

Временная и территориальная изменчивость годового и максимального стока половодья рек Липецкой области

В. А. Дмитриева , Д. Е. Дюкарев

Воронежский государственный университет, Российская Федерация
(394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1)

Аннотация. Липецкая область располагает хорошо развитыми промышленным и аграрными секторами экономики, для которых водный фактор является исключительно важным. Целью работы является исследование временной и пространственной изменчивости годового стока и максимальных расходов воды рек Липецкой области.

Материалы и методы. В основу работы положены материалы сетевых гидрологических измерений расходов воды на гидропостах Липецкой области и сопредельной с ней территорий за период функционирования от открытия и по 2022 г. включительно, заимствованные из водного кадастра, с использованием электронных ресурсов АИС ГМВО за 2008-2022 годы.

Обработка исходной информации выполнена методами математической статистики, гидрологической аналогии и географической интерполяции, геоинформационного картографирования в среде QGIS и ArcGIS.

Моделирование водосборов произведено на основе цифровой модели рельефа MERIT DEM. Картографируемой характеристикой является слой стока для годового стока и модуль стока для максимального стока.

Результаты и обсуждение. В многолетней вариации годовых расходов воды р. Дон – г. Задонск выделяются 1970 и 1979 годы высокой водности со среднегодовыми расходами 203 и 200 м³/с соответственно при среднемноголетнем значении 127 м³/с. Низкая водность приходится на 1972 год со значением среднегодового расхода воды 70,0 м³/с. Период маловодья с 2007 года продолжается до настоящего времени. Современные возобновляемые водные ресурсы Липецкой области в средний по водности год оцениваются объемом 2,77 км³/год, а средний слой стока по территории области 115 мм годового речного стока. В пространственном распределении прослеживается географическая закономерность уменьшения слоя стока с северо-запада на юго-восток. В многолетней динамике максимальных расходов воды весеннего половодья после исключительно многоводного 1970 года с расходом воды 5240 м³/с на р. Сосна-г. Елец продолжается устойчивое снижение максимумов половодья. Аналогичная динамика характерна для всех рек Липецкой области. Самое низкое половодье на реках Липецкой области отмечено в 2020 годах с пиковым значением 49,3 м³/с. В пространственном распределении модуля максимального стока наблюдается меридиональное простиражение изолиний на правобережных притоках Дона в пределах Среднерусской возвышенности и широтное на левобережных притоках в пределах Окско-Донской низменной равнины в диапазоне значений 390-180 л/с*км².

Заключение. Современные возобновляемые водные ресурсы Липецкой области, представленные годовым речным стоком, равны 2,77 км³ местного стока. В многолетней динамике годовых расходов воды выделяются многоводные 1970, 1979 годы и маловодный 1972 год. В динамике максимальных расходов воды отмечается устойчивое снижение от экстремально высокого стока половодья 1970 года до исключительно низкого половодья 2020 года. В пространственном распределении модуля стока прослеживается меридиональное направление изолиний на правобережье Дона и широтное направление на левобережье.

Ключевые слова: Липецкая область, возобновляемые водные ресурсы, максимальный расход воды, половодье, генезис стока.

Для цитирования: Дмитриева В. А., Дюкарев Д. Е. Временная и территориальная изменчивость годового и максимального стока половодья рек Липецкой области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2024, № 4, с. 105-113. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/4/105-113>

ВВЕДЕНИЕ

Основной водной артерией Липецкой области является река Дон, в бассейне которой она практически полностью располагается. Река втекает из Тульской области хорошо выраженным потоком, принимая на своем пути реки Красивая Меча, Сосна (Быстрая Сосна), формирующие ее водность, делит площадь региона примерно пополам и вытекает в Воронежскую область. Крупным притоком Дона является река Воронеж, ко-

торая, как и Дон, образует самостоятельную речную систему и также, как и Дон, является транзитным водным потоком, поступающим из Тамбовской области, а уходящим в Воронежскую область. Всего в речной системе Дона и Воронежа на данной территории насчитывается 942 водотока разной водности, суммарной протяженностью 6310 км [9].

Поверхностные воды, в том числе и речные, в большем или меньшем объеме используются в различных



отраслях экономики: промышленности, сельском хозяйстве, в коммунально-бытовом водоснабжении, рекреации и др. По ним проложены туристские маршруты [13]. При общем объеме забора из подземных и поверхностных вод, равном в 2021 году 184,24 млн м³, забор воды только из поверхностных водных объектов составил 62,72 млн м³, или 34 % [5]. В маловодные годы, которые охватывают в бассейне Дона период с 2007 года по настоящее время, при их дальнейшем сохранении может возникнуть и обостриться проблема отраслевого водоснабжения в достаточном количестве и необходимом качестве. В связи с этим оценка возобновляемых водных ресурсов, их внутригодовое распределение, современные черты стока снегового половодья, изменчивость во времени и пространстве имеют актуальное значение.

Целью данной работы является исследование временной и пространственной изменчивости годового стока и максимальных расходов воды рек Липецкой области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходная базовая информация о расходах воды по гидрологическим постам Верхнедонского бассейна от начала их функционирования и до 1990-х годов заимствована из печатных изданий гидрологических ежегодников, водного кадастра. Данные текущих лет выписаны из архивов территориальных центров Федеральной службы по гидрометеорологии и контролю окружаю-

щей среды России с использованием электронных ресурсов АИС ГМВО за 2008-2022 годы [3, 4].

Для анализа многолетних колебаний годового стока и максимальных расходов воды использованы сведения за весь период наблюдений на конкретных гидропостах, а построение карт изолиний выполнено по единому для всех постов периоду – с 1954 по 2022 годы.

В настоящее время в границе Липецкой области действующие гидропосты размещены на р. Дон – г. Задонск, р. Сосна – г. Елец, р. Воронеж – г. Липецк (рис. 1).

