

УДК 556, 911.2

Е.В. Промахова¹, Т.Д. Зинченко², Л.В. Головатюк³, Э.В. Абросимова⁴, Е.В. Белозеров⁵

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ БАСЕЙНА ВОЛГИ НА ПРИМЕРЕ КОНДУРЧИ И БАЙТУГАНА В ПЕРИОД ЭКСТРЕМАЛЬНОГО МАЛОВОДЬЯ

Приводятся результаты экспедиционных исследований на реках Кондурча и Байтуган (бассейн Нижней Волги) в маловодье лета 2010 г., значительно отличающихся по размеру, степени антропогенной нагрузки на водосборе, лесистости. Выявлен разный характер изменения расходов и мутности воды, взвешенных и влекомых наносов, их гранулометрического состава вдоль рек. Модуль стока воды в устье Байтугана в 1,5 раза превысил аналогичную величину р. Кондурчи, это связано с азональными факторами бассейна Байтугана (малой площадью, закарстованностью, большой ролью родникового питания, повышенной (55%) лесистостью, слабой хозяйственной нагрузкой). Вклад родников, расположенных в долинах рек, в сток воды в рассматриваемый период составил для Кондурчи 5, для Байтугана – 18%.

Гидрологические условия в 2010 г. формировались при сочетании продолжительной жары и очень сухого лета, приземная температура воздуха в среднем превысила норму на 5,2 °С или 28%, дефицит осадков с апреля по сентябрь изменялся от 33 до 95%. В итоге среднегодовой расход воды сократился до 4,48 м³/с, что на 37% меньше среднеегодовой величины. Это соответствует 86%-ной обеспеченности и характеризует год как очень маловодный. Экстремальные метеорологические явления повлияли на внутригодовое распределение стока воды в 2010 г. и уменьшили его летне-осеннюю долю на Кондурче почти вдвое: с 28 до 16% по сравнению со среднеегодовым периодом.

При отсутствии осадков, влияющих на склоновую эрозию в речном бассейне, содержание взвешенных наносов зависит исключительно от транспортирующей способности потока, которая закономерно увеличивается вниз по течению при нарастании стока воды. Вдоль Байтугана мутность воды возрастала в 5 раз за счет размыва русловых отложений по мере увеличения расходов воды. По длине Кондурчи, наоборот, она уменьшалась в 1,6 раза, что связано с зарегулированностью притоков реки небольшими водохранилищами и прудами, которые препятствуют перемещению наносов вдоль эрозионно-русловых систем и уменьшают водность главной реки в засушливый период. Расход взвешенных наносов в Кондурче во время маловодья составил 3% от среднеегодового значения.

Ключевые слова: Нижняя Волга, Кондурча, Байтуган, маловодье, сток воды, родники, мутность, взвешенные наносы, русловые наносы.

Введение. В настоящее время проблемы устойчивого экологического и социально-экономического развития тесно связаны с решением вопросов охраны и реабилитации водоемов и водотоков, в первую очередь, как источников пресной воды. Этот вопрос остро стоит как для мира в целом [Белозеров, 2009, 2010], так и для отдельных регионов России. Недостаточная изученность и отсутствие гидрометрических наблюдений характерны для большинства водных объектов страны.

Для Волги данный вопрос крайне актуален, так как в ее бассейне проживает большая часть населения России, а при переходе к нижнему течению возрастает нехватка водных ресурсов в связи с закономерным изменением климатических условий. Эта проблема в Волжском бассейне значительно

проявляется в масштабах средних и малых рек [Малые ..., 1998; Особенности ..., 2011].

В период засухи уменьшается речной сток воды, увеличивается хозяйственная нагрузка на водные объекты (водозабор, сброс сточных вод), меняется режим поступления наносов. В итоге совокупность этих явлений приводит к ухудшению качества воды и уменьшению доступности для потребителя. Целью работы является изучение влияния маловодья на изменение гидрологических условий рек Кондурчи и Байтугана (бассейн Нижней Волги), расположенных в районе с дефицитом водных ресурсов [Атлас ..., 1974] и испытывающих разную антропогенную нагрузку. Для этого проанализированы стационарные и полевые данные по атмосферным осадкам, приземной температуре воздуха, стоку

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Макавеева, мл. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* promakhova@gmail.com

² Институт экологии Волжского бассейна РАН, лаборатория экологии малых рек, зав. лабораторией, докт. биол. н.; *e-mail:* tdz@mail333.com

³ Институт экологии Волжского бассейна РАН, лаборатория экологии малых рек, ст. науч. с., канд. биол. н.; *e-mail:* gollarisa@mail.ru

⁴ Институт экологии Волжского бассейна РАН, лаборатория экологии малых рек, мл. науч. с.; *e-mail:* a-elina-v@yandex.ru

⁵ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, студент; *e-mail:* Egora1000@mail.ru

воды, поступлению подземных вод, количеству и гранулометрическому составу наносов.

Летний период 2010 г. на исследуемой территории характеризовался экстремальными засушливыми условиями [Доклад ..., 2011], что привело к формированию «маловодья» [Алексеевский, Фролова, 2011; Лебедева с соавт., 2011; Алексеевский с соавт., 2013б]. С общеупотребимой, лексико-семантической точки зрения этот термин означает «недостаток воды в реках, озерах» [Большой ..., 1998]. В официальной гидрометеорологической практике понятие «маловодье» отсутствует, однако оно было рассмотрено в научной литературе и означает «сезонный или многолетний период низкой водности, вызывающий социальные, экономические и экологические ущербы» [Алексеевский, Фролова, 2011]. В данной статье речь пойдет об уникальных гидрометеорологических условиях, сложившихся летом 2010 г. и отвечающих обоим понятиям.

Реки Кондурча и Байтуган являются правыми притоками р. Сок (длина 363 км, площадь бассейна 11 700 км²), впадающей в Саратовское водохранилище в районе Самарской Луки (рис. 1). На данных реках ведутся многолетние гидробиологические наблюдения сотрудниками Института экологии Волжского бассейна РАН (ИЭВБ РАН) [Зинченко, Головатюк, 2007; Особенности ..., 2011; Шитиков с соавт., 2012]. Летом 2010 г. совместно со специалистами из МГУ проведены дополнительные гидрологические исследования по изучению влияния маловодья на существование гидробионтов [Особенности ..., 2011; Зинченко с соавт., 2016]. Рассматриваемый район характеризуется умеренно континентальным климатом и лесостепными ландшафтами, представленными луговой злаково-разнотравной и разнотравно-злаковой растительностью в сочетании с дубовыми лесами. Истоки рек расположены на склонах Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Среднегодовое количество осадков на

изучаемой территории составляет около 550 мм, твердые осадки и ледостав наблюдаются с ноября по апрель. Питание рек преимущественно снеговое, основной сток воды проходит в весеннее время с максимумом в апреле. Для рек характерен восточно-европейский тип водного режима. По химическому составу они относятся к гидрокарбонатному классу, кальциевой группе. Среднегодовая мутность изменяется от 100 до 250 г/м³ [Сток ..., 1977].

