УДК 556.5 (470.32) DOI: 10.34753/HS.2023.5.3.278

ЭКОЛОГО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РИСКИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ КЛИМАТА И ВОДНОГО РЕЖИМА

В.А. Дмитриева, С. Хатунгимана

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Россия

verba47@list.ru

Аннотация. На примере областей Центрального Черноземья рассмотрены основные черты водного режима рек, формирующегося вследствие климатических изменений, и связанные с ними потенциальные эколого-хозяйственные риски водопользования. Для региона с выраженными аграрной и промышленной составляющими в экономике гидроэкологическое состояние рек и искусственных водоемов, как источников водоснабжения, является актуальной. Цель настоящего исследования – анализ трансформации водности речных потоков Центрального Черноземья и потенциально возможных рисков водопользования в условиях меняющихся природно-климатических условий. Исходная база данных сформирована на основе открытых и доступных источников гидрометеорологической и водохозяйственной информации. Обработка материалов производилась традиционными методами гидрометеорологической статистики, гидрологической аналогии, графической интерпретации результатов. Установлено, что в первом десятилетии текущего века в водопользовании сохранялись тенденции сокращения объемов потребления воды. В качестве примера рассмотрены объемы забора свежей воды. Во втором десятилетии количественное изъятие вод стабилизировалось. На реках наблюдается активная трансформация водности. В водном

ECOLOGICAL AND ECONOMIC RISKS OF WATER USE UNDER CONDITIONS OF CLIMATE TRANSFORMATION AND WATER REGIME

Vera A. Dmitrieva, Silas Hatungimana

Federal State Budgetary Educational Institution "Voronezh State University", Voronezh, Russia

verba47@list.ru

Abstract. Using the example of the regions of the Central Black Earth Region, the main features of the water regime of rivers formed as a result of climate change and the associated potential environmental and economic risks of water use are considered. For a region with pronounced agricultural and industrial components in the economy, the hydroecological state of rivers and artificial reservoirs as sources of water supply is relevant. The purpose of this study is to analyze the transformation of water content of river flows in the Central Black Earth Region and the potential risks of water use under changing natural and climatic conditions. The initial database was formed on the basis of open and accessible sources of hydrometeorological and water management information. The materials were processed using traditional methods of hydrometeorological statistics, hydrological analogy, and graphic interpretation of the results. It has been established that in the first decade of the current century, trends in water use continued to reduce the volume of water consumption. As an example, the volumes of fresh water intake are considered. In the second decade, the quantitative withdrawal of water stabilized. There is an active transformation of water content on the rivers. In the water regime, a decrease in runoff volumes and flood maximums, an increase in winter runoff and summer-autumn low water were noted. A special feature of the water regime is the formation of abnormally high rain floods in 2016 and 2022. The changes are associated with climate fluctuations. In the

Dmitrieva V.A., Hatungimana S. Ecological and economic risks of water use under conditions of climate transformation and water regime. *Hydrosphere. Hazard processes and phenomena*, 2023, vol. 5, iss. 3, pp. 278–290. (In Russian; abstract in English). DOI: 10.34753/HS.2023.5.3.278.

режиме отмечены уменьшение объемов стока и максимумов половодья, увеличение зимнего стока и летне-осенней межени. Особая черта водного режима – образование аномально высоких дождевых паводков в 2016 и 2022 гг. Изменения связаны с климатическими флуктуациями. В исключительно маловодном 2020 г. зафиксирован максимальный расход воды половодья величиной 211 м^3/с, что в 53 раза меньше исторического максимума 1888 г., равного 11200 м^3/с. Одна из причин низких половодий – состояние почвы накануне снеготаяния, ее влагосодержание и глубина промерзания. Маловодье текущих лет чревато эколого-хозяйственными рисками, связанными как с недостатком воды в дефицитные сезоны водопотребления, например, в сельскохозяйственной отрасли летом 2020 г., так и заполнением малых искусственных водоемов, играющих важную роль в сельскохозяйственном водопользовании. При сокращении объемов стока половодья угнетается экологическая функция водного потока, его разбавляющая способность.

Ключевые слова: Центральное Черноземье; реки; водный режим; климат; водопользование; эколого-хозяйственные риски.

exceptionally low-water year 2020, the maximum flood water flow of 211 m^3/s was recorded, which is 53 times less than the historical maximum of 1888, equal to 11200 m^3/s. One of the reasons for low floods is the condition of the soil on the eve of snowmelt, its moisture content and freezing depth. The lack of water in the current years is fraught with environmental and economic risks associated both with a lack of water during scarce seasons of water consumption, for example, in the agricultural industry in the summer of 2020, and with the filling of small artificial reservoirs that play an important role in agricultural water use. When the volume of flood flow is reduced, the ecological function of the water flow and its diluting ability are inhibited.

Keywords: Central Black Earth Region; rivers; water regime; climate; water use; ecological and economic risks.

Введение

Востребованность воды в секторах экономики областей Центрального Черноземья остается достаточно высокой, несмотря на снижение объемов водопотребления в связи с кризисными явлениями в экономике перестроечных лет. Аграрная, промышленная, коммунально-бытовая отрасли экономики региона нуждаются в своевременной подаче воды в необходимом объеме и надлежащего качества. Для водоснабжения используются как поверхностные, так и подземные запасы. При этом питьевое водоснабжение осуществляется исключительно из подземной гидросферы, а промышленное и сельскохозяйственное водоснабжение комбинированно. Соотношение забора воды из поверхностных водных объектов и подземных водоносных горизонтов по годам не постоянно и зависит от объемов водопотребления отраслей экономики, территориальной природной водообеспеченности, метеорологических условий и водности конкретного года. Традиционно связанное с погодными условиями овощеводство практически полностью перешло на тепличное выращивание культур, но потребности сельского хозяйства в воде остаются высокими. Эффективность водопользования и потенциальные эколого-хозяйственные риски находятся в тесной зависимости от состояния водных объектов, прежде всего, от объемов заключенной в них воды и ее качества. Успешность и надежность функционирования отраслей экономики определяют не только общие запасы воды в руслах рек, но и равномерность или неравномерность объемов речного стока,

протекающих в главной реке и ее притоках в течение года и многолетнем периоде.