Густота гидрологических постов составляет 1 пост на 8000 км². Для отображения пространственного распределения гидрологических характеристик по всей рассматриваемой территории сведений указанных пунктов наблюдений недостаточно. Восполнение недостающих данных выполнено благодаря привлечению к исследованию сведений по постам, расположенным в Тульской, Орловской, Курской, Воронежской, Тамбовской областях (табл.).

Площадь водосбора до замыкающих створов на р. Тим – с. Новые Савины и р. Битюг – пгт. Мордово представляет бассейн малых рек, на которых формирование стока из-за доминирования местных факторов может быть азональным и не следовать географическим закономерностям. Площадь водосбора р. Лесной Воронеж – сл. Заворонежская является пограничной между категорией

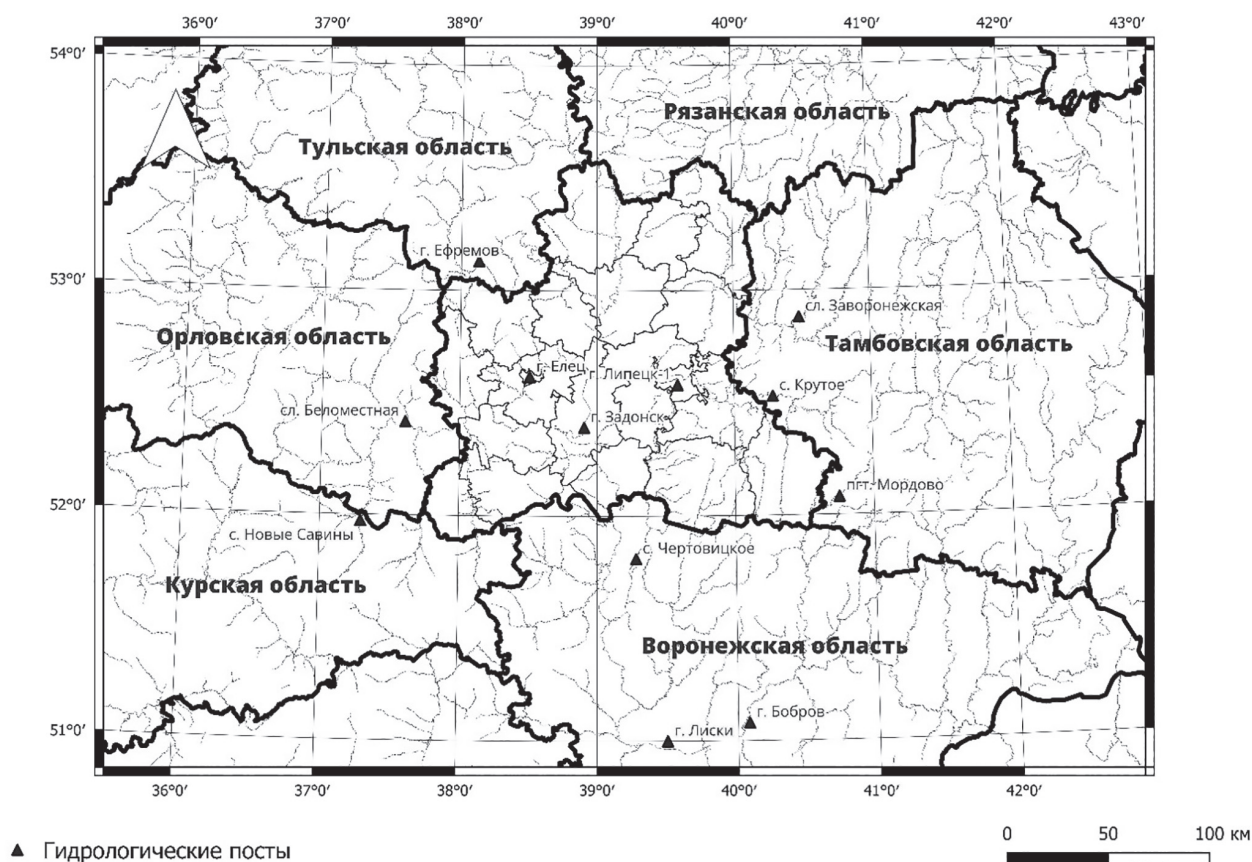


Рис. 1. Расположение гидрологических постов на реках Липецкой и сопредельных областей
[Fig. 1. Location of hydrological posts on the rivers of Lipetsk and adjacent regions]

Гидрологические посты, принятые к исследованию
[Table. Hydrological posts accepted for research]

№	Название водного объекта и пункта наблюдений / Name of the water body and observation point	Площадь водосбора, км ² / Catchment area, km ²	Координаты / Coordinates		Длина ряда наблюдений / Length a number of observations
			широта, гр., мин. / latitude, gr., min.	долгота, гр., мин. / longitude, gr., min.	
1	3	4	5	6	7
1	р. Дон – г. Задонск (Липецкая обл.)	31 100	52.24	38.55	96
2	р. Дон – г. Лиски (Воронежская обл.)	69 500	51.00	39.30	128
3	р. Красивая Меча – г. Ефремов (Тульская обл.)	3240	53.16	37.42	74
4	р. Сосна – сл. Беломестная (Орловская обл.)	7650	52.27	37.36	71
5	р. Сосна – г. Елец (Липецкая обл.)	16300	52.38	38.31	95
6	р. Тим – с. Новые Савины (Курская обл.)	909	51.58	37.18	95
7	р. Воронеж – г. Липецк (Липецкая обл.)	15300	52.37	39.34	91
8	р. Воронеж – с. Чертовицкое (Воронежская обл.)	21000	51.49	39.17	48
9	р. Лесной Воронеж – сл. Заворонежская (Тамбовская обл.)	2000	52.53	40.29	69
10	р. Битюг – пгт Мордово (Тамбовская обл.)	903	52.05	40.45	71
11	р. Битюг – г. Бобров (Воронежская обл.)	7340	51.05	40.05	92
12	р. Матыра – с. Крутое (Тамбовская обл.)	2670	52.32	40.20	45

малой и средней реки. Сток реки может быть, как зональным, так и азональным. Данное обстоятельство учитывается нами при картографировании речного стока.