Длина Байтугана равна 20 км, площадь бассейна – 99,4 км² [Ресурсы ..., 1966], исходя из этих параметров река является малой [Гидрология суши ..., 1988; Михайлов с соавт., 2008], она впадает в Сок в верхнем течении. Гидрометрические наблюдения на реке отсутствуют, средний модуль стока воды в районе речного бассейна составляет около 3,5 л/(с км²) [Основные ..., 2015], то есть среднегодовой расход воды можно оценить примерно в 0,35 м³/с. Река протекает в условиях интенсивного развития карста [Ресурсы ..., 1971]. Байтуган и родники, расположенные в его бассейне, являются памятниками природы [Памятники ..., 1985]. Сельскохозяйственная нагрузка в бассейне незначительна, промышленное загрязнение отсутствует [Зинченко, Головатюк, 2007], река зарегулирована земляной плотиной в нижнем течении.

Кондурча согласно гидрографическим характеристикам (длина 294 км, площадь бассейна 4360 км² [Ресурсы ..., 1966]) относится к средним рекам [Гидрология суши ..., 1988; Михайлов с соавт., 2008], является самым крупным притоком р. Сок и впадает в нее в нижнем течении. Среднегодовой расход воды в среднем течении на гидрологическом посту в с. Кошки (площадь бассейна в створе 2390 км²) за период с 1939 по 2010 гг. составил 7,13 м³/с [Основные ..., 2015], модуль стока воды – 2,98 л/(с км²). Средняя мутность реки равна 190 г/м³ [Ресурсы ..., 1980]. В бассейне развито сельское хозяйство, в верхнем течении расположено водохранилище, многие притоки также зарегулированы прудами, река загрязнена сточными водами населенных пунктов и промышленных (преимущественно нефтеперерабатывающих) предприятий.

С конца 70-х годов в бассейне Волги произошли изменения водного режима в связи с изменением климата, в итоге отмечается тенденция к внутригодовому перераспределению стока воды, что особенно проявляется на примере малых рек [Евстигнеев с соавт., 2010; Фролова с соавт., 2013, 2014, 2015; Основные ..., 2015]: уменьшается сток весеннего половодья за счет увеличения числа оттепелей в зимний период, в то же время возрастает роль подземного стока в связи с увеличением количества осадков в теплый период года.

Материалы и методы исследования.

В рамках совместной экспедиции ИЭВБ РАН и МГУ проводили гидрологические исследования на р. Байтуган с 5 по 6 июля

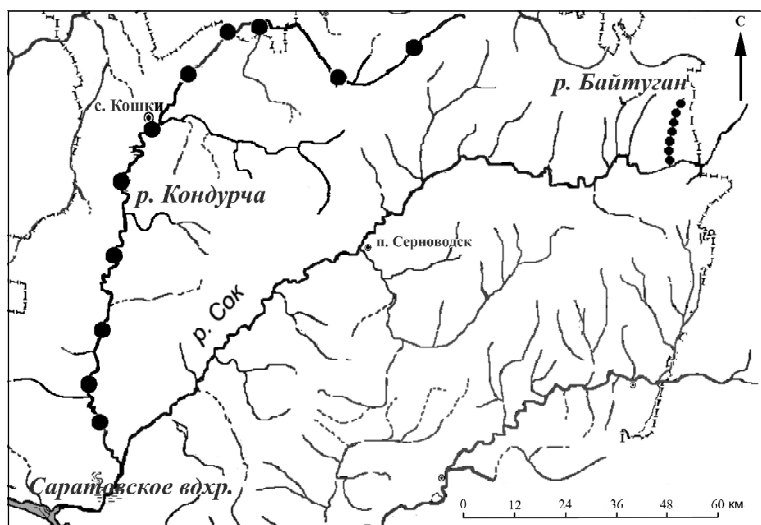


Рис. 1. Исследуемый район и расположение створов (круги), гидрологического поста (с. Кошки), метеостанции (п. Серноводск)

Fig. 1. The study area and location of sites (circles), hydrological (Koshki) and meteorological (Sernovodsk) stations

2010 г., на р. Кондурча – с 7 по 9 июля 2010 г. В их состав вошли измерения расходов и мутности воды, гранулометрического состава взвешенных наносов и донных отложений. Всего вдоль р. Байтуган детально исследовано 7 створов, вдоль р. Кондурча – 11 створов. Для оценки запасов подземных вод выполнены отдельные исследования родников: оценивали их дебит и мутность воды, в долине Байтугана изучено 5 родников, в долине Кондурчи – 7.

Расход воды в реках вычисляли аналитическим методом, скорость воды измеряли гидрометрической вертушкой ИСП-1, в истоках рек, где глубины не позволяли использовать вертушку, скорость воды оценивали поплавками, в родниках расход определяли объемным методом. Пробы воды отбирали интегральным способом с помощью батометра-бутылки. Мутность воды измеряли двумя способами: весовым и оптическим. В первом случае проводили фильтрацию системой «Millipore» с использованием мембранных фильтров «Millipore» (диаметр 4,7 см, размер пор 0,45 мкм). Пробы воды и фильтры обрабатывали в соответствии с действующей методикой [Методические ..., 2002]. Оптическую мутность определяли мутномером «НАСН 2100Р», оценивающим интенсивность рассеивания света взвешенными частицами. Благодаря оперативности последнего метода удалось получить массовые значения оптической мутности воды рек и родников. Переход к весовой мутности осуществляли через зависимость, построенную между мутностями, измеренными одновременно двумя способами в контрольных створах. Указанный метод к настоящему времени хорошо себя зарекомендовал [Белозерова, Чалов, 2013; Промахова, 2016]. Гранулометрический состав взвешенных наносов измеряли лазерным гранулометром «Fritsch Analysette 22», определяли его во взвеси, осевшей на мембранный фильтр при фильтровании. Для измерения крупности донных отложений проводили ситование проб, отобранных дночерпателем. Уточнение длин рек и площадей бассейнов Кондурчи и Байтугана, а также определение лесистости в бассейне последнего проведено с помощью геоинформационных технологий по топографическим картам масштаба 1:100 000, изображающим состояние местности на конец 80-х годов XX в.

