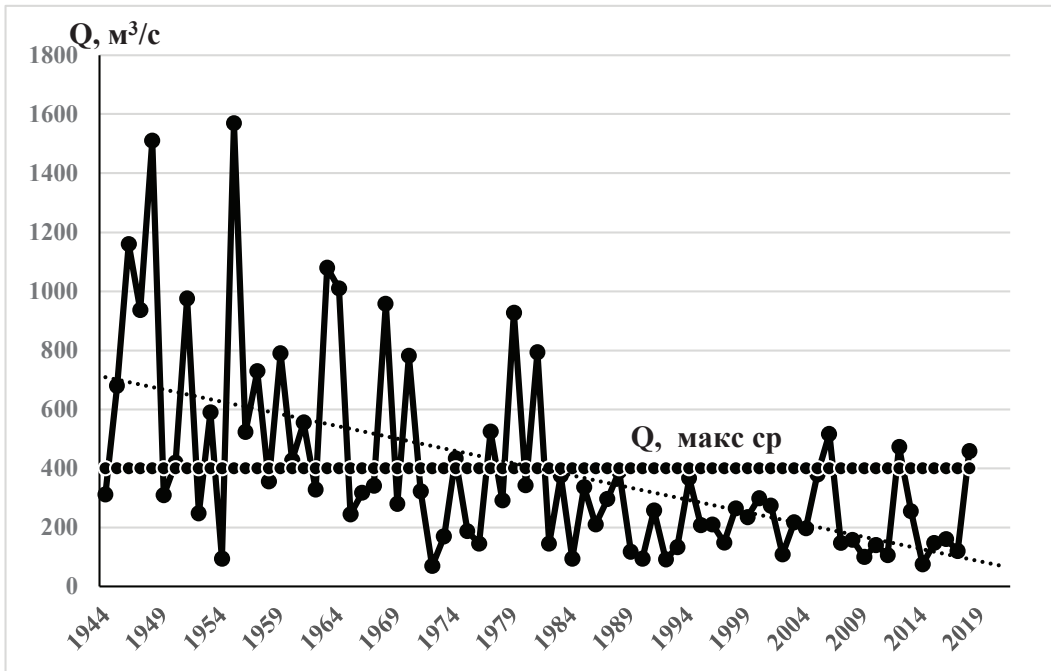


Рис. 2. Многолетние колебания максимальных расходов воды р. Ворона – г. Борисоглебск (..... – линейный тренд)
 [Fig. 2. Long-term fluctuations in maximum water discharges R. Vorona – Borisoglebsk (..... - linear trend)]

дных ресурсов (годового стока), которое происходит вслед за повышением температуры воздуха, составившее на реках Европейской части России 11,4 % по сравнению с нормой 1930-1980 годов [3]. В бассейне Верхнего Дона подобный тренд не прослеживается. На реках Донского бассейна

имеют место некоторые колебания среднего годового стока относительно нормы многолетнего периода наблюдений, но амплитуда расходов воды после 1980 года значительно сократилась. При этом линия тренда остается параллельной оси времени (рис. 3).