Пропуски в рядах наблюдений, приходящиеся преимущественно на годы Великой Отечественной войны, восстановлены по рекам-аналогам методом гидрологической аналогии. Для его применения рекомендуется, согласно [12], от 6 лет параллельных наблюдений на исследуемой реке и реке-аналоге, что достижимо при гидрологической изученности рек Верхнего Дона.

Анализ многолетних колебаний годового речного стока, выявление экстремумов водности максимальных расходов воды половодья выполняется на сформированных рядах годовых и максимальных расходов воды за весь имеющийся период наблюдений. Для построения картосхемы пространственного распределения слоя годового стока и модуля максимальных расходов воды половодья принимались ряды одинаковой временной продолжительности по количеству лет и периоду, т.е. ряды однородные по временному признаку. Тенденция в многолетних вариациях выявляется с помощью линейного тренда и нормированных отклонений.

Сформированные ряды проверены на однородность по критерию однородности дисперсии (F-тест или критерий Фишера) и критерию однородности выборочных средних (t-тест или критерий Стьюдента) согласно рекомендациям [12]. Результаты проверки гипотезы об однородности показали, что только один ряд среднегодовых расходов воды на гидрологическом посту р. Тим – с. Новые Савины неоднороден по рассмотренным критери-

ям. Возможно, сток реки, формирующийся на площади водосбора малой реки, азонален.

Территориальная изменчивость годового речного стока и максимальных расходов воды представлена в виде карты изолиний слоя годового стока и модуля максимального стока методами интерполяции и геоинформационного картографирования. Моделирование водосборов произведено на основе цифровой модели рельефа MERIT DEM [17]. Данная модель описана в СТО ГТИ 52.08.48–2020 [16] и рекомендуется для визуализации гидрологических объектов [15]. Интерполируемая характеристика отнесена к центру тяжести речного водосбора. Далее выполняется прогнозирование значений слоя стока Липецкой области на основе геостатистического метода интерполяции «Эмпирический байесовский кригинг – расширенный».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Многолетние динамические процессы в речных водах являются следствием периодических изменений климата, на которые в современных условиях накладывается антропогенное воздействие. Амплитуда колебаний, периодичность и чередование лет высокой и низкой водности устанавливаются по длительным рядам наблюдений за стоком, наглядность которых ярче прослеживается на графических изображениях многолетних расходов воды. В качестве примера ниже приводится график среднегодовых расходов воды р. Дон – г. Задонск за 1928–2022 годы (рис. 2).

В анализируемом многолетнем периоде самыми многоводными годами были 1970 и 1979 со среднегодо-

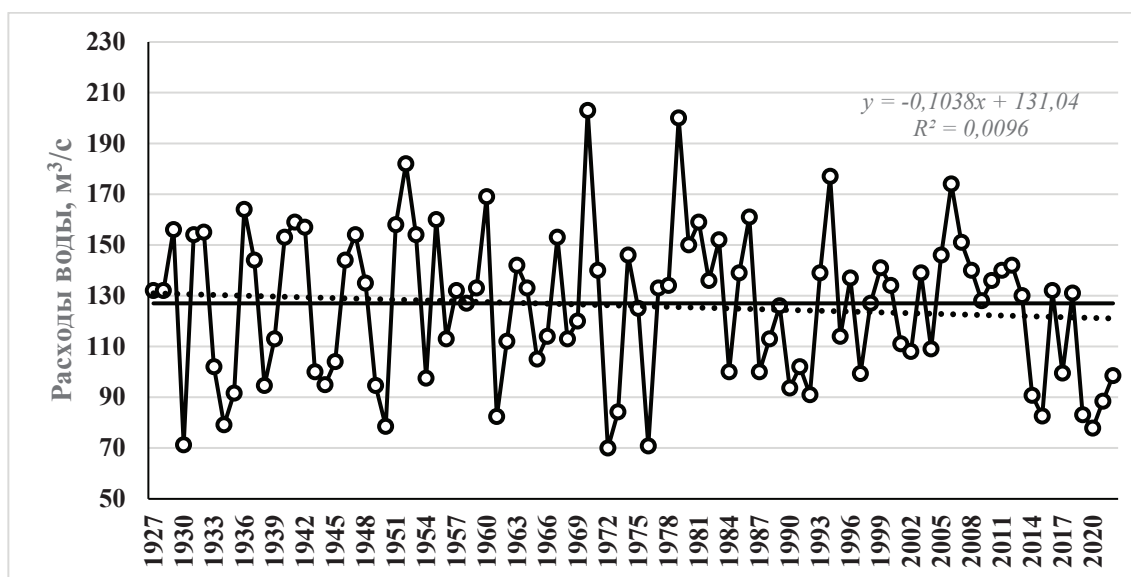


Рис. 2. Среднегодовые расходы воды р. Дон-г. Задонск за 1927-2022 годы
[Fig. 2. Average annual water consumption of the Don River. Zadonsk for the years 1927-2022]

выми расходами 203 и 200 м³/с соответственно. Их значения превышали среднемноголетнее, равное 127 м³/с, в 1,6 раза. В 1994 и 2006 годах соотношение фактического годового и среднего значения составляло 1,4. В последующие годы среднегодовые расходы снижались и были незначительно выше средней величины.

Низкая водность повторяется в ряде лет, в частности, 1930, 1972, 1976, 2020 годах со значениями среднегодовых расходов воды 71,2; 70,0; 70,8; 77,8 м³/с, что 1,8-1,6 раза ниже среднего многолетнего годового расхода воды, причем в 2014, 2015, 2017, 2019-2022 годах существенно ниже среднего значения. Период начавшегося в 2007 году маловодья продолжается до настоящего времени.