Данные о ежедневных расходах воды за 2010 г. получены по единственному действующему гидрологическому посту на р. Кондурча – с. Кошки (Самарская обл.), расположенном в 152 км от устья, из Автоматизированной информационной системы (АИС) государственного мониторинга водных объектов [Автоматизированная ..., 2014]. Метеорологическая информация за 2010 г. использована по метеостанции в п. Серноводск (Самарская обл.), расположенной в средней части бассейна Сока и находящейся приблизительно на равном удалении от с. Кошки (61 км) и р. Байтуган (69 км до устья реки) [Расписание ..., 2015]. Многолетние климатические данные по метеостанции получены из АИС обработки режимной информации, предоставленной Ми-

ровым центром данных в г. Обнинск [Специализированные ..., 2011]. Аномалии метеопараметров рассчитывались как отклонения значений от нормы за период 1980–2009 гг., сдвинутый на 1 год по сравнению с базовым периодом 1981–2010 гг., рекомендованным ВМО (Всемирной метеорологической организацией) [Доклад ..., 2011], для исключения расчетного 2010 г. из выборки и предотвращения смещенных оценок.

Результаты исследований и их обсуждение.

Формирование гидрологических условий на реках Кондурча и Байтуган в теплый сезон 2010 г. происходило в условиях продолжительной «беспрецедентной жары» и очень сухого лета (третьего по рангу за весь инструментальный период наблюдений с 1938 г. для всей европейской части России – ЕЧР), которые вызвали засуху во многих регионах страны, в том числе в Приволжском федеральном округе [Доклад ..., 2011]. В исследуемом районе на метеостанции в Серноводске лето 2010 г. оказалось самым жарким за период с 1917 г., приземная температура воздуха превысила норму в среднем на 5,2 °С (28%), самым теплым месяцем оказался август, когда величина аномалии достигла +6,3 °С или 35% (рис. 2, В). К началу экспедиции (05.07.2010) за предшествующий теплый период, начиная с апреля, выпало всего 20 мм атмосферных осадков, это на 101 мм меньше нормы, в целом с апреля по сентябрь дефицит осадков изменялся от 33 до 95%, в среднем составив 65% (рис. 2, А, Б) [Специализированные ..., 2011; Расписание ..., 2015]. Сочетание таких условий привело к формированию экстремально низкой летней межени, зафиксированной в этот период почти на всей ЕЧР и Южном Урале [Алексеевский, Фролова, 2011; Лебедева с соавт., 2011; Алексеевский с соавт., 2013б]. Жаркое лето и продолжительный период с дефицитом осадков повлияли на отклонение среднегодовых показателей 2010 г. от нормы, на станции в Серноводске приземная температура воздуха оказалась выше на 35%, а осадки – ниже на 20%.

С целью актуализации каталожной гидрографической информации проведен перерасчет длин и площадей рек. Расчеты показали, что литературные данные [Ресурсы ..., 1966] хорошо соотносятся с результатами, полученными современными методами. По нашим расчетам длина Байтугана составила 20, Кондурчи – 290 км, что почти совпадает с опубликованными данными: отличие на 0 и 1% соответственно. Площадь бассейна Байтугана равна 11,2 км², что на 11% (12,6 км²) больше, чем в литературном источнике [Ресурсы ..., 1966], для Кондурчи она составила 4560 км², что на 200 км² или всего на 4% меньше, чем в каталожных материалах. Для рассматриваемых рек оценивалось падение ΔH и рассчитывался уклон русел I : для р. Байтуган $\Delta H = 154$ м, $I = 0,0077$; для р. Кондурча $\Delta H = 171$ м, $I = 0,0006$. В итоге, пересчет гидрографических параметров влечет изменение расчетных гидрологических характеристик на исследуемых реках пропорционально уточненной величине.

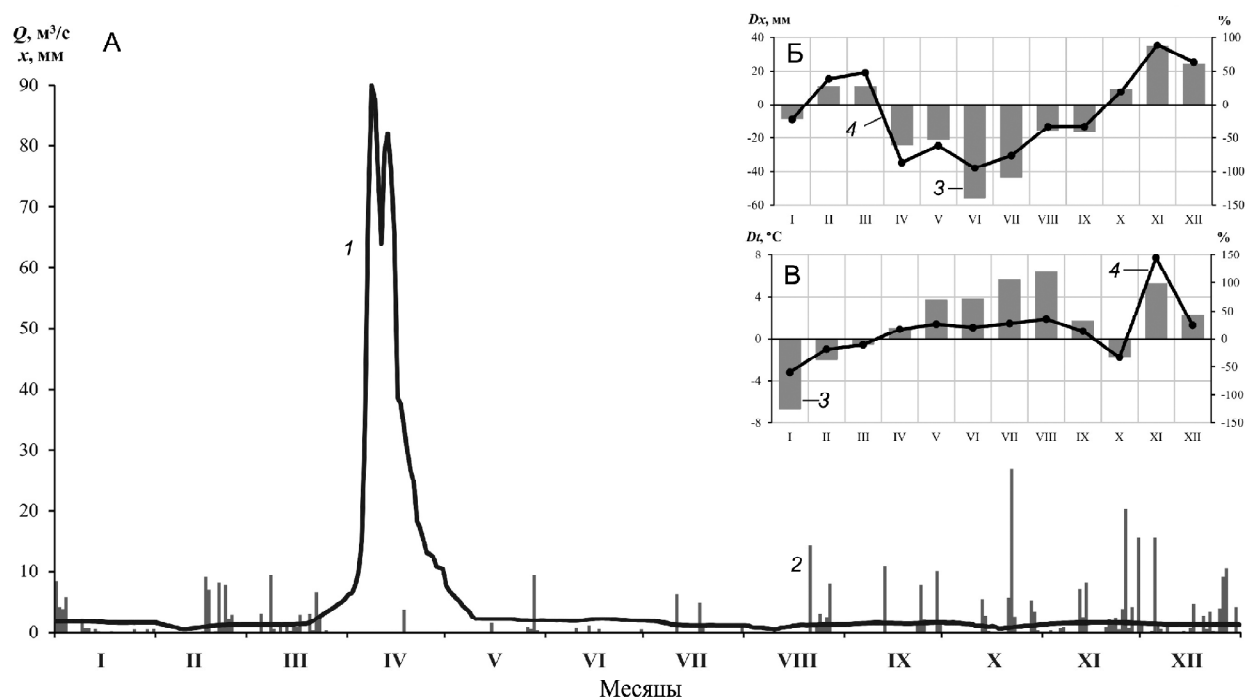


Рис. 2. Изменение расхода воды Q (1) в р. Кондурча – с. Кошки и суточных атмосферных осадков x (2) на метеостанции п. Серноводск (А); аномалии месячных сумм осадков Dx (Б) и средних температур приземного воздуха Dt (Б) в абсолютных (3) и относительных (4) значениях за 2010 г. (аномалии рассчитаны как отклонение от среднего за 1980–2009 гг.)