Речной сток – мера водных ресурсов – определяется комплексом факторов окружающей среды и хозяйственной деятельности в руслах рек и на водосборах, среди которых природно-климатические играют ведущую роль. В настоящее время климат планеты отличается высоким динамизмом. Его планетарные колебания вызывают реактивные изменения в северном и южном полушариях, захватывая крупные территории, в том числе в России. Масштабность современных климатических изменений и глубина ожидаемых последствий вызывают озабоченность о будущем человечества и на государственном уровне нашли отражение в ряде документов: «Климатической доктрине Российской Федерации»[1], «Стратегии экологической безопасности России до 2025 г.»[2], «Плане мероприятий по реализации Стратегии экологической безопасности России до 2025 г.»[3] и других. Они направлены на смягчение возможных отрицательных региональных проявлений климатических вызовов [Бедрицкий, и др., 2019]. Повышение температуры воздуха в Центральном Черноземье, опережающее по темпам средние показатели для европейской части России [Третий оценочный…, 2022; Дмитриева, Сушков, Закусилов, 2022; Дмитриева, Сушков, 2023], требует необходимости рассмотрения динамики водных ресурсов и возможных рисков в региональном водопользовании как ответной реакции на природно-климатические изменения.

Цель настоящего исследования – анализ трансформации водности речных потоков Центрального Черноземья и потенциально возможных рисков водопользования в условиях меняющихся природно-климатических условий.

Методы и материалы

Исходная база данных включает материалы сетевых метеорологических и гидрологических наблюдений на водных объектах и метеоплощадках областей Центрального Черноземья (метеорологичсекие станции Нижнедевицк, Воронеж, Каменная Степь, Борисоглебск, Анна, Лиски, Калач, Павловск, Богучар, Липецк, Тамбов, Курск; гидрологические посты р. Дон – г. Задонск, р. Сосна – г. Елец, р. Дон – г. Лиски, р. Воронеж – г. Липецк-2, р. Хопер – г. Поворино, р. Савала – г . Жердевка и другие). Период наблюдений для большинства стационарных пунктов исчисляется с 1920-х гг. по 2022 г. включительно. Ряды наблюдений проверены на однородность, для чего использованы суммарные интегральные кривые. Пропуски в наблюдениях, приходящиеся исключительно на годы Великой Отечественной войны, восстановлены методом гидрологической аналогии. Объемы годового и сезонного стока (весны, лета и осени) рассчитаны за календарные сроки, а зимнего – за декабрь предыдущего – февраль последующего года без временного разрыва. Обработка материалов и графические построения выполнены с использованием программ MS Excel, Statistica, Hydrostatcalc. Полученные результаты представлены в графической интерпретации.

[1] Климатическая доктрина Российской Федерации (утв. распоряжением Президента РФ от 17 декабря 2009 г. N 861-рп). – URL: http://www.kremlin.ru/acts/news/6365 (дата обращения: 09.04.2021) Klimaticheskaya doktrina Rossiyskoy Federacii (utv. rasporyazheniem Prezidenta RF ot 17 dekabrya 2009 g. N 861-rp). – URL: http:www.kremlin.ru.acts.ews.6365 (data obrashcheniya: 09.04.2021)

[2] Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года (утв. указом Президента РФ от 19.04.2017 N 176). – URL: https://docs.cntd.ru/document/420396664 (дата обращения: 09.04.2023) Strategiya ekologicheskoy bezopasnosti Rossiyskoy Federacii na period do 2025 goda (utv. ukazom Prezidenta RF ot 19.04.2017 N 176). – URL: https: docs.cntd.ru.document.420396664 (data obrashcheniya: 09.04.2023)

[3] План мероприятий по реализации Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 мая 2019 г. N 1124-р). – URL: http://government.ru/docs/36912/ (дата обращения: 09.04.2023) Plan meropriyatiy po realizacii Strategii ekologicheskoy bezopasnosti Rossiyskoy Federacii na period do 2025 goda (utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federacii ot 29 maya 2019 g. N 1124-r). URL: http: government.ru.docs.36912. (data obrashcheniya: 09.04.2023)

Результаты и обсуждение

Водопользование, согласно Водному кодексу Российской Федерации[1], определяется как процесс использования водных ресурсов с целью удовлетворения потребностей населения и общественного хозяйства. Оно может осуществляться с изъятием воды из водного объекта (для нужд промышленности, сельского хозяйства, хозяйственно-питьевого водоснабжения) либо без изъятия (деятельность водного транспорта, рыбоводства, гидроэнергетики и других отраслей). В Центральном Черноземье ресурсы рек и искусственных водоемов используются в качестве источников водоснабжения и одновременно приемников сточных вод.

