

ФОРМИРОВАНИЕ АБСОЛЮТНЫХ МИНИМУМОВ СТОКА ЛЕТНЕ-ОСЕННЕЙ МЕЖЕНИ В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕГО ДОНА

С.В. Бучик¹, В.А. Дмитриева²

E-mail: bychik_svetlana@mail.ru

¹ ООО «Центр-Дорсервис», г. Воронеж, Россия

² ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Россия

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены сроки наступления минимумов летне-осенней межени в бассейне Верхнего Дона по периодам: от начала наблюдений на постах до 1970 г., 1971–2000, 2001–2017 гг. Выявлены отличающиеся по времени формирования абсолютных минимумов водности три зоны – собственно Дон и правобережные притоки Дона, левобережные притоки Дона, бассейн Хопра. Установлено, что в текущем столетии минимумы водности образуются в выделенных зонах в июле-августе, августе-сентябре, преимущественно в сентябре соответственно, что в среднем на месяц раньше сроков, наблюдавшихся до 1970 г. Основные смещения в датах наступления исследуемой характеристики произошли в 1971–2000 гг., закрепившись в текущем столетии. В бассейне Хопра наблюдается большая согласованность в наступлении абсолютных минимумов, чем в речной системе собственно Верхнего Дона.

Несмотря на увеличение продолжительности половодья и летне-осенней межени, а также тенденцию возрастания водности в период низкого стока, отмечается подвижка дат образования низких экстремумов водности к началу летне-осенней межени. Выявленный характер формирования абсолютных минимумов является следствием внутригодового перераспределения стока и откликом на положительную динамику температуры воздуха, определяющей прямо или косвенно гидрологические процессы на речном водосборе. Более раннее летнее истощение рек может способствовать усилению рисков водопользования в вододефицитный период летне-осенней межени, оказывать негативное влияние на отрасли сельского хозяйства, существенно менять качество воды в водных объектах и создавать экологическую напряженность в бассейне.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Верхний Дон, низкая водность, межень, абсолютные минимумы стока, водопользование, гидроэкологические риски.

В современный климатический период в водном режиме Верхнего Дона отчетливо выраженные фазы половодья и межени претерпевают существенные изменения. Летне-осенние паводки носят несистематический характер и не играют важной гидрологической роли. Зимние паводки становятся событием регулярным и характерным для зимнего режима рек. Половодье, паводки и ме-

© Бучик С.В., Дмитриева В.А., 2019

жень в бассейне Дона не равновелики по продолжительности и водности. Современные исследования водного режима Дона указывают на глубокие и значимые изменения во внутригодовом распределении стока, характеристиках сезонного стока, продолжительности и сроках половодья, а также межени [1–4].

Фаза половодья скоротечна, длится 1,5–3 месяца, а ее водность формируется, преимущественно, за счет поверхностного стока от талого снега весной, иногда с добавлением стока от дождей во время половодья, как, например, в 2016 г. на реках Верхнего Дона. Современные изменения в характере половодья прямо или косвенно затрагивают сроки, продолжительность и водность летне-осенней межени.

Формирование стока летне-осенней межени, главным образом, обусловлено разгрузкой подземных вод в русла рек и объемом подземного питания рек в межень. Процесс образования меженного стока сложный, определяется геологическими и гидрогеологическими условиями, гидравлической связью поверхностных и подземных вод, климатическими и метеорологическими факторами [5–10]. В данном исследовании акцентируется внимание на сравнительной характеристике абсолютных минимальных значений стока летне-осенней межени, сроках наступления, условиях формирования экстремумов низкой водности в главной реке и притоках Верхнего Дона в различные временные периоды, а также геоэкологических последствиях гидрологических процессов для водопользования, поскольку водность межени для ряда отраслей экономики страны является лимитирующей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходной информацией для исследования стали сведения об абсолютных минимальных расходах воды и датах их наступления, отмеченных в действующих гидрологических постах Верхнего Дона. Постоянные гидрологические посты размещены на р. Дон и притоках первого и второго порядков: р. Красивая Меча – г. Ефремов; р. Сосна (Быстрая Сосна) – сл. Беломестная и г. Елец; р. Тим – с. Новые Савины; р. Девица – с. Девица; р. Воронеж – г. Липецк-2; р. Лесной Воронеж – сл. Заворонежская; р. Матыра – с. Крутое; р. Битюг – с. Мордово и г. Бобров; р. Тихая Сосна – г. Алексеевка; р. Подгорная – г. Калач; р. Хопер – г. Поворино и г. Новохоперск; р. Ворона – с. Чутановка и г. Борисоглебск; р. Савала – г. Жердевка; р. Чигла – пос. Первомайский. Территориально посты наблюдений расположены в Тульской, Липецкой, Курской, Тамбовской, Белгородской и Воронежской областях. Материалы для исследования заимствованы из публикаций водного кадастра «Ресурсы поверхностных вод», Государственного водного кадастра, гидрологических ежегодников, архивов Воронежского Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

