



ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕКИ БУЗУЛУК

С.А. Теринов, студент строительного факультета,
e-mail: sergei_2000_terinov@mail.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Е.А. Нелюбина, канд. техн. наук, доц.,
e-mail: e.nelubina@gmail.com
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В статье был проведён анализ гидрологического ряда средних многолетних расходов воды в р. Бузулук. Был определен коэффициент вариации. Проведены проверки ряда на однородность и репрезентативность. Построена сокращённая интегральная кривая. По кривой были определены периоды водности реки. Был сделан вывод о снижении расходов воды, начиная с 70-х годов прошлого столетия, построен гидрограф для среднего по водности года. Сделан вывод о типе питания реки. Определены цели дальнейшего исследования.

Ключевые слова: гидрология, однородность, репрезентативность, река, Бузулук, Дон, приток, гидрограф, расход, обеспеченность

ВВЕДЕНИЕ

Для проведения любых хозяйственных мероприятий на водном объекте первым делом необходимо определить его гидрологические условия. Поэтому при проектировании водохозяйственных мероприятий на р. Бузулук были определены её основные гидрологические характеристики. Среди всех характеристик отмечено значительное отклонение коэффициента вариации исследуемой реки от остальных рек данного бассейнового округа. Поэтому была поставлена задача – выяснить причины данной аномалии путем анализа природных и хозяйственных условий формирования стока реки.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования – р. Бузулук, является притоком р. Хопёр и притоком второго порядка р. Дон. Река Бузулук протекает на Юго-Востоке Российской Федерации в Волгоградской области и входит в состав Донского бассейнового округа. Она имеет номер водохозяйственного участка – 05.01.02.004. На рис. 1 представлена схема размещения водохозяйственных участков в бассейне р. Дон на территории РФ.

Исток реки находится на западных склонах Приволжской возвышенности. Характер течения равнинный, в отдельные годы в верховьях река пересыхает. В бассейне р. Бузулук расположено свыше 600 небольших озёр. Общая протяжённость реки около 314 км. На территории бассейна максимально распространены луга и сельскохозяйственные угодья, леса имеются лишь в нескольких процентах от всей площади бассейна. За год в среднем выпадает около 500 мм осадков. Схема бассейна р. Бузулук представлена на рис. 2.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определить основные статистические характеристики гидрологического ряда, установить причины повышенного коэффициента вариации годового стока.

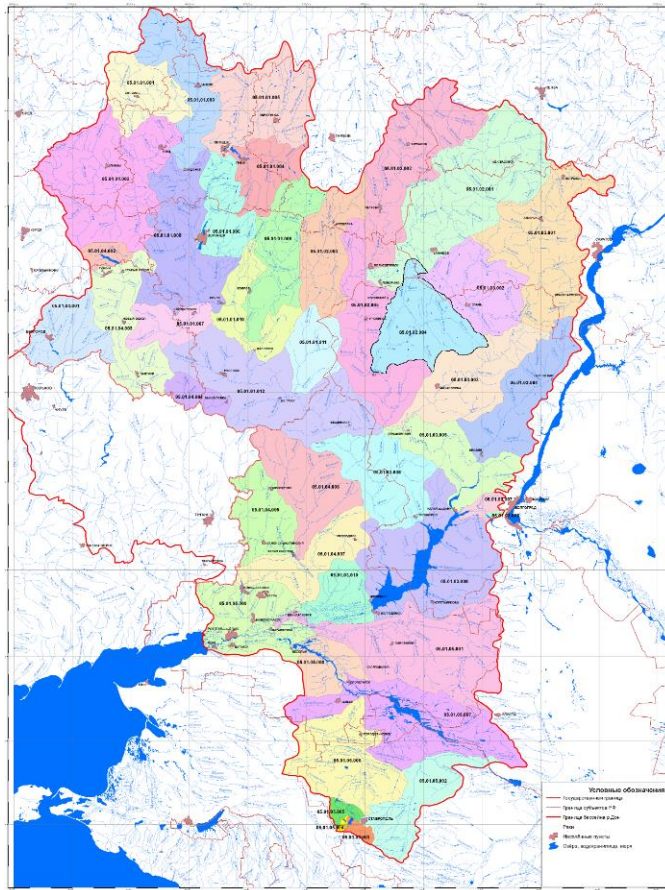
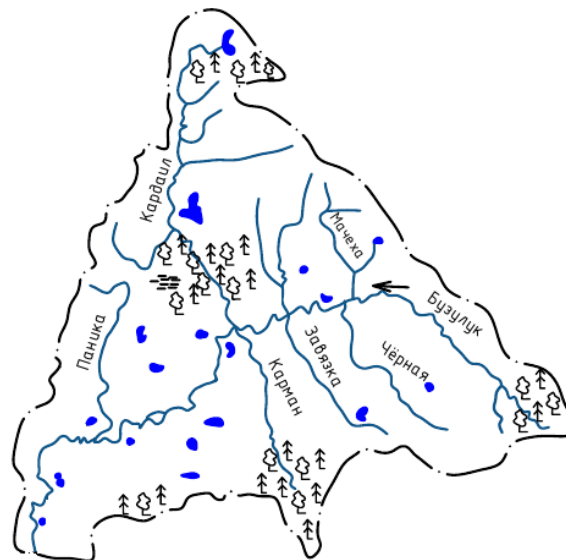