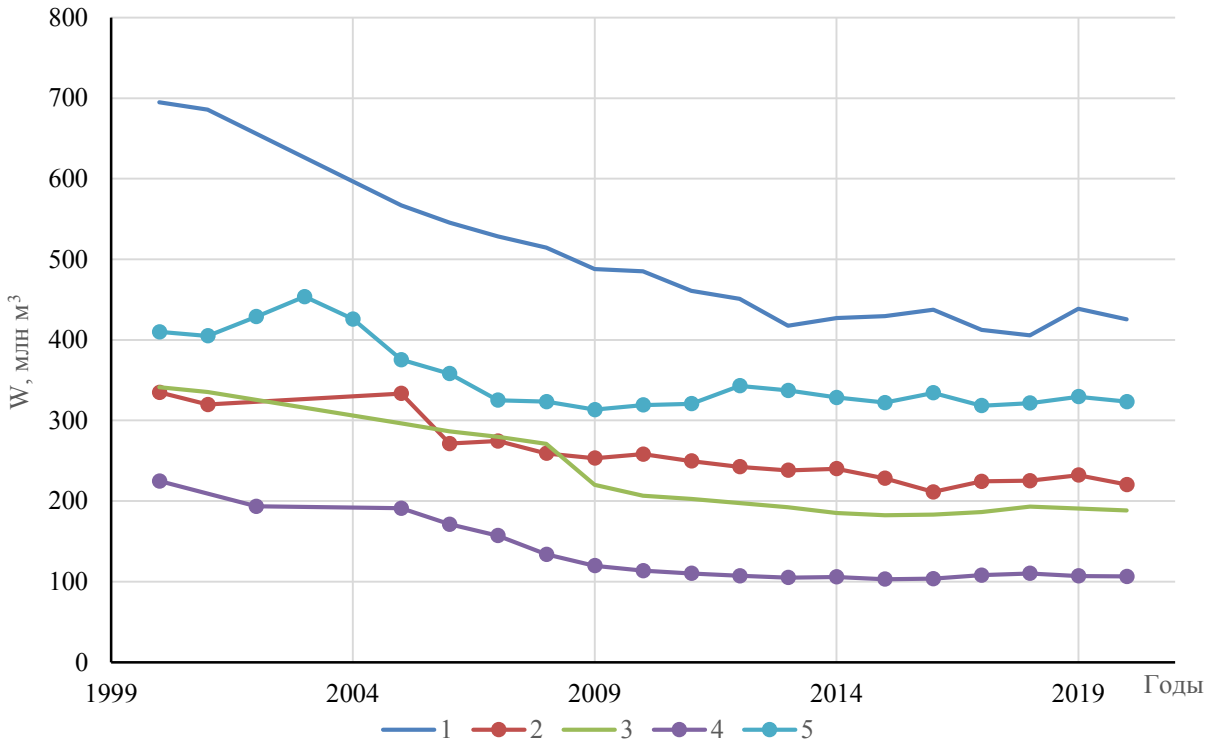

Рисунок 1. Объемы забора свежей воды W из водных объектов по областям Центрального Черноземья (1 – Воронежская область, 2 – Курская область, 3 – Липецкая область, 4 – Тамбовская область, 5 – Белгородская область) за период 2000–2020 гг. [Водный кадастр…, 2020], ЕМИСС[2]

Figure 1. Volumes of fresh water withdrawal W from water sources in the regions of the CDR (1 – Voronezh region, 2 – Kursk region, 3 – Lipetsk region, 4 – Tambov Region, 5 – Belgorod region) for the period 2000–2020. [Water Cadastre. Water Resources...., 2020]; EMISS[2]

Объемы забора воды из поверхностных водных объектов, преимущественно речных потоков, и подземных водозаборов определяются водностью года и маловодного периода, распределением речного стока по сезонам, объемами стока половодья и межени, фактическими потребностями в воде и необходимостью сохранения экологической безопасности забора воды без нанесения ущерба гидроэкосистеме водного объекта. Заборы свежей воды из водных объектов не нарушают природное равновесие и баланс веществ до тех пор, пока в водных объектах остается гарантированный для их нормального функционирования объем воды.

[1] Водный кодекс Российской Федерации с изменениями и дополнениями на 2023 г. Изд-во «ЭКСМО», 2023. 64 с. Vodnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii s izmeneniyami i dopolneniyami na 2023 g. [The Water Code of the Russian Federation with amendments and additions as of 2023]. EKSMO, 2023. 64 p.

[2] Государственная статистика. ЕМИСС Государственная статистика. *ЕМИСС*. – URL: https:www.fedstat.ru/indicator/38136/ (дата обращения: 25.10.2023)
Gosudarstvennaya statistika. EMISS [State statistics.EMISS]. – URL: https:www.fedstat.ru/indicator.38136 (25.10.2023 (In Russian)

Изъятие воды для использования на рубеже веков продолжало сокращаться, что было связано с кризисными явлениями в экономике России в целом, и в бассейне Дона в частности [Демин, 2020]. Впоследствии (в 2014–2020 гг.) в регионе изъятие воды стабилизировалось (рисунок 1).

Из областей Центрального Черноземья наиболее значительные объемы забора свежей воды на протяжении всех рассматриваемых лет осуществляются в Воронежской области. В 2000 г. они составляли 709,4 млн м^3, а в 2021 г. – 425 млн м^3. Минимальный объем водозабора был в 2018 г. – 405,5 млн м^3, но в 2013–2020 гг. объемы отбора воды стабилизировались на минимальных значениях. Наименьшие по объему изъятия вод имеют место в Тамбовской области, а стабилизация водозаборов на минимальных объемах сложилась в 2010–2020 гг. Водопользование и, в частности, заборы воды как важная часть водохозяйственных отношений, отражает специфику функционирования отраслевых водопотребителей в регионах с одной стороны, а с другой – координируется ресурсными возможностями водных объектов, которые формируются в условиях высокого динамизма климата текущего столетия и маловодья, охватившего реки региона (например, р. Дон и ее притоки начиная с 2007 г.[Дмитриева, 2015; Джамалов и др., 2017]).

Годовые и сезонные температуры воздуха растут стремительно, особенно в первом десятилетии текущего века [Дмитриева, Сушков, 2023], согласуясь с ходом на европейской части России [Третий оценочный…, 2022]. Рост температуры воздуха на региональном уровне составляет 0,05 °С/год и сопоставим со средним значением по европейской части России, равным 0,51 °С за каждое десятилетие 1976–2020 гг.

На территории Центрального Черноземного региона (ЦЧР) температурный скачок образовался в первом десятилетии текущего века, которое стало самым теплым, что хорошо иллюстрируется графиком средних за десятилетия температур воздуха по метеостанции Павловск Воронежской области (рисунок 2).