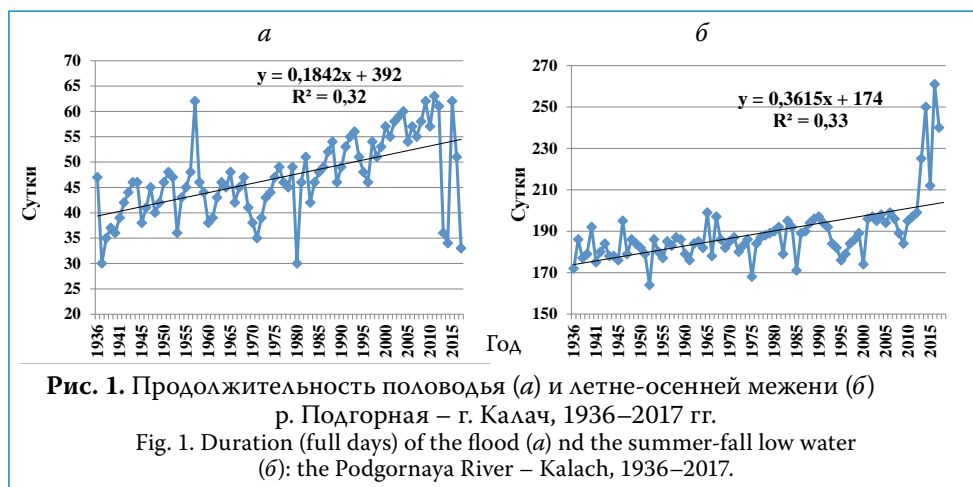
Анализ исходной информации, расчеты и интерпретация полученных результатов выполнялись с помощью методов географо-гидрологического, сравнительного географического и метода математической статистики с использованием программ Statistica, Excell. Сравнение характеристик стока и дат образования минимальной водности (абсолютных минимумов) проводили по следующим периодам: от начала наблюдений по 1970 г., 1971–2000 гг., 2001–2017 гг. за летне-осеннюю межень.

Границы летне-осенней межени определяются в зависимости от продолжительности и даты окончания половодья и начала зимней межени. Летне-осенняя межень исчисляется от конца половодья весной и до появления устойчивых ледяных образований осенью. В случае отсутствия ледостава на реках за границу окончания летне-осенней межени принимается дата перехода температуры воздуха через ноль в сторону отрицательных значений.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Речные водосборы, составляющие единый бассейн Верхнего Дона, располагаются на Среднерусской возвышенности (правобережные притоки Дона), Окско-Донской низменной равнине и Калачской возвышенности (левобережные притоки Дона и р. Хопер с притоками). Главная р. Дон является границей между указанными орографическими образованиями. Общая площадь Верхнего Дона составляет 143 500 км² [3], большая ее часть располагается в лесостепной зоне. Лесная растительность представлена широколиственными, смешанными и хвойными лесами. Леса располагаются отдельными массивами и островками. Природные условия – климат, рельеф, гидрогеологическое строение, почвы, растительность, озера, болота – в совокупности прямо или опосредованно определяют водность рек, а в динамике климата формируют отличительные черты современного гидрологического режима рек Верходонья [11].

Основные черты низкой водности и абсолютных минимумов летне-осенней межени формируются в условиях меняющегося климата, отчетливо увеличенного температуры воздуха на европейской территории страны [12], а в бассейне Верхнего Дона – на фоне роста и среднегодовой температуры, и температуры теплого полугодия [3]. Осеннее замерзание рек все чаще смещается по времени на начало зимы, отодвигая тем самым границу окончания летне-осенней межени. Межень удлиняется за счет более позднего перехода температуры воздуха к устойчивым отрицательным значениям и более позднего ледообразования на реках. Одновременно в связи с увеличением продолжительности весеннего половодья на реках бассейна Дона [2, 4] наблюдаются изменения в начальной границе летне-осенней межени и ее приближение по времени к летним месяцам. В целом летне-осенняя межень увеличивается



по времени, также как и продолжительность половодья (рис. 1). Несмотря на то что линейный тренд статистически незначим, тенденция увеличения продолжительности межени фиксируется отчетливо, хотя и неустойчиво.