Fig. 2. Water discharge Q (1) in the Kondurcha River at Koshki and daily precipitation x (2) at the meteorological station of Sernovodsk (A); anomalies of monthly rainfall Dx (Б) and average air temperatures Dt (Б) in absolute (3) and relative (4) values for 2010 (anomalies are calculated as a deviation from 1980–2009 averages)

Для Байтугана и Кондурчи определялся тип руслового процесса. Проведено построение продольных профилей русел, выявлен их вогнутый (выработанный) характер, что демонстрирует динамическое равновесие русел рек. Это в совокупности с площадями бассейнов и уклонами русел позволяет отнести обе реки к равнинному типу [Чалов, 2008].

Водный режим Кондурчи (с. Кошки) в 2010 г. отличался устойчивой летне-осенней меженью (рис. 2), среднегодовой расход воды в реке составил 4,48 м³/с [Автоматизированная ..., 2014], это на 37% меньше среднегодового расхода воды за весь период наблюдений (1939–2010 гг.) и соответствует обеспеченности 86% [Основные ..., 2015], что характеризует год как очень маловодный [СП 33-101-2003]. В 2010 г. на весну (март–май) пришлось 76% годового стока воды, а на лето и осень (июнь–ноябрь) всего 16%, в то время как для среднего по водности года за период 1978–2009 гг., который отвечает современным условиям формирования стока воды, эти величины равны 62 и 28% соответственно [Основные ..., 2015]. Такое распределение в рассматриваемом году связано с климатическими факторами – повышенная доля весеннего стока воды связана со снежной зимой 2010 г. и дождливой осенью 2009 г., а низкий сток воды в теплое время года был вызван засухой [Доклад ..., 2011].

Формирование стока воды в реках при отсутствии осадков происходило за счет разгрузки подземных вод. В Кондурче и Байтугане в период маловодья расход воды увеличивался вниз по течению

по мере дренирования водоносных горизонтов и впадения притоков (рис. 3). Однако на эту закономерность повлияли локальные факторы. В нижнем течении р. Байтуган расход воды уменьшался на 15% в связи с наличием бобровой плотины, создающей подпор, в итоге вода растекалась по пойме, и ее запасы уменьшались за счет инфильтрации в почвогрунты и испарения. Ниже небольшого водохранилища перед устьем Байтугана, наоборот, расход воды увеличивается, что может быть вызвано эффектом перераспределения воды с многоводной фазы водного режима (половодья 2010 г.) на маловодную, а также разгрузкой подземных вод в ложе водоема. Средняя глубина h р. Байтуган на участках, не испытывающих подпор, составила 0,12 м, а средняя скорость $v = 0,25$ м/с, для р. Кондурча эти значения оказались больше ($h = 0,33$ м, $v = 0,34$ м/с) из-за более высокой водности. Средний расход воды в Кондурче во время исследований превысил средний расход в Байтугане в 18 раз, а для устья разница в величине расходов воды достигла 27 раз. Фактически измеренный расход в р. Кондурча в с. Кошки 08.07.2015 г. составил 0,68 м³/с; это вдвое меньше, чем получено по данным измерений на посту, что, вероятно, связано с использованием устаревшей кривой зависимости расходов воды от уровней $Q = f(H)$.

В условиях маловодья вместе с изучением водности Байтугана и Кондурчи проводили наблюдения за дебитом воды в родниках, расположенных в долинах исследуемых рек. Часть родников, преиму-

щественно в верховьях рек, пересохла, для действующих источников дебит колебался в широких пределах от 1 до 330 л/с. Наиболее интенсивные родники отмечены в нижнем и среднем течении р. Кондурча с дебитом 220–330 л/с. В бассейне р. Байтуган дебит самого крупного родника, расположенного вблизи устья, оказался равным 23 л/с. Вклад родников в суммарный сток воды в Кондурче в период маловодья составил более 5, а в сток Байтугана – 18%. Мутность воды во всех родниках не превышала 1 г/м³.

С учетом пересчитанных площадей бассейнов и измеренных расходов воды во время экспедиции модуль стока воды M_Q в период маловодья в устье р. Байтуган был равен 1,13 л/(с км²), что в 1,5 раза больше чем у р. Кондурча, где $M_Q = 0,74$ л/(с км²). Более высокие значения для Байтугана связаны с рядом факторов. Река имеет аazonальный характер благодаря малой площади бассейна, его закарстованности, большой роли родникового питания, повышенной (55%) лесистостью, в то время как у Кондурчи она составляет всего 11% [Основные ..., 2015]. На уменьшение M_Q в бассейне Кондурчи влияет его распаханность (до 60–80% в среднем и нижнем течении) [Ресурсы ..., 1971] и забор воды на хозяйственные нужды. К тому же относительные потери стока больше для водосборов с большей площадью за счет потерь на испарение, заполнение понижений и т. п. [Ресурсы ..., 1971; Алексеевский, Косицкий, 2012; Алексеевский с соавт., 2013a].

Исследования, проведенные при минимальном воздействии внешних факторов (осадков, склоновой эрозии и т. п.), позволяют выявить влияние транспортирующей способности потока на изменение мутности по длине рек. Увеличение расходов воды вниз по течению приводит к возрастанию транспортирующей способности потока, вызывает размыв русловых отложений и повышает содержание взвешенных частиц в потоке. В период маловодья мутность воды по длине Байтугана возрастала в 5 раз с 6,93 до 36,7 г/м³ (рис. 3), одновременно происходило увеличение крупности взвешенных наносов с 0,02 до 0,73 мм, что соответствовало переходу от фракций пыли к песку; в составе русловых отложений преобладали гравий и галька со средним диаметром 3,9 мм. Уменьшение мутности в водах Байтугана отмечалось на участках замедления скоростей течения: из-за аккумуляции в районе бобровой плотины мутность воды сокращалась на 7%, а водохранилище в нижнем течении перехватывало 63% взвешенных частиц, уменьшая этот показатель к устью до 9,92 г/м³.

Вдоль р. Кондурча наблюдалось небольшое уменьшение мутности от истока к устью в 1,6 раза, с 17,7 до 10,9 г/м³. Эта закономерность доминировала по длине реки, несмотря на локальный размыв