В последующие годы температура продолжала расти, но скачкообразно. Подобная динамика температуры воздуха характерна для всех областей региона, а ее повышение наиболее выраженно проявляется в Белгородской области. Температурные изменения вызывают количественный и качественный отклик в состоянии водной среды. С позиции водопользования прежде всего важны объемы воды, возможные для перспективного изъятия, особенно в маловодные годы и дефицитные по водности сезоны года, с одной стороны, а с другой – достаточные для разбавления сточных вод. Трансформация речных водных ресурсов в ответ на климатические вызовы проявляется в уменьшении объемов весеннего снегового половодья, увеличении зимнего стока и незначительном росте летне-осеннего стока. Наибольший расход воды весеннего половодья по данным реперного гидропоста р. Дон – г. Лиски в текущем столетии зафиксирован в 2003 г. и равен 2380 м^3/с. В сравнении с историческим максимумом, измеренным в 1888 г. со значением 11200 м^3/с, он оказался меньше в 4,7 раза. В последующие после 2003 годы максимальные расходы приближались к этой величине лишь в 2010 (1800 м^3/с) и 2013 (1950 м^3/с) гг. Второе десятилетие завершилось исторически низким половодьем 2020 года с катастрофически малым максимальным расходом – 211 м^3/с. Сформировалась историческая гидрологическая аномалия исключительно низкого половодья, которая обусловлена изменившимся генезисом вследствие климатических вариаций. Так, в зиму 2019–2020 гг. на метеостанции Лиски высота снежного покрова к началу февраля составляла 49 см, что выше нормы, а запас воды в снеге 113 мм, что почти в 4 раза выше нормы. Но глубина промерзания почвы составила 27 см, что ниже нормы в 3,5 раза. Низкое промерзание почвы стало первопричиной формирования нетипичного снегового половодья.

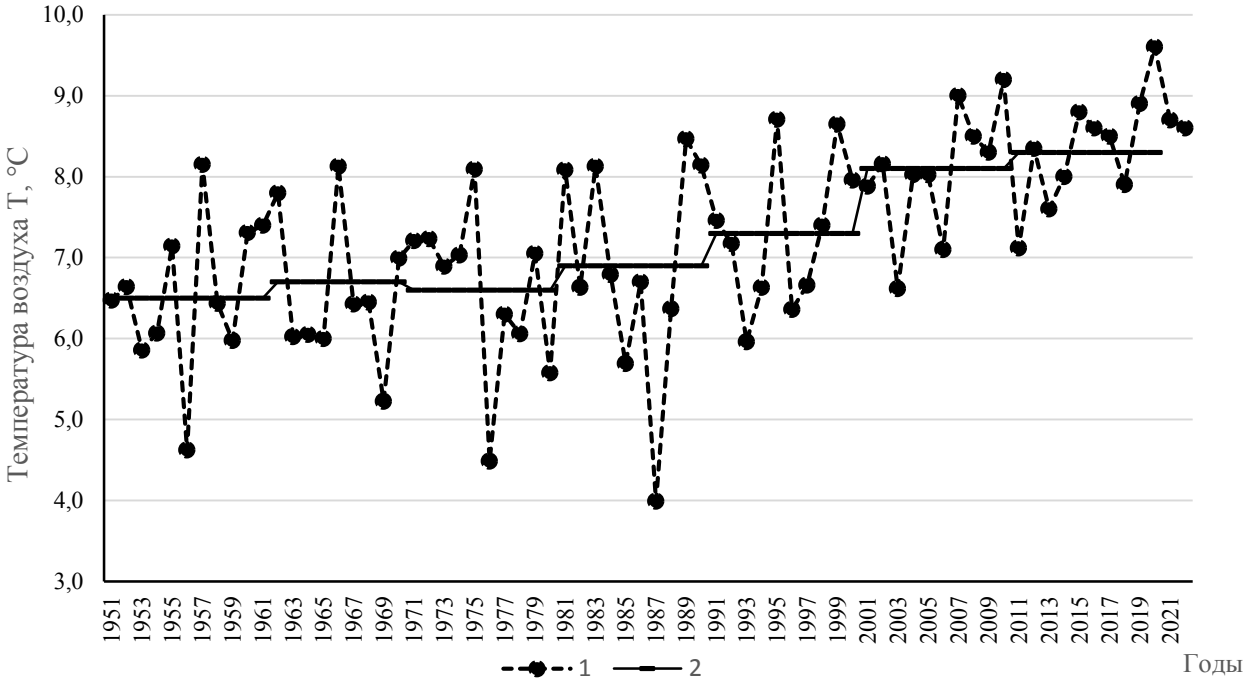

Рисунок 2. Динамика среднегодовой (1) и средней по десятилетиям (2) температуры воздуха по метеостанции Павловск Воронежской области за 1949–2022 гг.

Figure 2. Dynamics of annual (1) and decadal average (2) air temperature at Pavlovsk meteorological station in Voronezh region for years 1949–2022

В связи с этим в многолетней динамике водных ресурсов отмечаются как периоды повышенной, так и периоды пониженной водности. В исследованиях водного режима рек Донского, Днепровского и Волжского бассейнов в пределах Центрального Черноземья указывается на глубокие и разнонаправленные тенденции в фазах водного режима [Дмитриева, 2020; Кумани, Шульгина, Киселев, 2021; Буковский, Чернова, 2018; Джамалов и др., 2017]. Они подтверждают изменения, характерные для европейской части России [Магрицкий, Евстигнеев, Юмина, 2018; Юмина, Магрицкий, 2023; Сивохип, Павлейчик, Чибилев, 2019; Коронкевич, Георгиади, Ясинский, 2018]. При этом годовые водные ресурсы либо меняются незначительно (Верхний Дон), либо уменьшаются (Нижний Дон), но в целом речной сток российских рек увеличивается [Водные ресурсы…, 2008; Дмитриева, 2020; Дмитриева, Бучик, 2023; Научно-прикладной справочник…, 2021].

Однако внутри года, по сезонам и периодам, объемы стока изменяются весьма существенно. Во внутригодовом распределении речного стока, а, следовательно, и водных ресурсов происходит выравнивание внутрисезонных различий, что имеет свои позитивные и негативные стороны для водопользования и возникновения эколого-водохозяйственных рисков [Дмитриева, 2015; 2020]. При сокращении объемов стока половодья, пока еще составляющего основную часть годового стока для большинства рек региона, снижается экологическая функция водного потока, прежде всего разбавляющая.