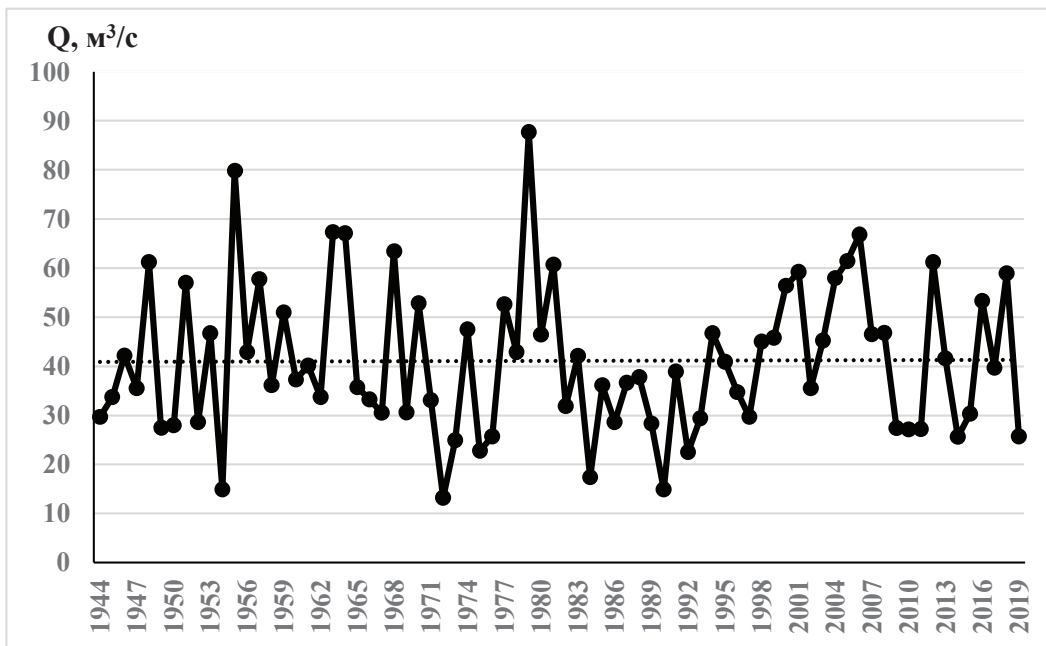


Рис. 3. Среднегодовые расходы воды р. Ворона – г. Борисоглебск за 1944-2019 годы
 [Fig. 3. Average annual water consumption of the river. Crow - Borisoglebsk for 1944-2019]

График многолетних колебаний годового речного стока подтверждает относительную устойчивость и неизменность годового стока, а, следовательно, водных ресурсов в реке Хопер на территории Воронежской области. Данные результаты опровергают многочисленные суждения о сокращении водных ресурсов Дона. В верховье Дона и Хопра, до выхода рек за пределы Воронежской области, сокращения годового стока, а, следовательно, и водных ресурсов не наблюдается.

Несмотря на отсутствие направленных изменений в годовом речном стоке, малой изменчивости годовых водных ресурсов, констатируется обмеление рек в летне-осенний меженный период и появление обнаженных русловых образований (отмелей, побочней, осередков) в малых реках, к примеру, Ведуге, Девице, а также реке Дон после очень низких по объему весенних половодий, как в 2021 году. Указанный гидрологический процесс может быть следствием внутригодового перераспределения стока по сезонам, а также реакцией гидросистемы на преобразования поверхности водосбора, имевшиеся не только в текущие маловодные годы, но и значительно ранее.

В современных климатических условиях зимний сток формируется, как и прежде, преимущественно за счет подземного питания, вследствие дренирования подземных вод руслами рек, но в большей степени и за счет зимних паводков во время оттепелей. Зимние оттепели – постоянный атрибут сезонной погоды текущего столетия. На территории Верхнего Дона вследствие изменения и быстрого нарастания зимних температур воздуха меняется гидрологический режим рек: водный, ледовый, термический. Возрастающие по доле в годовом разрезе жидкие осадки быстрее становятся стокообразующими, что ведет к изменению относительно устойчивого равновесия во внутригодовом распределении сезонного речного стока рек Центрального Черноземья, по нашим данным, примерно до середины 1980-х годов: преобладающего весеннего стока (около 69 %) и примерно равного (10; 10; 11 %) в гидрологические сезоны лета, осени и зимы соответственно. В текущее время приоритетная роль снегового питания и снегового стока в годовом утрачена. Доля сезонного стока в процентах колеблется для весны в диапазоне от 64 % (максимально) до 30 % (минимально), лета – 30-8 %; осени – 25-10 %; зимы – 25-5 % (соответственно). Доля весеннего стока остается преобладающей над остальными в водотоках северной части речной системы Дона

и в верховье Хопра. В реках, замыкающих Верхний Дон (река Тихая Сосна – город Алексеевка, река Россошь – поселок городского типа Подгоренский), доля весеннего стока снизилась до 31,2 и 39,6 % в названной последовательности рек, а доля стока лета, осени и зимы составила 30,1; 23,5; 15,1 % для реки Тихая Сосна и 16,6; 22,1 и 21,7 % для реки Россошь. Как следует из данного примера, распределение стока внутри года стало более равномерным, и диспропорция в сезонном стоке значительно сократилась.