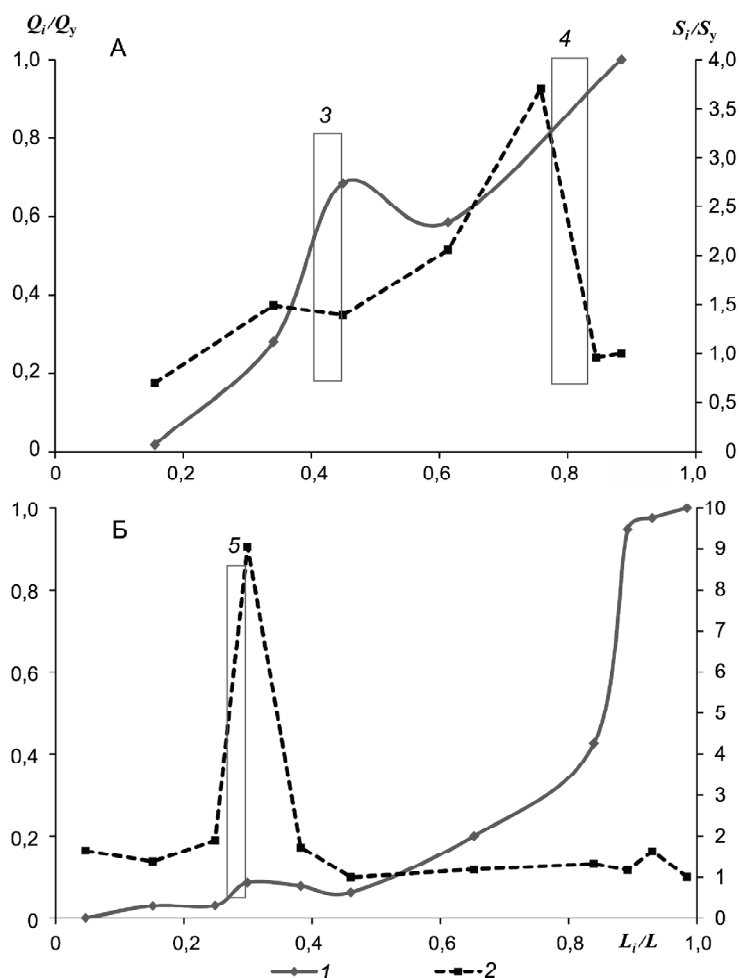


Рис. 3. Изменение расходов (1) и мутности воды (2) по длине р. Байтуган (А) ($Q_y = 0,13$ м³/с, $S_y = 9,92$ г/м³) и р. Кондурча (Б) ($Q_y = 3,37$ м³/с, $S_y = 10,9$ г/м³) в условиях маловодья (S_y , Q_y – мутность и расход воды в створе; S_y , Q_y – мутность и расход воды в устье; L – длина реки, L_i – расстояние исследуемого створа от истока; 3 – бобровая плотина, 4 – водохранилище, 5 – участок размыва коренных пород)

Fig. 3. Water discharge (1) and suspended sediment concentration (SSC) (2) along the Baytugan River (A) ($Q_y = 0,13$ m³/s, $S_y = 9,92$ g/m³) and the Kondurcha River (B) ($Q_y = 3,37$ m³/s, $S_y = 10,9$ g/m³) during water shortage (S_y , Q_y – SSC and water discharge at a site; S_y , Q_y – SSC and water discharge at the river mouth; L – length of the river, L_i – distance from the river source to the site; 3 – beaver dam, 4 – water reservoir, 5 – rock erosion area)

коренных пород на участке с неустойчивым руслом, где повышение скорости потока в 8,5 раз увеличило мутность в 5 раз – до 98,4 г/м³. Дальнейшее возрастание расхода воды в два раза ниже по течению не вызвало увеличения мутности воды, поскольку транспортирующая способность потока на этом участке оказалась недостаточной для переноса продуктов размыва русловых отложений, имеющих крупный фракционный состав (гравий, крупнозернистый песок), также в значительной мере это связано с зарегулированностью реки и ее притоков небольшими водохранилищами и прудами, которые препятствуют перемещению наносов вдоль эрозионно-русловых систем и уменьшают водность главной реки в засушливый период за счет потерь на испарение и забора воды на хозяйственно-питьевые нужды. Крупность взвешенных частиц по длине Кондурчи

в период маловодья уменьшалась от песчаных к пылеватым фракциям с 0,56 до 0,02 мм, а средний диаметр русловых отложений составил 1,7 мм. Средний расход взвешенных наносов в нижнем течении реки во время маловодья был равен 0,06 кг/с, что соответствует всего 3% от среднесуточного значения [Ресурсы ..., 1980].

Выводы:

– формирование гидрологических условий в 2010 г. на исследуемой территории происходило при сочетании продолжительной жары и очень сухого лета. Летняя приземная температура воздуха в среднем превысила норму на 5,2 °С или 28%, дефицит осадков с апреля по сентябрь изменялся от 33 до 95% (метеостанция в п. Серноводск). Это повлияло на внутригодовое распределение стока воды и уменьшило его летне-осеннюю долю на р. Кондурча (с. Кошки) почти вдвое: с 28 до 16% по сравнению со среднесуточным периодом;

– аномалии температуры, осадков и стока воды в теплый период 2010 г. повлияли на среднегодовые характеристики в рассматриваемых пунктах наблюдений. Средняя температура воздуха оказалась выше на 35%, дефицит осадков составил 20%, а среднегодовой расход воды был меньше на 37% по сравнению со среднесуточными значениями. Обеспеченность среднегодового расхода в 2010 г.

составила 86%, что определило год как «очень маловодный»;

– модуль стока воды в период маловодья в устье Байтугана в 1,5 раза превысил аналогичную величину р. Кондурча, это связано с азональными факторами бассейна Байтугана (малой площадью, закарстованностью, большой ролью родникового питания, повышенной (55%) лесистостью, слабой хозяйственной нагрузкой). В бассейнах Кондурчи и Байтугана исследованы родники, определено, что их вклад в суммарный сток воды рек в маловодье 2010 г. составил около 5 и 18% соответственно;

– содержание взвешенных наносов при отсутствии атмосферных осадков, влияющих на склоновую эрозию в речном бассейне, зависит исключительно от транспортирующей способности потока, которая закономерно увеличивается вниз по течению при нарастании стока воды. В целом вдоль Байтугана мутность воды возрастала в 5 раз за счет размыва русловых отложений, а вдоль Кондурчи, наоборот, уменьшалась в 1,6 раза в связи с аккумуляцией, несоответствием транспортирующей способности потока и крупности русловых наносов, что обусловлено в первую очередь зарегулированностью притоков реки небольшими водохранилищами и прудами. Расход взвешенных наносов в Кондурче во время маловодья составил 3% от среднесуточного значения.