Второе десятилетие XXI в. отличается низкой водностью и почти отсутствием высоких половодий на большей части Верхнего Дона. Показательным и исключительно низким по водности и продолжительности стало половодье 2019 г. Уже в апреле в р. Дон отмечены уровни воды, характерные для периода летней межени. В связи с аномалией половодья начало летне-осенней межени перемещается на более ранние, по сравнению со средними многолетними, сроки. Это может привести к увеличению общей продолжительности межени и особенностям образования экстремумов водности при условиях сохранения среднестатистических сроков ледообразования.

В формировании абсолютных минимумов правобережных и левобережных притоков Дона отмечаются существенные различия. В период от начала наблюдений по 1970 г. включительно на гидростворах – г. Задонск и г. Лиски р. Дон, а также на всех правобережных притоках Дона абсолютный минимум приходится на сентябрь, несмотря на различную длительность периода от начала наблюдений (от 22 и до 90 лет). Исключение в данном периоде составила р. Тим, у которой август оказался самым низким по водности за 44 года наблюдений. В гидрологических пунктах Задонск, Ефремов, Беломестная, Елец самая низкая водность наступала в ноябре в 2–5 % случаев, а самая ранняя дата истощения приходилась на июнь в 2 % случаев (р. Дон – г. Задонск, р. Дон – г. Лиски), 25 % случаев (р. Тим – с. Новые Савины).

В следующем 30-летнем периоде от 1971 до 2000 гг., равновеликом по продолжительности для всех рек Верхнего Дона, в створах Задонск и Лиски р. Дон, р. Сосна – г. Елец абсолютный минимум водности сме-

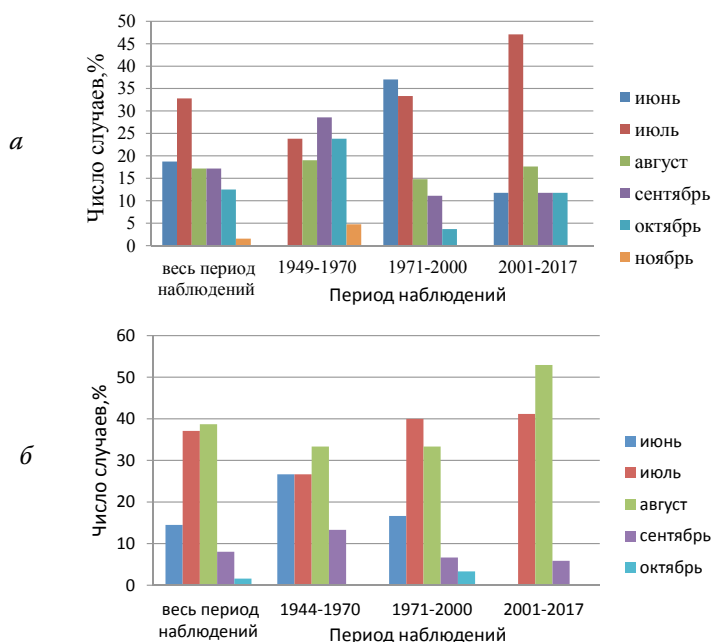


Рис. 2. Наступление абсолютных минимумов летне-осенней межени (с округлением до месяца) в р. Красивая Меча – г. Ефремов (а), р. Девица – с. Девица (б).

Fig. 2. Approach of the absolute lows of the summer-fall low water (with rounding-off to months): the Krasivaya Mecha River – Yefremov (a), the Devitsa River – Devitsa village (b).

стился на август. Таким образом, фиксируется более раннее истощение рек, обусловленное подземным питанием. В р. Сосна в пункте наблюдений Беломестная повторяемость исследуемой характеристики одинакова по значению в сентябре, августе и июле. В реках Красивая Меча и Тим установление абсолютного минимума произошло в июле, а р. Девица – в июле и с перевесом в 4 % – в июне. Таким образом, в последней трети прошлого столетия в реках правобережья Дона наблюдалось более раннее истощение водности рек, а, следовательно, и обмеление рек со сдвижкой в среднем на 1 месяц в сторону более ранних дат.

В XXI в., с 2001 по 2017 гг. наиболее часто самая низкая водность в реках формируется в августе, и только на гидропостах р. Красивая Меча – г. Ефремов, Дон – г. Задонск абсолютные минимумы выпадают на июль (рис. 2).