Сезонный сток в средний по водности год в бассейнах рек Центрального Черноземья в конце 1980-х гг. характеризовался следующими долями в процентах от годового стока: весна – 69 %, лето – 10 %, осень – 10 %, зима – 11 % [Дмитриева, 2015]. Распределение объемов стока по сезонам маловодного периода было примерно одинаковым. Но в верховье Дона, до впадения р. Сосны, соотношение сезонного стока было иным, чем в среднем по бассейнам Днепра, Волги, Дона в пределах Центрального Черноземья. Верховье Дона с впадающими притоками Красивая Меча, Тим, Олым, Труды, характеризуется обильным грунтовым питанием

за счет многочисленных выходов подземных источников на их водосборах. Доля подземного питания доходит до 40 %. Для среднего по водности года на весну, лето, осень и зиму приходилось соответственно 60, 15, 13, 12 % от годового стока.

Современные объемы сезонного стока перераспределились и увеличились в пользу зимнего стока на 1,6–10,2 %, летнего – 2,4–20,9 % и осеннего – 3,4–16,0 % по данным наблюдений до 2012 г. включительно [Дмитриева, 2015]. Как следует из сказанного, строгой закономерности в приращении сезонного и меженного стока не наблюдается.

Устойчивая межень с низкими расходами и уровнями воды устанавливается к началу июня. Минимальные расходы воды летне-осенней межени на большинстве рек в 20–30 раз меньше максимальных расходов весеннего половодья вследствие малой аккумуляции грунтовой воды в почво-грунтах водосборов. Сравнительно низкая летне-осенняя межень изредка нарушается дождевыми паводками, чаще приуроченным к осенним и зимним месяцам.

Ранее осенние дождевые паводки были не ежегодными, непродолжительными, и сток от них составлял в объеме питания рек не более 5 %. В 2016 и 2022 гг. образовались такие мощные дождевые паводки, по времени приуроченные к весне-лету (2016 г., рисунок 3а) и осени-зиме (2022 г. рисунок 3б), что они поменяли классическое представление о восточно-европейском типе водного режима рек.

Зимние паводки и подъемы уровней вызываются оттепелями, чаще наблюдающимися во второй половине зимы, в феврале. В современный климатический период зимние паводки вследствие февральских оттепелей стали характерным явлением. В Белгородской области на реках Тихая Сосна, Черная Калитва, Везелка и других сплошной ледяной покров почти не образуется. Ледовый режим характеризуется временными ледовыми явлениями, в частности, заберегами, ледоходом. Увеличивается продолжительность безморозного и безледного периода. Возрастает доля жидких осадков в годовом количестве. Соответственно возрастает и вероятность формирования продолжительных дождевых паводков. Главным источником образования дождевых паводков являются интенсивные, ливневого или длительные обложного характера жидкие атмосферные осадки. Последние и стали фактором аномальных дождевых паводков на реках Битюг и Дон, гидрографы по которым приводятся нами в качестве иллюстрации к сказанному (рисунки 3а и 3б).

Как следует из совмещенного анализа среднесуточных расходов воды и месячных сумм осадков, в 2016 г. (рисунки 3а и 3в) сформировался дождевой паводок, который по максимальному значению в 1,5 раза превысил наибольший расход воды снегового половодья. Формирование аномального паводка обязано обильным осадкам, в 4,5 раза превысившим месячную норму. Продолжительность их выпадения была также рекордно большой – почти 4 месяца непрерывных дождей. Поскольку дожди начались на спаде половодья и приняли затяжной характер, то в результате паводок наложился на основную волну спада половодья, и процесс принял сложный, атипичный снего-дождевой характер, длившийся 183 суток. С позиции водопользования увеличение водности в весенний и летний сезон благоприятно для отраслей, ориентированных на забор и сброс воды в водные источники.

Осенью 2022 г. на реках Донского бассейна (рисунки 3б и 3г) сложилась неординарная гидрологическая ситуация. В осенне-зимний период сформировался дождевой паводок в результате мощных осенних осадков. Максимум количества осадков пришелся на сентябрь, но и в последующие месяцы до конца года их величина превышала многолетнюю норму. В результате 19 декабря сформировался пик дождевого паводка, в 1,6 раза превысивший снеговой максимум. Большие осадки переувлажнили почву, создали угрозу выполнению сельскохозяйственных работ по уборке сахарной свеклы, кукурузы, подсолнечника. В почве было так много влаги, что ее перенасыщение благоприятно сказалось на ходе весеннего половодья 2023 г., которое при средних снегозапасах и запасах воды в снеге оказалось выше среднего уровня последних лет.