Линейный тренд на графике (см. рис. 2) почти совпадает с линией среднего многолетнего значения, что свидетельствует об отсутствии выраженного направленного изменения в годовых расходах воды, а, следовательно, о наличии устойчивости средней величины водных ресурсов. На отсутствие направленной динамики в годовых водных ресурсах в реках бассейна Дона указывалось и ранее в ряде работ [2, 6]. Возобновляемые водные ресурсы, оцениваемые по величине годового речного стока, не претерпевают больших колебаний, несмотря на современные климатические вызовы. Аналогичные тенденции прослеживаются и на других реках европейской части страны, что отмечено в ряде работ, посвященных данной тематике [10, 11, 14].

Пространственную изменчивость гидрологической характеристики наиболее наглядно передает карта изолиний слоя стока. Расчетные значения слоя стока относятся к центру тяжести бассейна. Значения гидрологической характеристики варьируют в диапазоне от 150 мм (р. Красивая Меча – г. Ефремов) до 90 мм (р. Битюг – г. Бобров). Изолинии проведены через 10 мм слоя сто-

ка. Принятый шаг дифференциации позволил провести 7 изолиний речного стока со значениями 150 – 90 мм. Слой стока уменьшается с северо-запада на юго-восток в соответствии с распределением атмосферных осадков, главного климатического фактора речного стока на рассматриваемой территории.

В средний по водности год в реках Донского бассейна региона образуется 2,59 км³/год объема стока, или 107 мм слоя стока местного формирования, а с учетом притока с соседних территорий, объем стока за год увеличивается до 6,32 км³/год [1]. Наши расчеты величины объема годового стока с использованием сведений о расходах воды текущего столетия уточняют значение местных водных ресурсов до величины 2,77 км³/год, а средний слой стока по территории области до 115 мм [8].

Картосхема слоя годового стока является основой для расчета территориальной или подушевой водообеспеченности.

Существенно большей трансформации подвержены сток и максимальные расходы воды снегового половодья. Максимумы весеннего половодья устойчиво снижаются. Наиболее высокое половодье в р. Сосна – г. Елец наблюдалось в 1970 году с пиковым значением 5240 м³/с. Высокая водность, превышающая по значению средний максимальный расход за период наблюдений 1440 м³/с в 3,6 раза в последующие годы и до настоящего времени не был превышен. Относительно многоводным годом со значением расхода воды 3720 м³/с, был 1979 год. В последующие годы и до настоящего времени расходы и объемы половодья продолжают снижаться, достигнув значения 49,3 м³/с во время половодья в марте 2020 года и годового максимума 53,1 м³/с от дождевого паводка 6 июня этого года. Период начавшегося в 2007 году маловодья продолжается до настоящего времени (рис. 4).

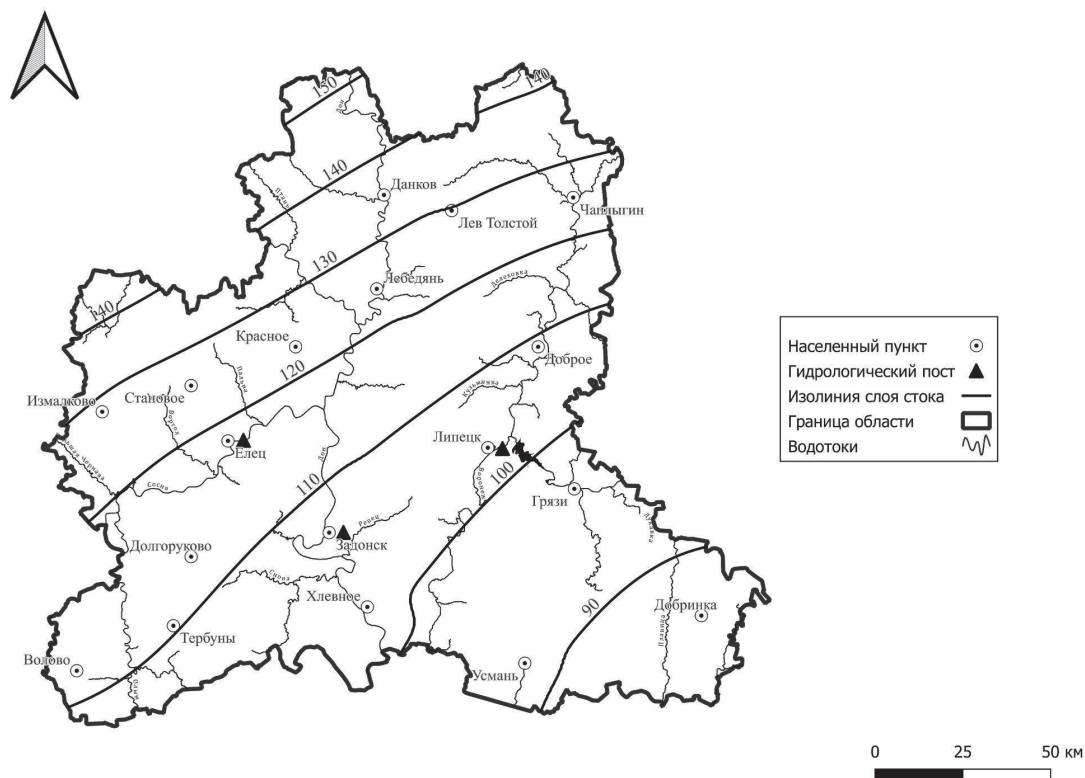


Рис. 3. Картограмма слоя годового стока рек Липецкой области
[Fig. 3. Cartographic diagram of the annual river flow layer of the Lipetsk region]

Убыль стока половодья и экстремальных расходов воды связана с изменившимся генезисом весеннего половодья, на что указывается в ряде работ [2, 7, 9, 11, 14]. В связи с глобальным потеплением и региональным по-