Сопоставление дат наступления абсолютных минимумов стока в периодах 1971–2000 и 2001–2017 гг. дает основание полагать, что наиболее существенные изменения в водности межени произошли в прошлом, а не в текущем столетии.

Даты наступления абсолютных минимумов водности левобережных притоков и правобережных притоков Дона не согласуются между собой: разброс дат образования абсолютных минимумов водности по месяцам у левобережных притоков более широкий, чем у правобережных притоков. На реках Битюг – с. Мордово, Подгорная – г. Калач в период по 1970 г. в качестве самого раннего месяца фигурирует май в 11 % случаев на р. Битюг и 7 % на р. Подгорная. К этим рекам левобережья Дона с очень ранним истощением водности следует отнести единственную реку из рассмотренных правобережных притоков – Тихую Сосну: в пункте наблюдения у г. Алексеевка в 4 % случаев низкий экстремум водности отмечен в мае. Наиболее часто повторяющимся месяцем, характеризующим самую низкую водность, в одинаковой мере являются август и сентябрь. Для р. Лесной Воронеж таким месяцем стал июль.

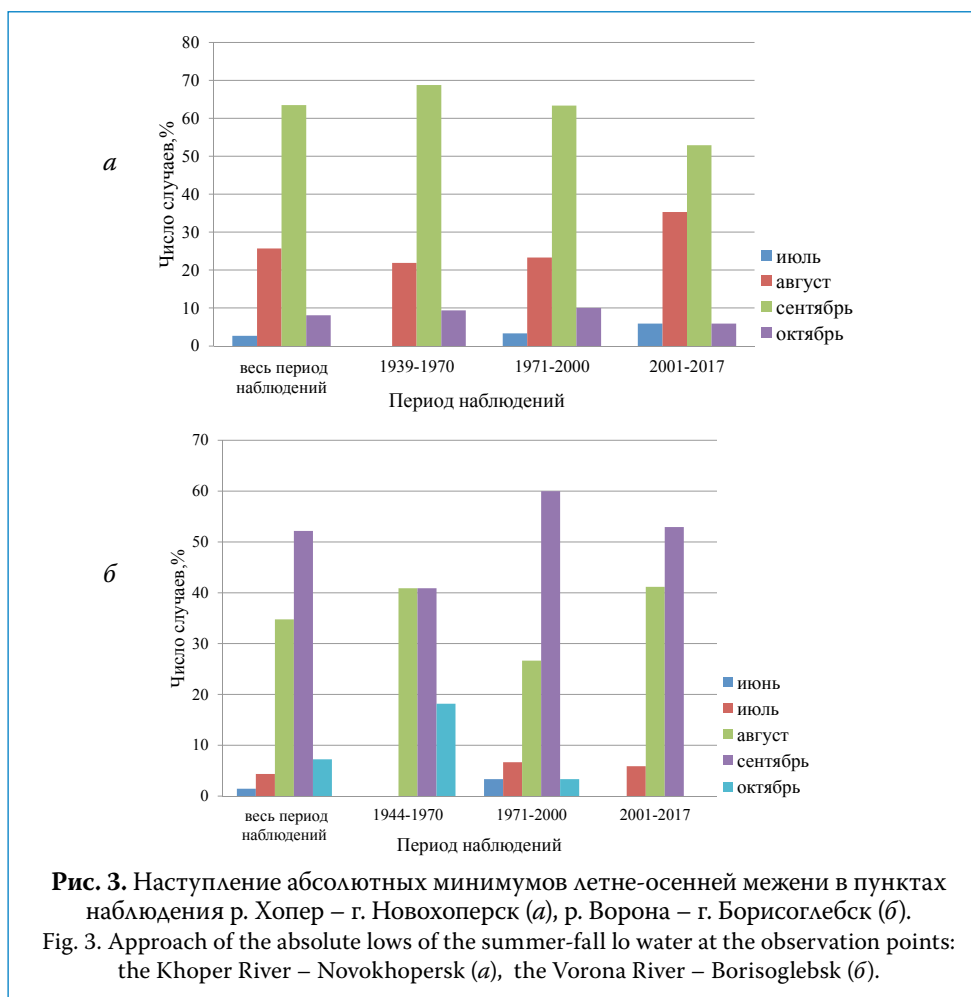
В последующий анализируемый период 1971–2000 гг. на реках Воронеж, Лесной Воронеж, Битюг, Чигла и Подгорная произошло смещение дат наступления абсолютных минимумов водности на месяц раньше (Бобров) или на один-два месяца позже (Липецк, Заворонежская, Калач), или повторился месяц предыдущего периода (Мордово, Первомайский). В качестве самого раннего месяца рассматриваемого события отмечается май (Мордово – 7 %, Калач – 13 %), самого позднего – ноябрь (Крутое – 5 %), во всех остальных пунктах наблюдения – октябрь (Заворонежская, Мордово) и даже сентябрь (Бобров, Первомайский).