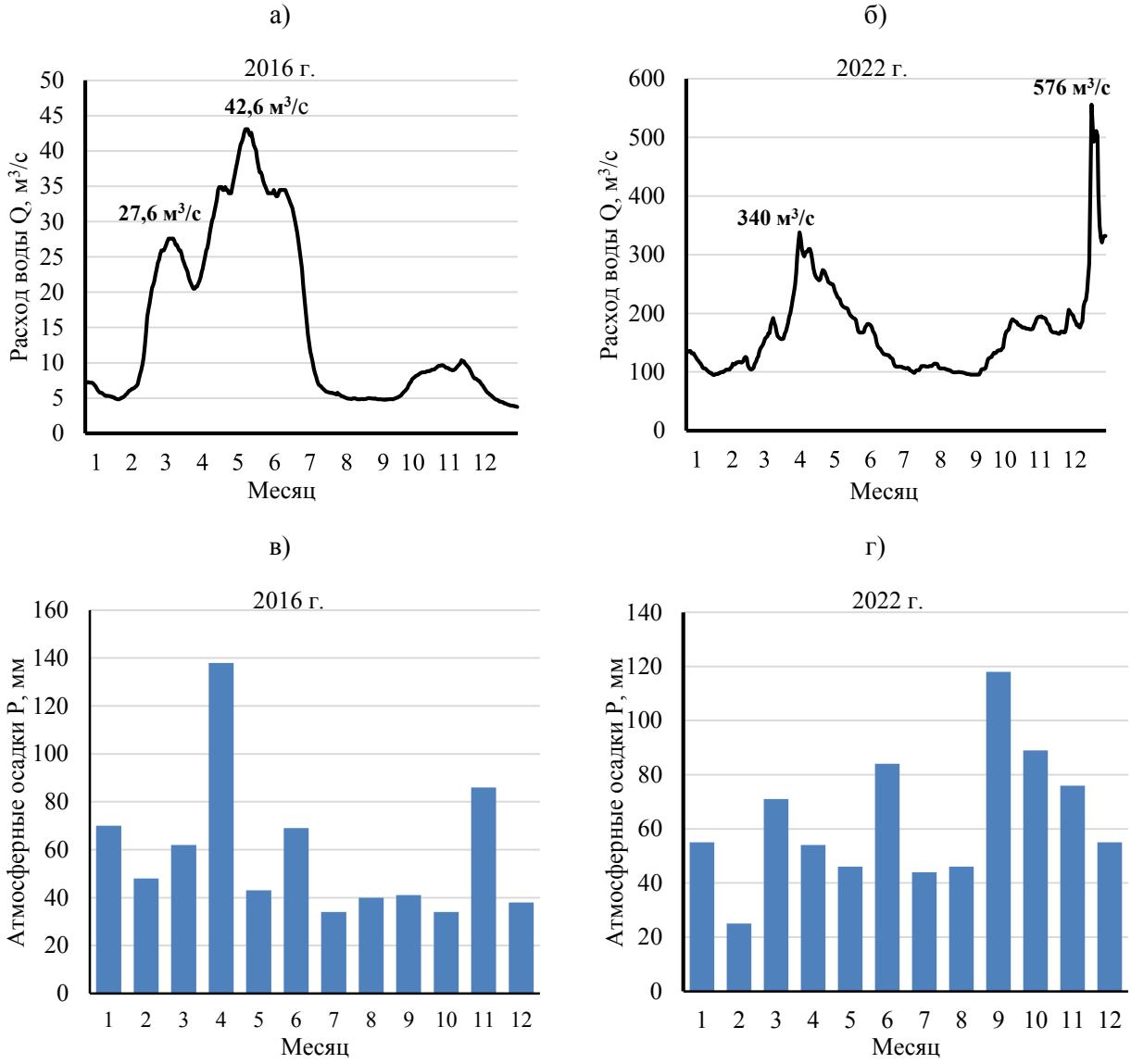

Рисунок 3. Совмещенные графики ежедневных расходов воды по гидропостам р. Битюг – г. Бобров (а) и р. Дон – г. Лиски (б) и среднемесячных сумм осадков по метеостанциям Анна (в) и Лиски (г)
Figure 3: Combined graphs of daily water discharge by gauging stations the Bityug river – Bobrov city (a), the Don river– Liski city (b) and average monthly precipitation at meteorological stations Anna (c) and Liski (d)

Рассмотренные гидрологические аномалии паводков стали возможны благодаря современным климатическим процессам. Очевидно, что при дальнейшем потеплении климата подобные аномалии могут стать вполне обычными.

Приведенные нетипичные гидрологические ситуации происходят на фоне маловодья в бассейне Дона, отмечаемого исследователями гидрологического режима донских рек [Джамалов и др., 2017; Дмитриева, 2020; Дмитриева, Бучик, 2019; 2023]. Данный факт настораживает водопользователей, поскольку нехватка воды чревата отрицательными последствиями для экономики. В бассейне Верхнего Дона 2020 г. отмечен историческим минимумом водности. Максимальный расход половодья р. Дон – г. Лиски (реперный гидропост) едва достиг значения 211 м^3/с, что в 53 раза меньше исторически самого высокого, равного 11200 м^3/с, измеренного в 1888 г. Водные ресурсы в областях Центрального Черноземья оказались исключительно низкими, что создало напряженную водохозяйственную обстановку и

стало причиной увеличения гидроэкологических рисков водопользования. Из-за очень низкой водности в Курской области в 2020 г. создалась тяжелая ситуация с водообеспечением из поверхностных водных объектов. Доля объема водозабора по областям варьировала в диапазоне 1,6–7,2 % от объема водных ресурсов данного года (таблица).

Таблица. Соотношение объема водозабора и водных ресурсов в 2020 г. [составлено и рассчитано по материалам Водный кадастр. Ресурсы поверхностных…, 2021]
Table. Ratio of water withdrawal volume and water resources in year 2020 [compiled and calculated from Water Cadastre. Surface resources..., 2021]

Область	Водные ресурсы, км^3/год		Объем забора в 2020 г.	
	средние многолетние	2020 г.	км^3	% от объема водных ресурсов
Белгородская	2,7	1,6	0,039	2,4
Воронежская	13,6	7,0	0,230	3,2
Курская	3,9	1,6	0,116	7,2
Липецкая	6,3	3,7	0,058	1,6
Тамбовская	4,1	2,8	0,115	4,1

Маловодье 2020 г. глубоко не сказалось на работе отраслевых водопотребителей. Недостающие объемы скомпенсированы за счет водоотбора из подземной гидросферы. Вместе с этим многочисленные пруды сельскохозяйственного, рыбоводного, рекреационного и комплексного назначения остались без заполнения их талой снеговой водой и стали сухими даже в районах, в которых они никогда не пересыхали за весь период их существования (например, в Нижнедевицком Воронежской области). Подобные сложности с заполнением прудов отмечались и в 2002, 2011, 2014 гг. с низкой водностью. При этом сельскохозяйственная отрасль в 2020 г. испытывала острый недостаток водных ресурсов в вегетационный период.

Заключение

По результатам настоящего исследования сделаем следующие выводы. Региональное повышение температуры воздуха способствует трансформации генезиса половодья и межени, водного режима рек. В связи с уменьшением объемов речного стока половодья и продолжающейся фазы маловодья, длящейся с 2007 г., создаются предпосылки, а в отдельные годы (например, 2020 г.), фактическая угроза гарантированному водообеспечению поверхностными водами. В исключительно маловодный 2020 г. объем забора воды за год по административным областям варьировал в диапазоне 1,6 (Липецкая область) – 4,1 % (Тамбовская область) от годовых водных ресурсов. В сельскохозяйственной отрасли создалась напряженность с водообеспечением.