Благодарности. Авторы благодарны за помощь в работе начальнику отдела гидрологических прогнозов Центрального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Н.А. Ефремовой и сотруднику кафедры метеорологии и климатологии МГУ канд. геогр. н. Е.Ю. Ждановой. Исследование выполнено по теме НИР лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева МГУ, при частичной поддержке РФФИ (проекты №№ 15-04-03341, 15-34-51088, 15-05-03752, 14-05-31351, 13-04-00740, 13-04-10119) и гранта Президента РФ (МК-5835.2016.5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов. 2014. URL: <https://gmv.vskniivh.ru/> (дата обращения: 14.10.15).
- Алексеевский Н.И., Косицкий А.Г. Изменение стока воды по длине рек // Закономерности гидрологических процессов / Под ред. Н.И. Алексеевского. М.: ГЕОС, 2012. С. 318–324.
- Алексеевский Н.И., Косицкий А.Г., Носань В.В., Христов А.В. Подobie рек и их систем // Водные ресурсы. 2013а. № 6. С. 531–544.
- Алексеевский Н.И., Фролова Н.Л. Безопасность водопользования в условиях маловодий // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2011. Т. 6. С. 6–17.
- Алексеевский Н.И., Фролова Н.Л., Гречушников М.Г., Пахомова О.М. Оценка негативного воздействия маловодья 2010 года на социально-хозяйственный комплекс страны // Природообустройство. 2013б. № 3. С. 65–68.
- Атлас мирового водного баланса. М.; Л.: Гидрометеоздат, 1974. 46 карт.
- Белозеров В.К. Страсти по воде // Россия в глобальной политике. 2009. Т. 7. № 3. С. 150–160.
- Белозеров В.К. Страсти по воде и Центральная Азия // Россия и мусульманский мир. 2010. № 2. С. 117–123.
- Белозерова Е.В., Чалов С.Р. Определение содержания взвешенных частиц в речных водах оптическими методами // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2013. № 6. С. 39–45.
- Большой толковый словарь русского языка / Гл. ред. С.А. Кузнецов. СПб.: Норинт, 2000. 1536 с.
- Гидрология суши. Термины и определения. ГОСТ 19179-73. М.: Государственный Комитет СССР по стандартам, 1988. 34 с.
- Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2010 год / Под ред. Ю.А. Израэля и др. М., 2011. 66 с.
- Евстигнеев В.М., Кислов А.В., Сидорова М.В. Влияние климатических изменений на годовой сток рек Восточно-Европейской равнины в XXI в. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2010. № 2. С. 3–10.
- Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. Структура реофильных сообществ макрозообентоса малой реки Байтуган (бассейн Нижней Волги) // Известия Самарского НЦ РАН. 2007. Т. 9. № 4. С. 1020–1035.
- Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Абросимова Э.В., Промахова Е.В. Применение биотических идентификаторов для оценки качества поверхностных вод (на примере малых рек бассейна Нижней Волги) // Астраханский вестник экологического образования. 2016. № 3(37). С. 61–72.
- Лебедева М.Г., Клубкова Г.В., Колмыков С.Н. Водный режим рек Белгородской области в условиях аномальной жары 2010 года // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2011. № 15. С. 186–192.

Малые реки Волжского бассейна / Под ред. Н.И. Алексеевского. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 234 с.

Методические указания. Мутность воды. Методика выполнения измерений (РД 52.08.104-2002). М.: Росгидромет, 2002. 7 с.

Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология. Изд. 3-е. М.: Высшая школа, 2008. 464 с.

Основные гидрологические характеристики рек бассейна Нижней Волги / Под ред. В.Ю. Георгиевского. Ливны: Издатель Мухаметов Г.В., 2015. 228 с. (CD-ROM).

Особенности пресноводных экосистем малых рек Волжского бассейна / Под ред. Г.С. Розенберга, Т.Д. Зинченко. Тольятти: Кассандра, 2011. 322 с.

Памятники природы Куйбышевской области / Сост. В.И. Матвеев и М.С. Горелов. Куйбышев: Кн. изд-во, 1985. 157 с.

Промахова Е.В. Изменчивость мутности речных вод в разные фазы водного режима. Автореф. дис. ... канд. геогр. н. 25.00.27. М., 2016. 28 с.

Расписание погоды. 2015. URL: <http://rp5.ru/> (дата обращения: 09.11.15).

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 1. Бассейн р. Волги ниже г. Чебоксары / Под ред. Г.Г. Доброумовой и др. Л.: Гидрометеоздат, 1971. 412 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Вып. 1. Нижнее Поволжье / Под ред. О.М. Зубченко. Л.: Гидрометеоздат, 1966. 287 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Основные гидрологические характеристики (за 1971–1975 гг. и весь период наблюдений). Т. 12. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан.

Вып. 1. Нижнее Поволжье / Под ред. В.П. Нагорного и И.В. Пичика. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 327 с.

СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М.: Госстрой России, 2004. 73 с.

Специализированные массивы для климатических исследований. 2011. URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> (дата обращения: 10.11.15).

Сток наносов, его изучение и географическое распределение / Под ред. А.В. Караушева. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 240 с.

Фролова Н.Л., Агафонова С.А., Киреева М.Б., Молчанова Т.Г., Повалишников Е.С. Современные особенности внутригодового распределения стока рек бассейна Волги // Речной сток: пространственно-временная изменчивость и опасные гидрологические явления. М.: Географический факультет МГУ, 2014. С. 61–82.

Фролова Н.Л., Агафонова С.А., Нестеренко Д.П., Повалишников Е.С. Естественная зарегулированность стока рек бассейна Волги в условиях меняющегося климата // Водное хозяйство России. 2013. № 6. С. 32–49.

Фролова Н.Л., Киреева М.Б., Агафонова С.А., Евстигнев В.М., Ефремова Н.А., Повалишников Е.С. Внутригодовое распределение стока равнинных рек Европейской территории России и его изменение // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2015. № 4. С. 4–20.

Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 1. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 608 с.

Шитиков В.К., Зинченко Т.Д., Розенберг Г.С. Макроэкология речных сообществ: концепции, методы, модели. Тольятти: Кассандра, 2012. 256 с.

Поступила в редакцию 17.12.2016
Принята к публикации 04.05.2017

E.V. Promakhova¹, T.D. Zinchenko², L.V. Golovatyuk³,
E.V. Abrosimova⁴, E.V. Belozero⁵

HYDROLOGICAL CONDITIONS OF RIVERS IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE LOWER VOLGA AREA DURING THE EXTREME WATER SHORTAGE (CASE STUDY OF THE KONDURCHA AND BAYTUGAN RIVERS)

The results of field research of the Kondurcha and Baytugan rivers (the Lower Volga basin) during water shortage of summer 2010 are presented. The rivers are significantly different in size, anthropogenic pressure over the drainage area and forest cover. Different trends of water discharge and turbidity, suspended and bed sediments and their grain-size distribution along the rivers were revealed. The specific discharge at the Baytugan River mouth was 1,5 times higher than in the Kondurcha River mouth, due to azonal features of the Baytugan River basin (small area, karst processes, important role of springs, higher forest cover – 55%, low anthropogenic pressure). During the studied period the contribution of springs located in river valleys to the water flow amounted to 5% for the Kondurcha River and 18% for the Baytugan River.