В 2001–2017 гг. наиболее часто повторяющимся месяцем при анализе формирования абсолютных минимумов является август. При этом в пунктах Заворонежская, Крутое, Мордово произошла подвижка с сентября на август, в пунктах Бобров, Первомайский – на более поздний месяц с августа на сентябрь, а в пунктах Крутое и Калач повторился август предыдущего периода.

Отдельного рассмотрения требует р. Хопер с притоком Ворона. В верхней части Дона до границы Воронежской области гидрологический режим р. Хопер значительно отличается от режима собственно Дона и притоков Дона. В качестве объектов исследования выбраны р. Хопер с пунктами Поворино и Новохоперск и приток Хопра – р. Ворона с пунктами Чутановка и Борисоглебск, расположенными в Тамбовской и Воронежской областях.

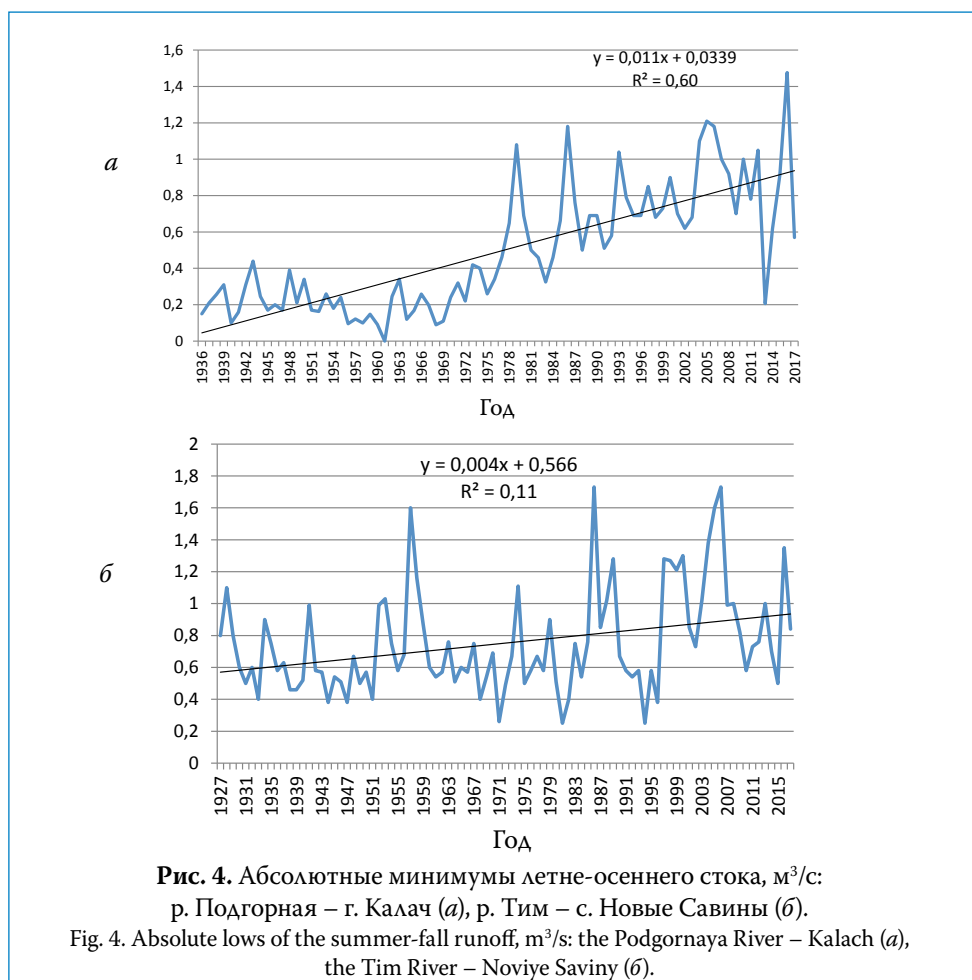
В пунктах наблюдений на реках Хопер и Ворона – г. Борисоглебск во все рассматриваемые периоды (до 1970 г., 1971–2000, 2001–2017 гг.) отмечается сентябрь в качестве приоритетного месяца наступления абсолютного минимума водности (рис. 3). В отдельные годы исключение составляет р. Ворона – с. Чутановка, где месяцем наибольшего истощения нередко выдается август.