Снижение водности половодья ведет к ослаблению разбавляющей функции водного потока и ухудшению качества воды вследствие поступления загрязненных сточных вод. Уменьшение ассимилирующей способности потока создает эколого-хозяйственные риски водопользования отраслевым экономикам региона. Предотвращение негативных последствий трансформации водных ресурсов видится в принятии превентивных мер, направленных на дальнейшую разработку и внедрение водосберегающих технологий и увеличение вариантов перехода на замкнутые циклы водоснабжения в промышленном производстве, снижении объемов сточных вод с загрязнением выше разбавляющей способности потока, сокращении потерь при транспортировке воды к потребителю.

Литература

Бедрицкий А.И., Куролап С.А., Вильфанд Р.М., Дмитриева В.А. Стратегические направления обеспечения экологической и гидрометеорологической безопасности России в условиях современных климатических изменений // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2019. №4. С. 5–14. DOI: 10.17308/geo.2019.4/2706.

Буковский М.Е., Чернова М.А. Оценка изменения летнего стока рек Донского бассейна на территории Тамбовской области за последние полвека // Экология речных бассейнов: труды IX Международной научно-практической конференции. 2018. С. 33–39.

Водные ресурсы России и их использование: монография / Ред. И.А. Шикломанов. СПб.: Гос. гидрол. ин-т.. 2008. 600 с.

Водный кадастр Российской Федерации. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Ежегодное издание. 2020 год. 153 с. URL: ttp://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/vodnye_resursy_2020.pdf (дата обращения: 25.10.2023).

Демин А.П. Водообеспечение населения и объектов экономики в бассейне реки Дон: современное состояние и проблемы // Водные ресурсы. 2020. Т.47 (6). С. 767–778. DOI: 10.31857/S0321059620060048.

Джамалов Р.Г., Киреева М.Б., Косолапов А.Е., Фролова Н.Л. Водные ресурсы бассейна Дона и их экологические состояние: монография. М.: ГЕОС, 2017. 204 с.

Дмитриева В.А. Водные ресурсы Воронежской области в условиях меняющихся климата и хозяйственной деятельности. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2015. 192 с.

Дмитриева В. А. Современные изменения водного режима и морфометрии рек Верхнедонского бассейна // Известия Российской академии наук, Сер. географическая. 2020. №1. С. 103–113. DOI: 10.31857/S2587556620010070

References

Bedrickiy A.I., Kurolap S.A., Vil'fand R.M., Dmitrieva V.A. Strategicheskie napravleniya obespecheniya ekologicheskoy i gidrometeorologicheskoy bezopasnosti Rossii v usloviyah sovremennyh klimaticheskih izmeneniy [Strategic Directions for Ensuring Environmental and Hydrometeorological Safety in Russia amid Modern Climate Change]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya [Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology]*, 2019, no. 4, pp. 5–14. DOI: 10.17308/geo.2019.4/2706 (In Russian).

Bukovskiy M.E., Chernova M.A. Ocenka izmeneniya letnego stoka rek Donskogo basseyna na territorii Tambovskoy oblasti za poslednie polveka [Assessment of the Summer Runoff Changes of the Don River Basin Rivers in the Tambov Region over the Last Half a Century]. *Ekologiya rechnyh basseynov: trudy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii [Ecology of River Basins: Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference]*, 2018, pp. 33–39. (In Russian).

Vodnye resursy Rossii i ih ispol'zovanie: monografiya [Water resources of Russia and their utilization: monograph]. 2008. Red. I.A. SHiklomanov, SPb.: Gos. gidrol. in-t. 600 p. (In Russian).

Vodnyy kadastr Rossiyskoy Federacii. Resursy poverhnostnyh i podzemnyh vod, ih ispol'zovanie i kachestvo. Ezhegodnoe izdanie. 2020 god. [Water Cadastre of the Russian Federation. Surface and groundwater resources, their utilization, and quality. Yearly publication. 2020]. 153 p. URL: http:www.hydrology.ru.sites.default.files. Books.vodnye_resursy_2020.pdf (data obrashcheniya: 25.10.2023). (In Russian).

Demin A.P. Vodoobespechenie naseleniya i ob"ektov ekonomiki v basseyne reki Don: sovremennoe sostoyanie i problem [Water supply for the population and economic facilities in the Don River basin: current status and issues]. *Vodnye resursy [Water resources]*, 2020, vol.47 (6),

Дмитриева В.А., Бучик С.В. Природные аномалии водности рек Верхнедонского бассейна и их гидроэкологические последствия // Естественные и технические науки. Москва, 2019. №2 (128). С. 153–156.

Дмитриева В.А., Бучик С.В. Гидроэкологические трансформации и экологический сток в бассейне Верхнего Дона: монография. Воронеж: «Цифровая полиграфия», 2023. 150 с.

Дмитриева В.А., Сушков А.И. Температурный режим Воронежской области в условиях меняющегося климата // Вестник Воронежского университета. Серия: География. Геоэкология. 2023. №2. С. 56–63. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2023/2/56-63.

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: 10.17308/ geo.2022.2/9318.

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.

Коронкевич Н.И., Георгиади А.Г., Ясинский С.В. О гидрологических изменениях // Вопросы географии. Сб. 145: Гидрологические изменения / Ред. Котляков, Н.И. Коронкевич. М.: Кодекс. 2018. С. 15–34.

Магрицкий Д.В., Евстигнеев В.М., Юмина Н.М. и др. Изменения стока в бассейне р. Урал // Вестн. Моск. ун-та. Сер.5. География. 2018. №1. С. 90–101.

Научно-прикладной справочник: Многолетние колебания и изменчивость водных ресурсов и основных характеристик стока рек Российской Федерации / Ред. В.Ю. Георгиевский. СПб.: ООО "РИАЛ", 2021. 190 с.