Рисунок 1 – Схема размещения водохозяйственных участков в бассейне р. Дон на территории Российской Федерации



Условные обозначения:






- | | |
|--|---|
|  - граница бассейна |  - лес |
|  - река |  - пашни |
|  - озёра | |

Рисунок 2 – Схема бассейна р. Бузулук

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как было сказано выше, в ходе изучения материалов по гидрологическому режиму р. Бузулук была отмечена большая изменчивость стока по годам с коэффициентом вариации $Cv=0,84$, в то время как у большинства рек Донского бассейна он находится в пределах $0,4-0,6$ [1]. Это больше зонального значения, определенного по карте и равного $0,4$ [2].

Поэтому были запрошены данные многолетних расходов р. Бузулук у Государственного гидрологического института [3]. По данным среднегодовых расходов за период с 1949 по 2018 гг. была проведена проверка гидрологического ряда на репрезентативность и однородность.

Для ответа на вопрос необходимо первым делом провести проверку ряда на репрезентативность. Для этого были выполнены расчёты и построена сокращённая интегральная кривая, представленная на рис. 3. Из её свойств следует, что если тангенс угла наклона прямой, соединяющей начало и конец периода, положительный, то годовой сток больше среднего, если же он отрицательный, то годовой сток меньше среднего. Для репрезентативности ряда необходимо, чтобы в него входили хотя бы два полных цикла водности.