Возможно, отсутствующие изменения в датах наступления абсолютных минимумов в бассейне Хопра объясняются слабой реакцией речного сто-



ка на современные климатические процессы. В бассейне Хопра, как и всей остальной части Верхнего Дона, наблюдается уменьшение объема половодья и весеннего стока, сокращение поверхностного питания талыми водами, но доля снегового питания еще достаточно высока и превышает 55–60 % [3, 4]. Во все рассматриваемые периоды отмечается приращение летнего и осеннего стока, что при сокращении весеннего стока частично компенсировало его снижение в годовом объеме.

Современные особенности формирования абсолютных минимумов стока летне-осенней межени, характеризующиеся в большинстве случаев смещением их к датам более раннего месяца по сравнению с предыдущими периодами, очевидно, объясняются изменением водного режима. Главной



причиной более раннего летне-осеннего истощения рек является сокращение объемов снегового половодья, несмотря на удлинение его продолжительности. Аномально низкое половодье 2019 г. сформировало еще более раннее летнее истощение водности рек.

Поверхностное питание в летне-осенний период незначительно, поскольку атмосферные осадки на две трети их объема затрачиваются на испарение. Даже реки, имеющие устойчивое подземное питание, мелеют и обезвоживаются, несмотря на слабую тенденцию увеличения летне-осеннего стока в бассейне Верхнего Дона (рис. 4).

Очевидно, что повышение как среднегодовой, так и сезонной температуры воздуха способствует потере влаги с поверхности водосбора и водного

зеркала, ускоряет снижение водности и смещает даты наступления экстремумов низкой водности.

Календарные подвижки в формировании абсолютных минимумов водности имеют определенные последствия для водопользования и экологического состояния водных объектов. Даже в средние по водности годы в летний сезон возможен дефицит водных ресурсов для водоснабжения предприятий. При более раннем естественном истощении рек разрыв между потребностью в воде и возможностями забора воды из водных объектов может увеличиваться до критического состояния.

С более ранним наступлением абсолютных минимумов воды, сопровождающихся неизбежным сокращением водности, снижается пропускная и самоочищающая способность рек. Если учесть, что практически все названные реки Верхнего Дона задействованы в водохозяйственном механизме и являются не только источниками водоснабжения, но и приемниками сточных вод, то экологическое равновесие в водном объекте нарушается. Объем загрязненных сточных вод, сбрасываемых в реки, достаточно высок. Так, в Воронежской области он достигает 42 % от общего сброса. В этом случае в водном объекте может сформироваться состояние, близкое к кризисному или даже катастрофическому [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе формирования минимумов водности летне-осенней межени в бассейне Верхнего Дона установлено три зоны, отличающиеся по времени наступления абсолютных минимумов (с округлением до месяца) летне-осеннего стока: р. Дон и правобережные притоки Дона; левобережные притоки; р. Хопер с притоками.

В р. Дон и ее правобережных притоках, протекающих в верховье Донского бассейна, наступление абсолютного минимума наблюдается в июле-августе. У левобережных притоков Верхнего Дона приоритетными месяцами наступления абсолютных минимумов водности летне-осенней межени являются август-сентябрь. В речной системе Хопра во все рассматриваемые периоды самая низкая водность формируется в сентябре, за исключением р. Ворона, для которой месяцем наименьшей водности является август.

Наиболее значимые изменения в смещении дат наступления абсолютных минимумов в р. Дон и правобережных притоков произошли в период 1971–2000 гг., эти тенденции закрепились в текущем столетии. В бассейне Хопра наблюдается плавное и постепенное, без резких смещений, наступление абсолютного минимума в пределах календарного месяца.