Благодаря повышению зимней температуры воздуха меняется генезис зимнего стока. На замерзающих реках и реках с неустойчивым ледяным покровом или его отсутствием питание различается. В первом случае в зимний сезон реки существуют исключительно за счет подземного питания, во втором случае реки получают подземное и поверхностное питание за счет осенних дождей и зимних оттепелей. Последние стали характерной приметой водного режима рек в текущем столетии.

Цепочка взаимосвязи составляющих гидрологического режима, в том числе и гидроэкологическое состояние, как часть режима, претерпевает изменения, отвечая на климатические вызовы. Так, снижение ресурсов половодья уменьшает ассимилирующие свойства речных вод, способствует увеличению концентрации загрязняющих веществ и значительному прогреванию воды в период низкой водности, выявляет русловые преобразования, сокращает продуктивность поймы, пойменных озер и водно-болотных угодий, утрачивает транспортирующую способность потока. Наши наблюдения в летнюю межень 2016-2018 годов на малых водотоках Тавровка и Песчанка, притоках Воронежского водохранилища, показали, что одновременно с окончанием половодья начинается интенсивное прогревание воды и активное развитие высших водных растений. Водотоки находятся на урбанизированной территории, подвергающейся значительному антропогенному влиянию. Поступление сточных вод меняет природные свойства воды в реках, отмечается стойкое загрязнение фосфатами, азотными соединениями, железом и другими компонентами. При этом трансформация гидрологического состояния влечет за собой изменение экологических свойств воды. Стабильно низкое качество воды в указанных малых водотоках связано исключительно с антропогенным загрязнением, но прогревание воды при снижающейся водности половодья в меженный период усугубляют гидроэкологический процесс.

При высокой роли хозяйственного использования водосборных площадей и речных вод в формировании геоэкологического состояния поверхностных вод, убеждаемся, что климатический компонент (температура воздуха) является ведущим драйвером современной трансформации характеристик гидроэкологического режима.

ВЫВОДЫ

1. Атмосферные осадки, прямой фактор формирования водности рек, почти не меняются по величине в годовом периоде. Они не являются причиной современной динамики водности.

2. Температура воздуха приземного слоя атмосферы продолжает повышаться. Наиболее интенсивный рост, примерно на 1,0 °С, отмечается в текущем столетии. Рост температуры воздуха наряду с неглубоким промерзанием почвы выступают главным триггером трансформации водности.

3. Меняющийся температурный режим рек, а также преобразование поверхности речного бассейна и утилизация сточных вод в речных потоках становятся ведущими причинами нарушения гидроэкологического равновесия и дестабилизации природной гидроэкосистемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бучик С. В., Дмитриева В. А. Гидроэкологические последствия сезонных изменений водности рек в бассейне Верхнего Дона // *Всероссийская научная конференция с международным участием «Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения»*, 2019, с. 309-313.

2. *Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. Москва: Росгидромет, 2014. 1009 с.

3. Горбаренко А. В., Варенцова Н. А., Кирева М. Б. Трансформация стока весеннего половодья и паводков в бассейне Верхней Волги под влиянием климатических изменений // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*, 2021, № 4, с. 6-28. DOI: 10.35567/1999-4508-2021-4-1.

4. Дмитриева В. А. Современные изменения водного режима и морфометрии рек Верхнедонского бассейна // *Известия РАН. Серия географическая*, 2020, № 1, с. 103-113.

5. Дмитриева В. А., Бучик С. В. Генезис максимумов водности рек и изменчивость водного режима в современный климатический период // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*, 2016, № 5, с. 50-62.

6. *Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации* / под ред. В. М. Катцова. СПб.: Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, 2017. 106 с.

7. Изменение стока снегового половодья на южном макросклоне Русской равнины в период 1930–2014 гг. / Н. И. Коронкевич, А. Г. Георгиади, С. В. Долгов и др. // *Лёд и Снег*, 2018, т. 58, № 4, с. 498-506.

8. Кашутина Е. А., Ясинский С. В., Коронкевич Н. И. Весенний поверхностный склоновый сток на Русской равнине в годы различной водности // *Известия РАН. Серия географическая*, 2020, № 1, с. 37-46.