вышением температуры воздуха снегозапас и запас воды в снеге не являются, как прежде, доминирующим природно-климатическим фактором в процессе водоотдачи и образовании волны половодья. Огромная и преобладающая

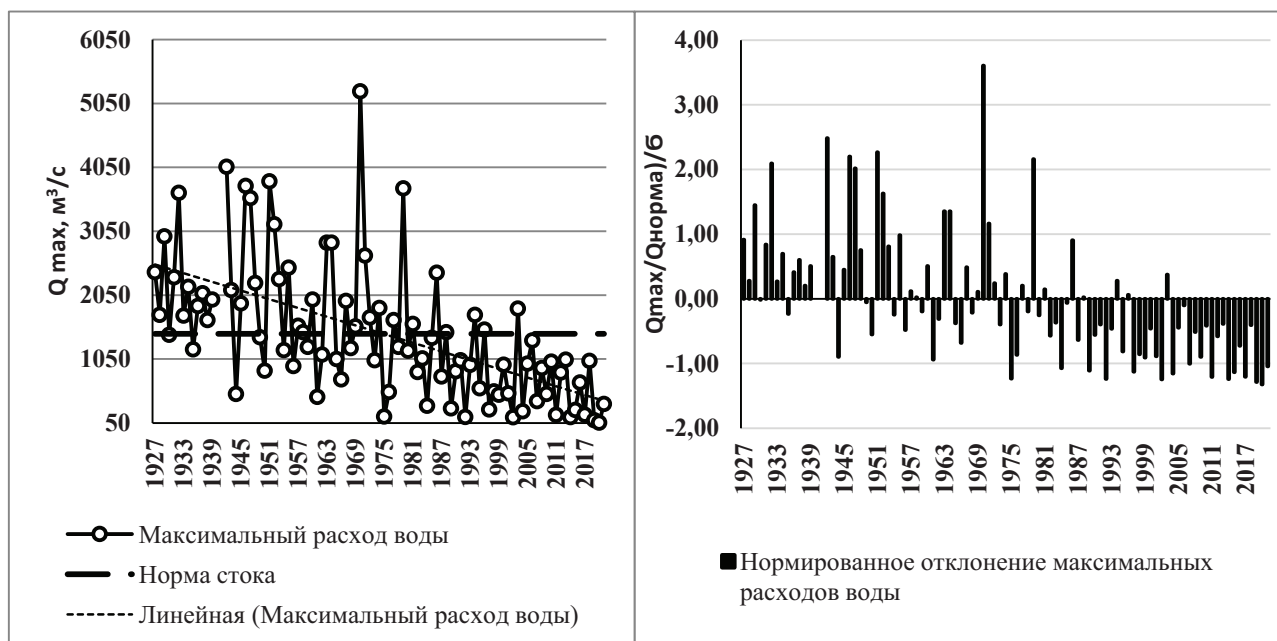


Рис. 4. Максимальный расход воды (слева) и нормированное отклонение максимальных значений стока (справа) р. Сосна – г. Елец за период наблюдений (δ – среднеквадратическое отклонение)
[Fig. 4. The maximum water flow (left) and the normalized deviation of the maximum flow values (right) of the Sosna – Yelets river during the observation period (δ is the standard deviation)]

роль принадлежит состоянию почвы: осеннее увлажнение, глубина промерзания накануне и в процессе снеготаяния – определяют сценарий будущего половодья. Определенную роль играет приток тепла непосредственно на начальном этапе снеготаяния. Быстрый и большой приток тепла вызывает одновременное снеготаяние на большей части водосбора и вода, образовавшаяся при этом, стекает в русло реки, повышая ее водность. При умеренном притоке солнечной радиации образовавшаяся талая вода заполняет микропонижения рельефа, затем поступает в почву, пополняя запасы грунтовых вод, и только после насыщения почвы водой, преобразуется в речной сток.

Большую роль в снижении объемов и максимумов стока играет глубина промерзания почвы. Сильно про-

мерзшая земля служит водупором для талой воды, экранирует ее поступление в почво-грунты и способствует образованию поверхностного склонового стока. В годы текущего столетия почва промерзает всего на несколько сантиметров, не создавая препятствия пропуску весенней воды. В качестве примера о глубине промерзания почвы накануне в бассейне Верхнего Дона могут служить сведения по метеопостам Воронежской области. Наибольших значений глубина промерзания почвы перед началом весеннего таяния снега в Воронежской области, по данным Воронежского ЦГМС, зафиксирована в марте 2022-2023 года 74 см (г. Лиски) и 2017-2018 года 71 см (г. Калач), что ниже нормы 1961-1990 гг. (рис. 5).