Изменения в формировании экстремально низкой водности необходимо учитывать при разработке схем водопользования в речном бассейне. В летние

месяцы, особенно напряженные по водопотреблению в сельскохозяйственных отраслях, может возникнуть разрыв между необходимым для надежного водоснабжения количеством воды и фактической водностью вследствие более раннего истощения водного объекта и более продолжительного периода исключительно низкой водности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водные ресурсы России и их использование / под ред. И.А. Шикломанова. СПб: Государственный гидрологический институт, 2008. 600 с.
2. Джамалов Р.Г., Киреева М.Б., Косолапов А.Е., Фролова Н.Л. Водные ресурсы бассейна Дона и их экологическое состояние. М.: ГЕОС, 2017. 205 с.
3. Дмитриева В.А. Водные ресурсы Воронежской области в условиях меняющихся климата и хозяйственной деятельности. Воронеж: Изд. дом ВГУ, 2015. 192 с.
4. Дмитриева В.А., Бучик С.В. Генезис максимумов водности рек и изменчивость водного режима в современный климатический период // Водное хозяйство России. 2016. № 5. 50–62.
5. Попов О.В. Подземное питание рек. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 291 с.
6. Курдов А.Г. Минимальный сток рек (основные закономерности формирования и методы расчета). Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1970. 252 с.
7. Владимиров А.М. Минимальный сток рек. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 214 с.
8. Владимиров А.М. Сток рек в маловодный период. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 296 с.
9. Филиппова И.А. Минимальный сток рек Европейской части России и его оценка в условиях изменения климата: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2014. 27 с.
10. Киреева М.Б., Илич В.П., Фролова Н.Л., Харламов М.А., Сазонов А.А., Михайлюкова В.Г. Вклад климатических и антропогенных факторов в формирование маловодного периода в бассейне р. Дон в 2007–2015 гг. // Геориск. 2017. № 4. С. 18–25.
11. Дмитриева В.А., Бучик С.В. Природные аномалии водности рек Верхнедонского бассейна и их гидроэкологические последствия / Естественные и технические науки. 2019. № 2 (128). С. 153–156.
12. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. Г.1.2. С. 37–72. Режим доступа: http://downloads.igce.ru/publications/OD_2_2014/v2014/html/1.htm (дата обращения: 20.08.2017).
13. Коронкевич Н.И., Зайцева И.С., Китаев Л.М. Негативные гидроэкологические ситуации // Известия РАН. Серия географическая. 1995. № 1. С. 43–53.

Для цитирования: Бучик С.В., Дмитриева В.А. Формирование абсолютных минимумов стока летне-осенней межени в бассейне Верхнего Дона // Водное хозяйство России. 2019. № 6. С. 35–46

Сведения об авторах:

Бучик Светлана Васильевна, начальник отдела инженерно-экологических изысканий, ООО «Центр-Дорсервис», 394026, г. Воронеж, Московский пр., д. 5 а; e-mail: bychik_svetlana@mail.ru

Дмитриева Вера Александровна, д-р геогр. наук, профессор, кафедра природопользования, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО ВГУ), Россия, г. Воронеж, Университетская площадь, 1; e-mail: verba47@list.ru

THE TIMING OF THE ONSET OF LOWS OF THE SUMMER-AUTUMN LOW WATER
IN THE BASIN OF THE UPPER DON

Svetlana V. Buchik¹, Vera A. Dmitrieva²

E-mail: E-mail: sv.buchik@gtt.vrn.ru

¹ LLC «Center-Dorservis», Voronezh, Russia

² Voronezh State University, Voronezh, Russia

Abstract: Considered the timing of the onset (with rounding up to a month) lows of the summer-autumn low water period in the basin of the Upper Don for the periods: from the beginning of the observations in the posts, before 1970, 1971-2000, 2001-2017. Three zones have been identified that differ in generation time of the absolute lows of water flow: the Don itself and the right-bank tributaries of the Don; the left-bank tributaries of the Don; a basin Hoper.

It is established that in the current century the absolute minimums of water flow are formed in the selected zones in July – August, August-September, mainly in September, respectively, which is about a month earlier than the dates observed before 1970. The main shifts in the onset dates of the investigated characteristic occurred in 1971-2000, fixed in the current century. In the Hoper basin, there is greater consistency in the onset of absolute lows of water flow than in the river system of the Upper Don. Despite the increase in the duration of high water and summer-autumn low water, as well as the tendency of increasing water content in the period of low runoff, there is a movement of formation dates of low extrema of water content to the beginning of summer-autumn low water.

The identified nature of the formation of absolute minimum is apparently the result of intra-annual redistribution of the flow and a response to the positive dynamics of air temperature, which directly or indirectly influences the hydrological processes in the river catchment area. Earlier summer depletion of rivers can contribute to increased risks of water use during the summer-autumn low-water period, adversely affect the agricultural sectors focused on the use of water for agricultural water supply, significantly change the quality of water in water bodies and create environmental tensions in the basin.