Hydrological conditions of 2010 water scarcity resulted from a combination of long-term heat and very dry summer. The air temperature exceeded the average rate by 5,2 °C, or 28%, precipitation deficit between April and September varied from 33 to 95%. As a result, the average water discharge decreased to 4,48 m³/s (37% less than the long-term average values), corresponding to 86% exceedance probability, thus the year could be classified as very low water one. Extreme weather phenomena affected the intra-annual

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Junior Scientific Researcher; e-mail: promakhova@gmail.com

² Institute of Ecology of the Volga Basin RAS, Laboratory of Ecology of Small Rivers, Head of the Laboratory, D.Sc. in Biology; e-mail: tdz@mail333.com

³ Institute of Ecology of the Volga Basin RAS, Laboratory of Ecology of Small Rivers, Senior Scientific Researcher, PhD in Biology; e-mail: gollarisa@mail.ru

⁴ Institute of Ecology of the Volga Basin RAS, Laboratory of Ecology of Small Rivers, Junior Scientific Researcher; e-mail: a-elina-v@yandex.ru

⁵ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, student; e-mail: Egora1000@mail.ru

distribution of water runoff in 2010; its summer-autumn part for the Kondurcha River decreased almost twice (from 28 to 16% compared to the long-term average).

In the absence of rainfall, affecting the slope erosion in the river basin, the content of suspended solids depended solely on hydrological transport capacity, which naturally increased downstream with the increase in water flow. Suspended sediment concentration (SSC) increased 5 times along the Baytugan River because of the erosion of riverbed sediments with increasing water discharge. On the contrary, SSC decreased by 1.6 times along the Kondurcha River, due to regulation of river tributaries by small reservoirs and ponds, which hindered the movement of sediment along fluvial systems and reduced water content of the main river in the dry season. Suspended sediment discharge in the Kondurcha River amounted to 3% of the average annual values at 2010 water shortage.

Key words: the Lower Volga, the Kondurcha River, the Baytugan River, water shortage, water flow, springs, suspended sediment concentration, suspended sediments, bed sediments.

Acknowledgements. The authors are grateful to N.A. Efremova, head of the Department of Hydrological Forecasts of the Central Office for Hydrometeorology and Environment Monitoring, and PhD. E.Yu. Zhdanova of the MSU Department of Meteorology and Climatology for their assistance. The study was performed within the research theme of the Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes and in part financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (projects №№ 15-04-03341, 15-34-51088, 15-05-03752, 14-05-31351, 13-04-00740, 13-04-10119) and the RF President's grant for young researchers (MK-5835.2016.5).

REFERENCES

- Alekseevskij N.I., Frolova N.L.* Bezopasnost' vodopol'zovaniya v usloviyah malovodij [Safety of water use during water shortages] // *Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie*. 2011. V. 6. P. 6–17 (in Russian).
- Alekseevskij N.I., Frolova N.L., Grechushnikova M.G., Pahomova O.M.* Ocenka negativnogo vozdejstviya malovod'ya 2010 goda na social'no-hozyajstvennyj kompleks strany [Assessment of the negative impact of 2010 water shortage on the socio-economic complex of the country] // *Prirodoobustrojstvo*. 2013b. № 3. P. 65–68 (in Russian).
- Alekseevskij N.I., Kosickij A.G.* Izmenenie stoka vody po dline rek [Changes of water flow along the rivers] // *Zakonomernosti gidrologicheskikh processov* / Pod red. N.I. Alekseevskogo. Moscow: GEOS, 2012. P. 318–324 (in Russian).
- Alekseevskij N.I., Kosickij A.G., Nosan' V.V., Khristoforov A.V.* Podobie rek i ih system [The similarity of rivers and their systems] // *Vodnye resursy*, 2013a, № 6. P. 531–544 (in Russian).
- Atlas mirovogo vodnogo balansa [Atlas of the global water balance]. Moscow-Leningrad: Gidrometeoizdat. 1974: 46 kart (in Russian).
- Avtomatizirovannaya informacionnaya sistema gosudarstvennogo monitoringa vodnykh ob'ektov [The automated information system of the state monitoring of water bodies]. 2014. URL: <https://gmvo.skniihv.ru/> (14.10.15) (in Russian).
- Belozerv V.K.* Strasti po vode [Passion over water] // *Rossiya v global'noj politike*. 2009. V. 7. № 3. P. 150–160 (in Russian).
- Belozerv V.K.* Strasti po vode i Central'naya Azija [Passion over water and Central Asia] // *Rossiya i musul'manskij mir*. 2010. № 2. P. 117–123 (in Russian).
- Belozerv E.V., Chalov S.R.* Opredelenie soderzhaniya vzveshennykh chastic v rechnykh vodah opticheskimi metodami [Determination of suspended sediment concentrations in river water by optical methods] // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya*, 2013. № 6. P. 39–45 (in Russian).
- Bol'shoj tolkovyj slovar' russkogo jazyka* [Great Dictionary of Russian language] / Gl. red. S.A. Kuznecov. Saint Petersburg: Norint, 2000. 1536 p. (in Russian).
- Chalov R.S.* Ruslovedenie: teoriya, geografiya, praktika. Tom 1. Ruslovyje processy: faktory, mehanizmy, formy proyavleniya i usloviya formirovaniya rechnykh rusel [River morphology: theory, geography, practice. V. 1. Fluvial processes: factors, mechanisms, forms of manifestation and conditions of river channel formation]. Izdatel'stvo LKI, Moscow, 2008. 608 p. (in Russian).
- Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2010 god [Report on climate features in the Russian Federation for 2010] / Pod red. Ju.A. Izraelya i dr. Moscow, 2011. 66 p. (in Russian).
- Evstigneev V.M., Kislov A.V., Sidorova M.V.* Vliuanie klimaticheskikh izmenenij na godovoj stok rek Vostochno-Evropejskoj ravniny v XXI v. [The impact of climate change on the annual flow of rivers of the East European Plain in the twenty-first century] // *Vestnik Moskovskogo universiteta, Seriya 5: Geografiya*, 2010. № 2. P. 3–10 (in Russian).
- Frolova N.L., Agafonova S.A., Kireeva M.B., Molchanova T.G., Povalishnikova E.S.* Sovremennye osobennosti vnutrigodovogo raspredeleniya stoka rek bassejna Volgi [Modern features of the seasonal distribution of river flow in the Volga River basin] // *Rechnoj stok: prostranstvenno-vremennaja izmenchivost' i opasnye gidrologicheskie javleniya. Geograficheskij fakul'tet MGU*, Moscow, 2014. P. 61–82 (in Russian).
- Frolova N.L., Agafonova S.A., Nesterenko D.P., Povalishnikova E.S.* Estestvennaya zaregulirovannost' stoka rek bassejna Volgi v usloviyah menyayushhegosya klimata [Natural regulation of the Volga basin rivers runoff under the changing climate] // *Vodnoe hozyajstvo Rossii*, 2013. № 6. P. 32–49 (in Russian).
- Frolova N.L., Kireeva M.B., Agafonova S.A., Evstigneev V.M., Efremova N.A., Povalishnikova E.S.* Vnutrigodovoe raspredelenie stoka ravninnykh rek Evropejskoj

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Junior Scientific Researcher; e-mail: promakhova@gmail.com

² Institute of Ecology of the Volga Basin RAS, Laboratory of Ecology of Small Rivers, Head of the Laboratory, D.Sc. in Biology; e-mail: tdz@mail333.com

³ Institute of Ecology of the Volga Basin RAS, Laboratory of Ecology of Small Rivers, Senior Scientific Researcher, PhD in Biology; e-mail: gollarisa@mail.ru

⁴ Institute of Ecology of the Volga Basin RAS, Laboratory of Ecology of Small Rivers, Junior Scientific Researcher; e-mail: a-elina-v@yandex.ru

⁵ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, student; e-mail: Egora1000@mail.ru

territorii Rossii i ego izmenenie [Seasonal distribution of lowland rivers flow over European Russia and its change] // *Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie*, 2015. № 4. P. 4–20 (in Russian).