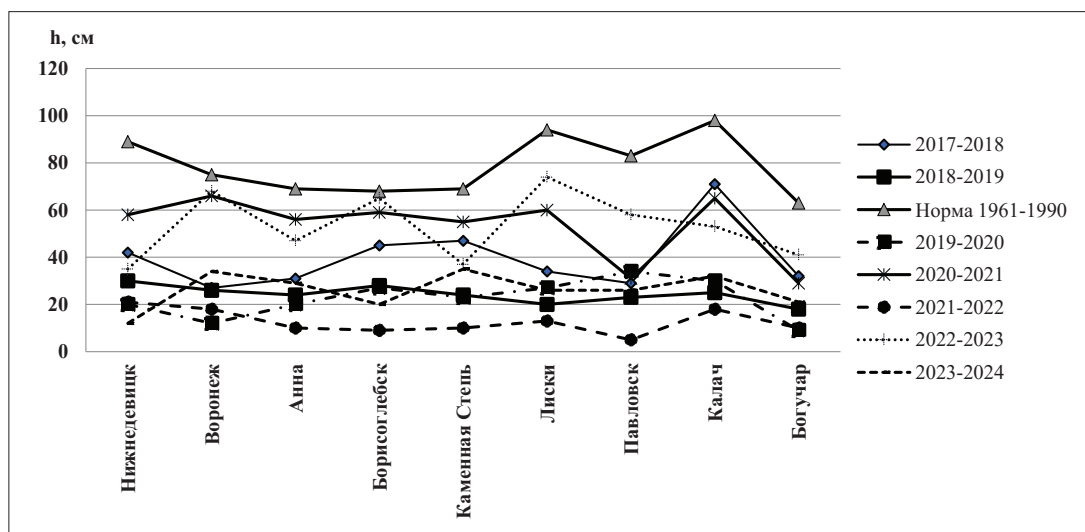


Рис. 5. Наибольшая глубина промерзания почвы в зимний сезон накануне снеготаяния
[Fig. 5. The greatest depth of soil freezing in the winter season on the eve of snowmelt]

Сокращение объема стока половодья зачастую связано с зимними оттепелями, нередко вызывающими паводки. Они чаще происходят в феврале, перед началом основной волны половодья. Оттепели снижают гидроэкологические риски половодья.

Указанные природные факторы формируют сток половодья, отвечающий современным климатическим вызовам. Пространственная изменчивость максимальных расходов воды, выраженная в модуле стока, отражает географические закономерности, присущие рекам Восточно-Европейской равнины, и одновременно особые черты формирования, свойственные климатическим реалиям текущего времени. Модуль стока убывает от периферии на севере и западе региона к центру и юго-востоку области. Картосхема территориального распределения модуля максимального стока снегового половодья приводится на рисунке 6.

В территориальной изменчивости модуля максимального прослеживается географическая закономерность тяготения к меридиональному направлению изолиний в западной части области, расположенной на Среднерусской возвышенности, и широтному направлению изолиний в восточной части, лежащей на

Окско-Донской низменной равнине. Диапазон модуля стока составляет 390-180 л/с*км². Из рассмотрения исключены сведения по гидропосту Новые Савины на р. Тим, как существенно отклоняющиеся от характеристики по другим постам на реках Среднерусской возвышенности. Возможной причиной несогласованности может служить небольшая площадь формирования стока, присущая малой реке, благодаря которой выявляется аномалия стока. При картографировании малые реки из рассмотрения исключаются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные возобновляемые водные ресурсы Липецкой области, представленные годовым речным стоком, равны 2,77 км³ местного стока. В многолетней динамике годовых расходов воды выделяются многоводные 1970, 1979 годы и маловодный 1972 год. Во временной изменчивости максимальных расходов воды отмечается устойчивое снижение от экстремально высокого стока половодья 1970 года до исключительно низкого стока половодья 2020 года. В пространственном распределении модуля стока прослеживается меридиональное направление изолиний на правобережье Дона в пределах Среднерусской возвышенности и ши-

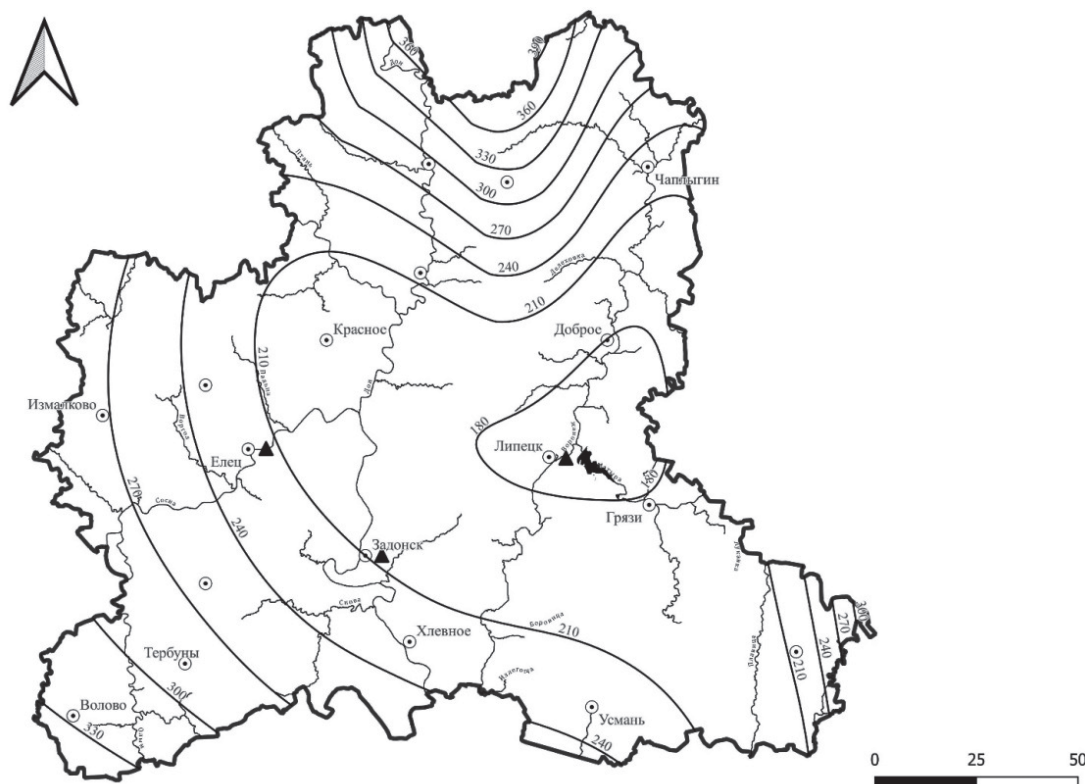


Рис. 6. Пространственная изменчивость модуля максимального стока половодья на реках Липецкой области
[Fig. 6. Spatial variability of the maximum flood flow modulus on the rivers of the Lipetsk region]