9. *Климатическая доктрина Российской Федерации* (утверждена Распоряжением Президента РФ от 17.12.2009 № 861-рп). – URL: <https://meteoinfo.ru/climatedoctrine> (дата обращения: 02.03.2022). – Текст: электронный.

10. Кумани М. В., Шульгина Д. В., Киселев В. В. Многолетняя динамика основных элементов стока рек в пределах Центрального Черноземья // *Региональные геосистемы*, 2021, № 45 (4), с. 617-631. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-617-631.

11. Курдов А. Г. *Водные ресурсы Воронежской области: формирование, антропогенное воздействие, охрана и расчеты*. Воронеж: Издательство Воронежского государственного университета, 1995. 224 с.

12. Лавров С. А., Калюжный И. Л. Влияние климатических изменений на сток весеннего половодья и факторы его формирования в бассейне Волги // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*, 2016, № 6, с. 42-60. DOI: 10.35567/1999-4508-2016-6-4.

13. *Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики водных объектов бассейна реки Дон* / под ред. В. Ю. Георгиевского. СПб.: Свое издательство, 2020. 262 с.

14. *Реки и водные объекты Белогорья* / Ф. Н. Лицевский, А. В. Дегтярь, Ж. А. Буряк и др. Белгород: КОНСТАНТА, 2015. 362 с.

15. Решетников В. С., Корнилов А. Г., Лебедева М. Г. Изменчивость водного режима малых рек (на примере Белгородской области) // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*, 2018, № 42 (1), с. 71-79. DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-1-71-79

16. Сивохиц Ж. Т., Павлейчик В. М. Природные и антропогенные факторы трансформации стока в бассейне реки Урал // *Успехи современного естествознания*, 2018, № 11-1, с. 146-151.

17. Стратегические направления обеспечения экологической и гидрометеорологической безопасности России в условиях современных климатических изменений / А. И. Бедрицкий, С. А. Куролап, Р. М. Вильфанд, В. А. Дмитриева // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2019, № 4, с. 5-14.

18. Чернова М. А., Дудник С. Н., Буковский М. Е. Изменчивость водного режима рек Донского бассейна // *Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология*, 2020, № 3, с. 40-48. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2020.3/3022>.

19. Kuzmina Zh. V., Treshkin S. E., Shinkarenko S. S. Effects of River Control and Climate Changes on the Dynamics of the Terrestrial Ecosystems of the Lower Volga Region // *Arid Ecosystems*, 2018, v. 8, no. 4, pp. 231-244.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 31.01.2022

Принята к публикации 30.05.2022

THE STUDIES OF VORONEZH LOCAL LORE

UDC 556.535(282.247.36)

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2022.2/9318>

Climatic Conditionality of Modern Hydroecological Processes in the River Flows of the Upper Don Basin

V. A. Dmitrieva¹✉, A. I. Sushkov², V. P. Zakusilov³

¹Voronezh State University, Russian Federation
(1, Universitetskaya Sq., Voronezh, 394018)

²Voronezh Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Russian Federation
(1, Platonov St., Voronezh, 394018)

³Military Educational and Scientific Center of the Air Force
"Air Force Academy named after prof. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin", Russian Federation
(54a, Starykh Bolsheviks St., Voronezh, 394064)

Abstract: Purpose: This article considers river runoff transformation taking into account the influence of modern changes in the leading climatic factors on hydroecological processes in the river basins of the upper reaches of the Don.

Materials and Methods. Hydrometeorological information are obtained from official resources of federal and regional specialized departments and organizations, prepared for statistical analysis and graphical presentation. The analysis is based on using the landscape-hydrological method (geographical and hydrological methods), method of interpretation and graphical representation, hydrological analogy, Analysis and synthesis.

Results and discussion. The river basin is considered as a complex natural hydro-ecosystem, the balance in which is disturbed when internal and external contradictions arise, caused by natural and anthropogenic forces. Climatic factors (atmospheric precipitation, air temperature) are considered as the natural component of the system disturbance, while the anthropogenic component is the transformation of the surface of the river basin and water use. It is noted that in modern conditions the genesis of river runoff is changing, the priority role of direct and indirect factors of its formation is changing.