Gidrologiya sushi. Terminy i opredeleniya. GOST 19179-73 [Land Hydrology. Terms and Definitions. State Standard 19179-73]. Gosudarstvennyj Komitet SSSR po standartam, Moscow, 1988. 34 p. (in Russian).

Lebedeva M.G., Klubkova G.V., Kolmykov S.N. Vodnyj rezhim rek Belgorodskoj oblasti v usloviyah anomal'noj zhary 2010 goda [Water regime of Belgorod region's rivers under 2010 extreme heat] // *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*, № 15, 2011. P. 186–192 (in Russian).

Malye reki Volzhskogo bassejna [Small rivers of the Volga basin] / Pod red. N.I. Alekseevskogo, Izdatel'stvo MGU, Moscow, 1998, 234 p. (in Russian).

Metodicheskie ukazaniya. Mutnost' vody. Metodika vypolneniya izmerenij (RD 52.08.104-2002) [Methodological guidelines. Suspended sediment concentration. Measurement technique (RD 52.08.104-2002)]. Rosgidromet, Moscow, 2002. 7 p. (in Russian).

Mihajlov V.N., Dobrovol'skij A.D., Dobrolyubov S.A. Gidrologiya [Hydrology], izd. 3-e, Vysshaya shkola, Moscow, 2008, 464 p. (in Russian).

Osnovnye gidrologicheskie karakteristiki rek bassejna Nizhnej Volgi [The main hydrological characteristics of the Lower Volga basin] / Pod red. V.Ju. Georgievskogo. Izdatel' Muhametov G.V., Livny, 2015. 228 p. (CD-ROM) (in Russian).

Osobennosti presnovodnyh ekosistem malyh rek Volzhskogo bassejna [Specific features of freshwater ecosystems of small rivers of the Volga basin] / Pod red. G.S. Rozenberga, T.D. Zinchenko, Tol'jatti: Kassandra, 2011. 322 p. (in Russian).

Pamyatniki prirody Kujbyshevskoj oblasti [Nature Monuments of the Kuibyshev region] / Sost. V.I. Matveev, M.S. Gorelov. Kn. izd-vo, Kujbyshev, 1985. 157 p. (in Russian).

Promakhova E.V. Izmenchivost' mutnosti rechnyh vod v raznye fazy vodnogo rezhima [Variability of suspended sediment concentrations in river water at various stages of the water regime]. Avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk: 25.00.27. Moscow, 2016. 28 p. (in Russian).

Raspisanie pogody [Reliable Prognosis]. 2015. URL: <http://rp5.ru/> (09.11.15) (in Russian).

Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Tom 12. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyj Kazahstan. Vyp. 1. Bassejn r. Volgi nizhe

g. Cheboksary [Surface water resources of the USSR. V. 12. Lower Volga region and Western Kazakhstan. Iss. 1. Volga River basin below Cheboksary] / Pod red. G.G. Dobroumovoij i dr. Gidrometeoizdat, Leningrad, 1971. 412 p. (in Russian).

Resursy poverhnostnyh vod SSSR: Gidrologicheskaya izuchennost'. Tom 12. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyj Kazahstan. Vyp. 1. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyj Kazahstan. Vyp. 1. Nizhnee Povolzh'e [Surface water resources of the USSR: The hydrological study. V. 12. Lower Volga region and Western Kazakhstan. Iss. 1. Lower Volga] / Pod red. O.M. Zubchenko. Gidrometeoizdat, Leningrad, 1966. 287 p. (in Russian).

Resursy poverhnostnyh vod SSSR: Osnovnye gidrologicheskie karakteristiki (za 1971–1975 gg. i ves' period nablyudenij). Tom 12. Nizhnee Povolzh'e i Zapadnyj Kazahstan. Vyp. 1. Nizhnee Povolzh'e [Surface water resources of the USSR: The main hydrological characteristics for 1971–1975 and the whole period of observations). V. 12. Lower Volga region and Western Kazakhstan. Iss. 1. Lower Volga] / Pod red. V.P. Nagornogo, I.V. Picyka. Gidrometeoizdat, Leningrad, 1980. 327 p. (in Russian).

Shitikov V.K., Zinchenko T.D., Rozenberg G.S. Makroekologiya rechnyh soobshhestv: koncepcii, metody, modeli [Macroecology of river communities: concepts, methods, models]. Tol'jatti: Kassandra, 2012. 256 p. (in Russian).

SP 33-101-2003. Opredelenie osnovnyh raschetnyh gidrologicheskikh karakteristik [SP 33-101-2003. Determination of the main hydrological characteristics]. Gosstroj Rossii, Moscow, 2004. 73 p. (in Russian).

Specializirovannye massivy dlya klimaticheskikh issledovanij [Specialized arrays for climate research]. 2011. URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> (10.11.15) (in Russian).

Stok nanosov, ego izuchenie i geograficheskoe raspredelenie [Sediment flow, its study and geographical distribution] / Pod red. A.V. Karausheva. Gidrometeoizdat, Leningrad, 1977. 240 p. (in Russian).

Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V. Struktura reofil'nyh soobshhestv makrozoobentosa maloj reki Bajtugan (bassejn Nizhnej Volgi) [The structure of macrozoobenthos rheophilic communities of the small Baytugan River (the Lower Volga basin)] // *Izvestija Samarskogo NC RAN*, 2007. V. 9. № 4. P. 1020–1035 (in Russian).

Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Abrosimova Je.V., Promakhova E.V. Primenenie bioticheskikh identifikatorov dlya ocenki kachestva poverhnostnyh vod (na primere malyh rek bassejna Nizhnej Volgi) [Application of biotic indicators to assess the quality of surface water (case study of small rivers of the Lower Volga basin)] // *Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya*, 2016. № 3(37). P. 61–72 (in Russian).

Received 17.12.2016

Accepted 04.05.2017