ротное направление изолиний модуля стока на левобережье, в пределах Окско-Донской низменной равнины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водные ресурсы России и их использование: монография / ред. И. А. Шикломанов. Санкт-Петербург: Государственный гидрологический институт, 2008. 600 с.
2. Водные ресурсы бассейна Дона и их экологические состояние: монография / Р. Г. Джамалов, М. Б. Киреева, А. Е. Косолапов, Н. Л. Фролова. Москва: ГЕОС, 2017. 204 с.
3. Водный кадастр Российской Федерации. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Ежегодное издание. 2020 год. – URL: http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/vodnye_resursy_2020.pdf (дата обращения: 05.07.2024). – Текст: электронный.
4. Государственная статистика. ЕМИСС. – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/38136/> (дата обращения: 05.07.2024) – Текст: электронный.
5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году». Москва: Минприроды России; МГУ имени М. В. Ломоносова, 2023. 686 с.
6. Дмитриева В. А. Водные ресурсы Воронежской области в условиях меняющихся климата и хозяйственной деятельности. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2015. 192 с.
7. 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.
8. Дмитриева В. А., Дюкарев Д. Е. Территориальные различия водообеспеченности административных районов Липецкой области // *Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Водные ресурсы в условиях глобальных вызовов: экологические проблемы, управление, мониторинг»*, 2023, с. 203-208.
9. Дмитриева В. А., Илатовская Е. С. *Гидрография рек Липецкой области. Каталог водотоков*. Липецк: Б.И., 2010. 149 с.
10. Исмайллов Г. Х., Мурашенкова Н. В. Исследование временных закономерностей речного стока бассейна Верхнего Дона // *Природообустройство*, 2019, № 1, с. 35-40.
11. Изменения стока в бассейне р. Урал / Д. В. Магрицкий, В. М. Евстигнеев, Н. М. Юмина и др. // *Вестник Московского университета. Серия 5. География*, 2018, № 1, с. 90-101.
12. СП 529.1325800.2023 *Определение основных гидрологических характеристик*. Москва, 2023. 103 с.
13. Реки Липецкой области / В. С. Сарычев, И. С. Климов, Д. В. Сарычев, Д. С. Климов. Воронеж. ООО «ТПС»; Тамбов, 2016. 256 с.
14. Сивохин Ж. Т., Павлейчик В. М. Современные изменения максимального стока рек бассейна реки Урал // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2024, №2, с. 88-96.
15. Справочник по инструментам геообработки ArcGIS Pro // *ArcGIS Pro*. – URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/tool-reference/main/arcgis-pro-tool-reference.html> (дата обращения: 19.07.2023). – Текст: электронный.
16. СТО ГГИ 52.08.48-2020 *Выбор цифровой картографической основы для определения гидрографических характеристик*, 2020.
17. Карта глобальных высот рельефа высокой точности / Д. Ямазак, Д. Икэсимы, Р. Таватари и др. // *Геофизические исследовательские письма*, 2017, т. 44, с. 5844-5853.

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

Поступила в редакцию: 07.05.2024

Принята к публикации: 02.12.2024

Temporal and Territorial Variability of Annual and Maximum Flood Runoff of Rivers in the Lipetsk Region

V.A. Dmitrieva✉, D.E. Dyukarev

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

Abstract. The Lipetsk Region has well-developed industrial and agricultural sectors of the economy, for which the water factor is extremely important. The purpose of the research is to study temporal and spatial variability of annual runoff and maximum water discharge of rivers in the Lipetsk Region.

Materials and methods. The work is based on the materials of network hydrological measurements of water discharge at gauging stations of the Lipetsk Region and its adjacent territories for the period of operation from the opening and up to 2022 inclusive, taken from the water cadastre, using the electronic resources of AIS GMVO for 2008-2022. Processing of initial information was carried out by methods of mathematical statistics, hydrological analogy and geographical interpolation, geo-information mapping in QGIS and ArcGIS environment. Watersheds were modeled on the basis of the MERIT DEM digital elevation model. The mapped characteristic is the runoff layer for the annual runoff and the runoff modulus for the maximum runoff.

Results and discussion. In the long-term variation of annual water discharge of the Don River – town of Zadonsk, the years 1970 and 1979 are distinguished by high water availability with average annual discharges of 203 and 200 m³/s, respectively, with the mean annual value of 127 m³/s. Low water availability falls on 1972 with an average annual flow rate of 70.0 m³/s. The period of low water availability since 2007 continues up to the present time. Current renewable water resources of the Lipetsk Region in an average water year are estimated at 2.77 km³/year, and the average runoff layer over the territory of the region is 115 mm of annual river runoff. The spatial distribution shows a geographical pattern of decreasing runoff layer from north-west to south-east. In the long-term dynamics of maximum spring flood discharges, after the exceptionally high-water year of 1970 with a water discharge of 5240 m³/s, a steady decrease in flood maxima continues on the Sosna River – town of Yelets. Similar dynamics is typical for all rivers of the Lipetsk region. The lowest flood on the rivers of the Lipetsk region was recorded in 2020 with a peak value of 49.3 m³/s. The spatial distribution of the maximum runoff module shows meridional extent of isolines on the right-bank tributaries of the Don within the Central Russian Upland and latitudinal extent on the left-bank tributaries within the Oka-Don lowland plain in the range of 390-180 l/s*km².

Conclusion. Current renewable water resources of the Lipetsk Region represented by the annual river flow are equal to 2.77 km³ of local flow. In the long-term dynamics of annual water discharge, the high-water years of 1970 and 1979 and the low-water year of 1972 are distinguished. The dynamics of maximum water discharges show a steady decline from the extreme high flow of the 1970 flood to the exceptionally low flow of the 2020 flood. The spatial distribution of the runoff modulus shows a meridional direction of isolines on the right bank of the Don and a latitudinal direction on the left bank.

Key words: Lipetsk Region, renewable water resources, maximum water discharge, flood, runoff genesis.