Conclusions. There is a slight variation in the annual and seasonal amounts of atmospheric precipitation, which cannot be the cause of modern changes in river runoff and water resources. The rising regional air temperatures is the leading climate driver in the transformation of the components of the hydrological regime and, as a result, the hydroecological state of water flows, and a serious trigger disruption of the natural hydro-ecosystem.

Key words: upper Don, river, hydroecosystem, water runoff, climate driver.

For citation: Dmitrieva V. A., Sushkov A. I., Zakusilov V. P. Climatic Conditionality of Modern Hydroecological Processes in the River Flows of the Upper Don Basin. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2022, no. 2, pp. 118-127. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2022.2/9318>

© Dmitrieva V. A., Sushkov A. I., Zakusilov V. P., 2022

✉ Vera A. Dmitrieva, e-mail: verba47@list.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

REFERENCES

1. Buchik S.V., Dmitrieva V.A. Hidroekologicheskie posledstviya sezonnykh izmeneniy vodnosti rek v bassejne Verkhnego Dona [Hydroecological consequences of seasonal changes in the water content of rivers in the Upper Don basin]. *Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem «Nauchnye problemy ozdorovleniya rossiyskikh rek i puti ikh resheniya*, 2019, pp. 309-313. (In Russ.)
2. *Vtoroy otsenochnyy doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii* [Second assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation]. Moscow: Rosgidromet, 2014. 1009 p. (In Russ.)
3. Gorbarenko A.V., Varentsova N.A., Kireeva M.B. Transformatsiya stoka vesennego polovod'ya i pavorodkov v bassejne Verkhney Volgi pod vliyaniem klimaticheskikh izmeneniy [Transformation of the runoff of spring floods and floods in the Upper Volga basin under the influence of climate change]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*, 2021, no. 4, pp. 6-28. (In Russ.) DOI: 10.35567/1999-4508-2021-4-1
4. Dmitrieva V.A. Sovremennye izmeneniya vodnogo rezhima i morfometrii rek Verkhnedonskogo basseyna [Modern changes in the water regime and morphometry of the rivers of the Upper Don basin]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*, 2020, no. 1, pp. 103-113. (In Russ.)
5. Dmitrieva V.A., Buchik S.V. Genезis maksimumov vodnosti rek i izmenchivost' vodnogo rezhima v sovremenny klimaticheskiiy period [Genesis of river water content maxima and variability of the water regime in the modern climatic period]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*, 2016, no. 5, pp. 50-62. (In Russ.)
6. *Doklad o klimaticheskikh riskakh na territorii Rossiyskoy Federatsii* [Report on climate risks in the Russian Federation] / pod red. V.M. Kattsova. SPb.: Glavnaya geofizicheskaya observatoriya im. A.I. Voeykova, 2017. 106 p. (In Russ.)
7. *Izmenenie stoka snegovogo polovod'ya na yuzhnom makrosklone Russkoy ravniny v period 1930–2014 gg.* [Changes in snow flood runoff on the southern macroslope of the Russian Plain in 1930–2014] / N.I. Koronkevich, A.G. Georgiadi, S.V. Dolgov i dr. *Led i Sneg*, 2018, v. 58, no. 4, pp. 498-506. (In Russ.)
8. Kashutina E.A., Yasinskiy S.V., Koronkevich N.I. Vesennyi poverkhnostnyy sklonovyy stok na Russkoy ravnine v gody razlichnoy vodnosti [Spring surface slope runoff on the Russian Plain in years of different water content]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*, 2020, no. 1, pp. 37-46. (In Russ.)
9. Climate Doctrine of the Russian Federation (approved by Decree of the President of the Russian Federation of December 17, 2009 No. 861-rp). – URL: <https://meteoinfo.ru/climatedoctrine> (accessed 02.03.2022). – Text: electronic. (In Russ.)
10. Kumani M.V., Shul'gina D.V., Kiselev V.V. Mno-goletnyaya dinamika osnovnykh elementov stoka rek v predelakh Tsentral'nogo Chernozem'ya [Long-term dynamics of the main elements of river runoff within the Central Chernozem region]. *Regional'nye geosistemy*, 2021, no. 45 (4), pp. 617-631. (In Russ.) DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-617-631
11. Kurdov A.G. *Vodnye resursy Voronezhskoy oblasti: formirovaniye, antropogennoye vozdeystvie, okhrana i raschety* [Water resources of the Voronezh region: formation, anthropogenic impact, protection and calculations]. Voronezh: Izdatel'stvo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 1995. 224 p. (In Russ.)
12. Lavrov S.A., Kalyuzhnyy I.L. Vliyanie klimaticheskikh izmeneniy na stok vesennego polovod'ya i faktory ego formirovaniya v bassejne Volgi [Impact of climate change on spring flood runoff and factors of its formation in the Volga basin]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*, 2016, no. 6, pp. 42-60. (In Russ.) DOI: 10.35567/1999-4508-2016-6-4
13. *Nauchno-prikladnoy spravochnik: Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki vodnykh ob'ektov basseyna reki Don* [Scientific and Applied Handbook: Main Hydrological Characteristics of Water Bodies of the Don River Basin] / pod red. V.Yu. Georgievskogo. SPb.: Svoe izdatel'stvo, 2020. 262 p. (In Russ.)
14. *Reki i vodnye ob'ekty Belogor'ya* [Rivers and water bodies of Belogorye] / F.N. Lisetskiy, A.V. Degtyar', Zh.A. Buryak i dr. Belgorod: KONSTANTA, 2015. 362 p. (In Russ.)
15. Reshetnikov V.S., Kornilov A.G., Lebedeva M.G. *Izmenchivost' vodnogo rezhima malyykh rek (na primere Belgorodskoy oblasti)* [Variability of the water regime of small rivers (on the example of the Belgorod region)]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*, 2018, no. 42 (1), pp. 71-79. (In Russ.) DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-1-71-79
16. Sivokhip Zh.T., Pavleychik V.M. Prirodnye i antropogennye faktory transformatsii stoka v bassejne reki Ural [Natural and anthropogenic factors of runoff transformation in the Ural River basin]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2018, no. 11-1, pp. 146-151. (In Russ.)
17. *Strategicheskie napravleniya obespecheniya ekologicheskoy i gidrometeorologicheskoy bezopasnosti Rossii v usloviyakh sovremennykh klimaticheskikh izmeneniy* [Strategic directions for ensuring the environmental and hydrometeorological safety of Russia in the context of modern climate change] / A.I. Bedritskiy, S.A. Kurolap, R.M. Vil'fand, V.A. Dmitrieva. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2019, no. 4, pp. 5-14. (In Russ.)
18. Chernova M.A., Dudnik S.N., Bukovskiy M.E. *Izmenchivost' vodnogo rezhima rek donsogo basseyna* [Variability of the water regime of the rivers of the Don basin]. *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2020, no. 3, pp. 40-48. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo.2020.3/3022>