Key words: the Upper Don, low water, the absolute minimum flow, water use, hydroecological risks.

About the authors:

Svetlana V. Buchik, ООО «Tsentr-Dorservis», Head of the Department of Engineering/ecological Surveys, Moskovskiy Pr., 5, Voronezh, 394018, Russia; e-mail: bychik_svetlana@mail.ru

Vera A. Dmitrieva, Doctor of Geographic Sciences, Professor, Chair of Nature Use, Voronezh State University, Universitetskaya Ploshchad, 1, Voronezh, Russia; e-mail: verba47@list.ru

For citation: Buchik S.V., Dmitrieva V.A. *The Timing of the Onset of Lows of the Summer-Autumn Low Water in the Basin of Upper Don // Water Sector of Russia. 2019. No. 6. P. 35–46.*

REFERENCES

1. Vodnye resursy Rossii i ikh ispol'zovanie [Water resources of Russia and their use] / Red. I.A. Shiklomanov. Saint-Petersburg, GGI. 2008. 600 s. (in Russian)

2. *Dzhamalov R.G., Kireyeva M.B., Kosolapov A.E., Frolova N.L.* Vodnie resursi basseina Dona i ih ekologicheskoe sostoyanie [Water resources of the Don River basin and their ecological status]. Moscow, GEOS, 2017. 205 p.
3. *Dmitrieva V.A.* Vodnie resursi Voronejskoi oblasti v usloviyah menyayuschihsya klimata i hozyaistvennoi deyatel'nosti [Water resources of Voronezh Oblast in the conditions of changing climate and economical activities]. Voronezh, Izdatelskii dom VGU, 2015. 192 p.
4. *Dmitrieva V.A., Buchik S.V.* Genезis maksimumov vodnosti rek i izmenchivost vodnogo rezhima v sovremennii klimaticheskii period [Genesis of the rivers' water content maximums and the water regime variability in contemporary climatic period]. *Vodnoe hozyaistvo Rossii: problems, technologies, management*, 2016. No. 5. Pp. 50–62.
5. *Popov O.V.* Podzemnoe pitanie rek [Underground replenishment of rivers]. L.: Gidrometeoizdat, 1968. 291 p.
6. *Kurdov A.G.* Minimal'nyi stok rek (osnovnie zakonomernosti formirovaniya i metodi rascheta) [Minimal water flow (the main regularities of formation and methods of calculation)]. Voronezh: Izdatel'stvo Voronezh. gos. un-ta, 1970. 252 p.
7. *Vladimirov A.M.* Minimal'nyi stok rek [Minimal water flow]. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 214 p.
8. *Vladimirov A.M.* Stok rek v malovodniy period [River flow during the low-water period]. L.: Gidrometeoizdat, 1976. 296 p.
9. *Filippova I.A.* Minimal'nyi stok rek Evropeiskoi chasti Rossii i ego otsenka v usloviyah izmeneniya klimata [The European part of Russia minimal river flow and its assessment in the conditions of climate change]: avtoref. diss.... kand. geogr. nauk. M., 2014. 27 p.
10. *Kireeva M.B., Ilich V.P., Frolova N.L., Harlamov M.A., Sazonov A.A., Mihailyukova V.G.* Vklad klimaticheskikh i antropogennikh faktorov v formirovanie malovodnogo perioda v basseine r. Don v 2007–2015 gg [Climatic and anthropogenic factors' contribution to the low-water period formation in the Don River basin in 2007–2015]. *Georisk*, 2017. Pp. 18–25.
11. *Dmitrieva V.A., Buchik S.V.* Prirodnie anomalii vodnosti rek Verkhnedonskogo basseina i ikh gidroekologicheskie posledstviya [The natural river content anomalies in the Upper Don basin and their hydro/ecological consequences] / *Estestvennie i tehnikheskie nauki*. 2019. No 2 (128). Pp. 153–156.
12. Vtoroi otsynochnii doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territoriyi Rossiiskoi Federatsiyi [The second estimation report on the climate changes and their consequences on the territory of the Russian Federation. M., Rosgidromet, 2014. G.1.2 Pp. 37–72 Dostupno po ssylke: http://downloads.igce.ru/publications/OD_2_2014/v2014/htm/1.htm (data obrashcheniya: 20.08.2017).
13. *Koronkevich N.I., Zaiceva I.S., Kitaev L.M.* Negativnie gidroekologicheskie situatsiyi [Negative hydro/ecological situations] / *Izvestiya RAN*, 1995. № 1. Pp. 43–53.