For citation: Dmitrieva V.A., Dyukarev D.E. Temporal and Territorial Variability of Annual and Maximum Flood Runoff of Rivers in the Lipetsk Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2024, no. 4, p. 105-113 (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/4/105-113>

REFERENCES

1. *Vodnye resursy Rossii i ih ispol'zovanie: monografiya* [Water resources of Russia and their use: monograph] / red. I.A. Shiklomanov. Saint-Petersburg: Gosudarstvennyy gidrologicheskij institut, 2008. 600 p. (In Russ.)
2. *Vodnye resursy bassejna Dona i ih jeologicheskie sostojanie: monografiya* [Water resources of the Don basin and their ecological status: monograph] / R.G. Dzhamalov, M.B. Kireeva, A.E. Kosolapov, N.L. Frolova. Moscow: GEOS, 2017. 204 p. (In Russ.)
3. *The Water Cadastre of the Russian Federation. Surface and groundwater resources, their use and quality. The annual edition. The year 2020.* – URL: http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/vodnye_resursy_2020.pdf (accessed 05.07.2024). – Text: electronic. (In Russ.)
4. *Government statistics. EMISS.* – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/38136/> (accessed 05.07.2024). – Text: electronic. (In Russ.)
5. *Gosudarstvennyy doklad «O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2022 godu»* [State report «On the state and Environmental Protection of the Russian Federation in 2022»]. Moscow: Minprirody Rossii; MGU imeni M.V. Lomonosova, 2023. 686 p. (In Russ.)
6. Dmitrieva V.A. *Vodnye resursy Voronezhskoj oblasti v uslovijah menjajushhihsja klimata i hozjajstvennoj dejatel'nosti* [Water resources of the Voronezh region in conditions of changing climate and economic activity]. Voronezh: Izdatel'skij dom VGU, 2015. 192 p. (In Russ.)
7. Dmitrieva V.A., Buchik S.V. *Genezis maksimumov vodnosti rek i izmenchivost' vodnogo rezhima v sovremennyj klimaticheskij period* [Genesis of maximum water discharge of rivers and variability of the water regime in the modern climatic period]. Voronezh: VGU, 2018. 120 p. (In Russ.)

© Dmitrieva V.A., Dyukarev D.E., 2024

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



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

eskij period [Genesis of maxima of river water content and variability of the water regime in the modern climatic period]. *Vodnoe hozjajstvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie*, 2016, no. 5, pp. 50-62. (In Russ.)

8. Dmitrieva V.A., Djukarev D.E. Territorial'nye razlichija vodoobespechennosti administrativnyh rajonov Lipeckoj oblasti [Territorial differences in water availability in the administrative districts of the Lipetsk region]. *Sbornik trudov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Vodnye resursy v uslovijah global'nyh vyzovov: jekologicheskie problemy, upravlenie, monitoring»*, 2023, pp. 203-208. (In Russ.)

9. Dmitrieva V.A., Ilatovskaja E.S. *Gidrografija rek Lipeckoj oblasti. Katalog vodotokov* [Hydrography of rivers of the Lipetsk region. Catalog of watercourses]. Lipeck: B.I., 2010. 149 p. (In Russ.)

10. Ismajlov G.H., Murashhenkova N.V. Issledovanie vremennyh zakonornostej rechnogo stoka bassejna Verhnego Dona [Investigation of temporal patterns of river flow in the Upper Don basin]. *Prirodoobustrojstvo*, 2019, no. 1, pp. 35-40. (In Russ.)

11. Izmenenija stoka v bassejne r. Ural [Changes in runoff in the Ural River basin] / D.V. Magrickij, V.M. Evstigneev, N.M. Jumina i dr. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 5. Geografija*, 2018, no. 1, pp. 90-101. (In Russ.)

12. *SP 529.1325800.2023 Opredelenie osnovnyh gidrologicheskikh charakteristik* [SP 529.1325800.2023 Determination of the main hydrological characteristics]. Moscow, 2023. 103 p. (In Russ.)

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

Дюкарев Даниил Евгеньевич

студент кафедры природопользования факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0009-0007-5475-9767, e-mail d-dukarev@yandex.ru

13. Reki Lipeckoj oblasti [Rivers of the Lipetsk region] / V.S. Sarychev, I.S. Klimov, D.V. Sarychev, D.S. Klimov. Voronezh. ООО «TPS»; Tambov, 2016. 256 p. (In Russ.)

14. Sivohip Zh.T., Pavlejkich V.M. Sovremennye izmeneniya maksimal'nogo stoka rek bassejna reki Ural [Modern changes in the maximum flow of the rivers of the Ural River basin]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Geografija. Geoekologija*, 2024, no. 2, pp. 88-96. (In Russ.)

15. *Handbook of geoprocessing tools for ArcGIS Pro // ArcGIS Pro*. – URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/tool-reference/main/arcgis-pro-tool-reference.html> (accessed 19.07.2023). – Text: electronic. (In Russ.)

16. *STO GGI 52.08.48-2020 Vybor cifrovoj kartograficheskoy osnovy dlja opredelenija gidrograficheskikh charakteristik* [STACKS 52.08.48-2020 Selection of a digital cartographic basis for determining hydrographic characteristics], 2020. (In Russ.)

17. Karta global'nyh vysot rel'efa vysokoj tochnosti [High precision global elevation map] / D. Jamazaki, D. Ikjesimy, R. Tavatari i dr. *Geofizicheskie issledovatel'skie pis'ma*, 2017, vol. 44, pp. 5844-5853. (In Russ.)

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

Received: 07.05.2024

Accepted: 02.12.2024

Vera A. Dmitrieva

Dr. Sci. (Geogr.), Prof. at the Department of Nature Management, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-8464-3593, e-mail: verba47@list.ru

Daniil E. Dyukarev

Student at the Department of Nature Management, Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0009-0007-5475-9767, e-mail d-dukarev@yandex.ru