19. Kuzmina Zh.V., Treshkin S.E., Shinkarenko S.S. Effects of River Control and Climate Changes on the Dynamics of the Terrestrial Ecosystems of the Lower Volga Region. *Arid Ecosystems*, 2018, v. 8, no. 4, pp. 231-244.

Conflict of interests: The author declares no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received 31.01.2022

Accepted 30.05.2022

Дмитриева Вера Александровна

доктор географических наук, профессор кафедры природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-8464-3593, e-mail: verba47@list.ru

Vera A. Dmitrieva

Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Nature Management, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, ORCID: 0000-0002-8464-3593, e-mail: verba47@list.ru

Сушков Александр Иванович

начальник Воронежского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Центрально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: pogodavrn@mail.ru

Aleksander I. Sushkov

the Head of the Voronezh center for hydrometeorology and environmental monitoring, a branch of the Federal State budgetary Institution "Central Black Earth Administration for Hydrometeorology and Environmental Monitoring", Voronezh, e-mail: pogodavrn@mail.ru

Закусиллов Вадим Павлович

кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры гидрометеорологического обеспечения Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-4615-6636, e-mail: zakusilov04@yandex.ru

Vadim P. Zakusilov

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Hydrometeorological Support, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», Voronezh, ORCID: 0000-0003-4615-6636, e-mail: zakusilov04@yandex.ru