Сивохип Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А. Изменение водного режима рек бассейна реки Урал // Доклады РАН. Науки о Земле. 2019. pp. 767–778. DOI: 10.31857/S0321059620060048. (In Russian).

Dzhamalov R.G., Kireeva M.B., Kosolapov A.E., Frolova N.L. *Vodnye resursy basseyna Dona i ih ekologicheskie sostoyanie : monografiya [Water resources of the Don River basin and their ecological condition: a monograph]*. M.: GEOS, 2017. 204 p. (In Russian).

Dmitrieva V.A. *Vodnye resursy Voronezhskoy oblasti v usloviyah menyayushchihsya klimata i hozyaystvennoy deyatel'nosti [Water resources of the Voronezh region in the conditions of changing climate and economic activities]*. Voronezh: Izdatel'skiy dom VGU, 2015. 192 p. (In Russian).

Dmitrieva V. A. Sovremennye izmeneniya vodnogo rezhima i morfometrii rek Verhnedonskogo basseyna [Modern changes in the water regime and morphometry of the Upper Don River basin rivers] *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk, Ser. Geograficheskaya [Bulletin of the Russian Academy of Sciences, Geography Series],* 2020, no.1, pp. 103–113. DOI: 10.31857/S2587556620010070 (In Russian).

Dmitrieva V.A., Buchik S.V. Prirodnye anomalii vodnosti rek Verhnedonskogo basseyna i ih gidroekologicheskie posledstviya [Natural anomalies of water content in the rivers of the Upper Don basin and their hydroecological consequences] *Estestvennye i tehnicheskie nauki [Natural and Technical Sciences]*. Moskva, 2019, no. 2 (128), pp. 153–156. (In Russian).

Dmitrieva V.A., Buchik S.V. *Gidroekologicheskie transformacii i ekologicheskiy stok v basseyne Verhnego Dona: monografiya [Hydroecological transformations and ecological flow in the Upper Don basin: a monograph]*. Voronezh: «Cifrovaya poligrafiya» 2023. 150 p. (In Russian).

Dmitrieva V.A., Sushkov A.I. Temperaturnyy rezhim Voronezhskoy oblasti v usloviyah menyayushchegosya klimata [Temperature Regime of the Voronezh Region in the Conditions of Changing Climate]. *Vestnik Voronezhskogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya [Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology],* 2023, no.2, pp. 56–63.

Том 488. №5. С.103–107. DOI: 10.31857/S0869-56524885.

Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Наукоемкие технологии, 2022. 124 с.

Юмина Н.М., Магрицкий Д.В. Обоснование и анализ статистических зависимостей годового стока рек бассейна Урала от метеорологических показателей // Вопросы степеведения. 2023. №2. С. 13–25. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-13-25.

DOI: 10.17308.geo.1609-0683.2023.2.56-63. (In Russian).

Dmitrieva V.A., Sushkov A.I., Zakusilov V.P. Klimaticheskaya obuslovlennost' sovremennyh gidroekologicheskih processov v rechnyh potokah basseyna Verhnego Dona [Climate-Related Nature of Contemporary Hydroecological Processes in River Streams of the Upper Don Basin]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya [Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology],* 2022, no. 2, pp. 118–127. DOI: 10.17308.geo.2022.2.9318. (In Russian).

Kumani M.V., SHul'gina D.V., Kiselev V.V. Mnogoletnyaya dinamika osnovnyh elementov stoka rek v predelah Central'nogo CHernozem'ya [Long-term dynamics of the main elements of river runoff within the Central Chernozem region] *Regional'nye geosistemy [Regional Geosystems],* 2021, vol. 45 (4), pp. 617–631. DOI: 10.52575.2712-7443-2021-45-4-617-631. (In Russian).

Koronkevich N.I., Georgiadi A.G., YAsinskiy S.V. O gidrologicheskih izmeneniyah [On Hydrological Changes]. *Voprosy geografii [Questions of Geography]. Sb. 145: Gidrologicheskie izmeneniya. Red. Kotlyakov, N.I. Koronkevich*. M.: Kodeks, 2018, pp. 15–34. (In Russian).

Magrickiy D.V., Evstigneev V.M., YUmina N.M. Izmeneniya stoka v basseyne r. Ural [Runoff changes in the Ural River basin]. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser.5. Geografiya [Bull. Moscow Univ. Ser. 5. Geography],* 2018, no.1, pp. 90–101. (In Russian).

Nauchno-prikladnoy spravochnik: Mnogoletnie kolebaniya i izmenchivost' vodnyh resursov i osnovnyh harakteristik stoka rek Rossiyskoy Federacii [Scientific and Applied Handbook: Long-term fluctuations and variability of water resources and key streamflow characteristics of the rivers of the Russian Federation]. Red. V.YU. Georgievskiy. SPb.: OOO "RIAL", 2021. 190 p. (In Russian).

Sivohip ZH.T., Pavleychik V.M., Chibilyov A.A. Izmenenie vodnogo rezhima rek basseyna reki Ural [Changes in the water regime of the rivers in the Ural River basin]. *Doklady RAN. Nauki o Zemle [Reports of the Russian Academy of Sciences. Earth*

Sciences], 2019, vol 488, no. 5., pp.103-107. DOI: 10.31857.S0869-56524885. (In Russian).

Tretiy ocenochnyy doklad ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossiyskoy Federacii [Third Assessment Report on Climate Change and its Impacts in the Russian Federation]. Obshchee rezyume. SPb.: Naukoemkie tehnologii, 2022. 124 p. (In Russian).

Yumina N.M., Magrickiy D.V. Obosnovanie i analiz statisticheskih zavisimostey godovogo stoka rek basseyna Urala ot meteorologicheskih pokazateley [Substantiation and analysis of statistical relationships of annual runoff of the rivers in the Ural River basin with meteorological indicators]. *Voprosy stepevedeniya [Issues of Steppes Studies],* 2023, no.2, pp. 13–25. DOI: 10.24412.2712-8628-2023-3-13-25. (In Russian).