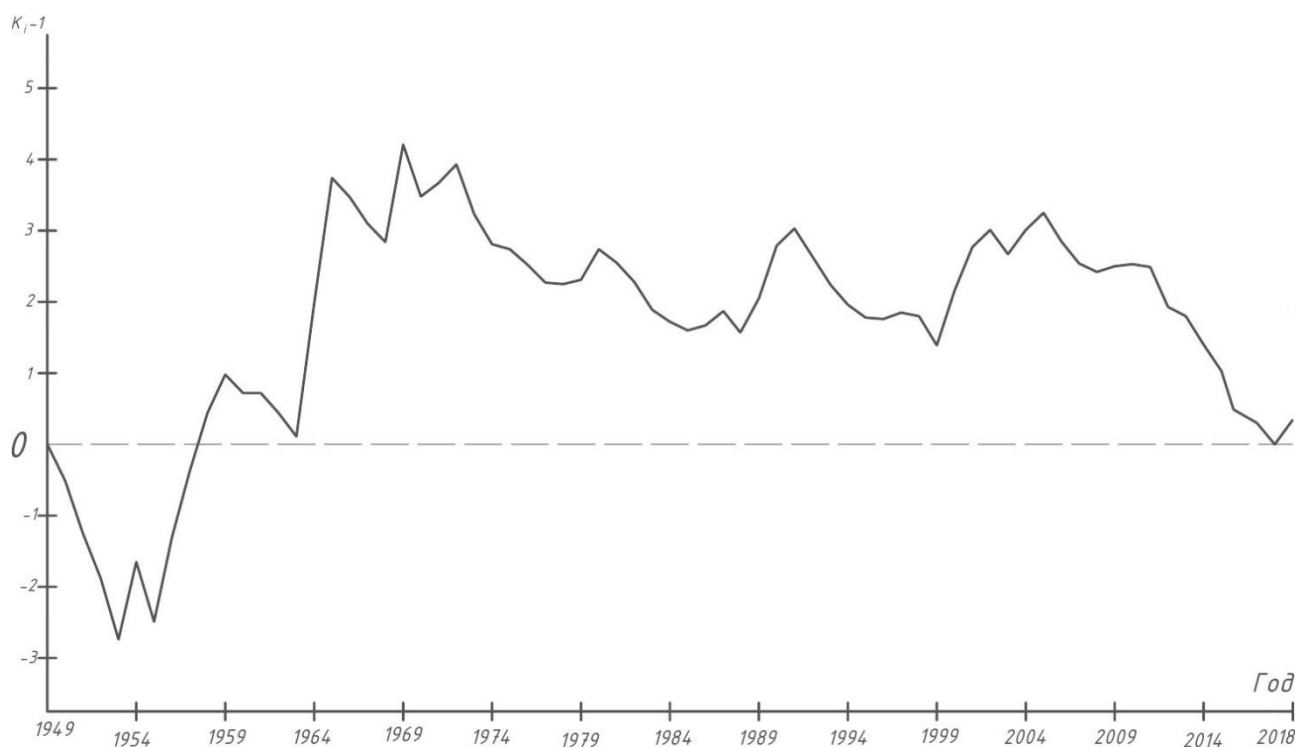


Рисунок 3 – Сокращенная интегральная кривая

На сокращённой интегральной кривой можно выделить три полных цикла водности:

- 1) 1953-1970 – многоводный период, длительностью 18 лет. Средний расход – $15,65 \text{ м}^3/\text{с}$; 1971-1984 – маловодный период, длительностью 14 лет. Средний расход – $9,84 \text{ м}^3/\text{с}$;
- 2) 1985-1990 – многоводный период, длительностью 6 лет. Средний расход – $14,28 \text{ м}^3/\text{с}$; 1991-1998 – маловодный период, длительностью 8 лет. Средний расход – $9,18 \text{ м}^3/\text{с}$;
- 3) 1999-2004 – многоводный период, длительностью 6 лет. Средний расход – $15,1 \text{ м}^3/\text{с}$; 2005-2017 – маловодный период, длительностью 13 лет. Средний расход – $8,64 \text{ м}^3/\text{с}$.

Так как данный ряд включает три полных периода водности, он является репрезентативным.

Проверка на однородность гидрологического ряда проводилась в соответствии с СП 33-101-2003 [4]. Для анализа весь ряд был разделен на два периода: первый – с 1953 по 1969 гг. (период явного роста) и второй (период снижения) – с 1970 по 2017 гг. Для начала проводилась проверка по критерию Фишера, который определен по формуле (1):

$$F = \delta_1^2 / \delta_2^2, \quad (1)$$

где δ – дисперсия, определяемая по формуле (2):

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(Q_i - Q_{\text{ср}})^2}{(n - 1)}}, \quad (2)$$

где n – объём выборки;

Q_i – расход за определённый год, м³/с;

$Q_{\text{ср}}$ – средний расход по ряду, определяемый по формуле (3):

$$Q_{\text{ср}} = \sum Q_i / n \quad (3)$$

Следовательно, параметр $Q_{\text{ср}}$ по формуле (3) для двух рядов равен:

$$Q_{\text{ср}1} = \frac{424,01}{35} = 12,11 \text{ м}^3/\text{с}, \quad Q_{\text{ср}2} = \frac{387,7}{35} = 11,08 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Тогда среднее квадратичное отклонение по формуле (2) для двух рядов равно:

$$\sigma_1 = \sqrt{2376,9/34} = 8,36, \quad \sigma_2 = \sqrt{571,25/34} = 4,1.$$

Отсюда критерий Фишера по формуле (1) равен: $F = 8,36^2 / 4,1^2 = 4,16$.

Критерий Фишера для 5-процентной вероятности: $F_{0,05} = 1,58$.

Таким образом, гипотеза о равенстве дисперсий отвергается, ряд считается неоднородным и проверка по критерию Стьюдента не проводится. Тогда возникает вопрос – в чем причина неоднородности ряда? Причинами могут быть как изменение климата, так и водохозяйственная деятельность в бассейне р. Бузулук. Периоды в несколько десятилетий климатологи относят к колебаниям климата, а не к его изменению. На водохозяйственную деятельность указывает наличие каскада прудов на реке. Наличие прудов и их использование способствовало заилению и вызвало деформации русла. На эти процессы требовалось время, поэтому можно предположить, что построены они были в 50-60 годах прошлого столетия. Отмечено, что в результате интенсивного использования водных ресурсов бассейна Дона с 1942 по 2000 гг. годовой сток р. Бузулук уменьшился на 21 % по сравнению со среднемноголетним условно-естественным стоком [5]. Поэтому причиной неоднородности гидрологического ряда является предположительно водохозяйственная деятельность в бассейне реки.

Далее были рассчитаны коэффициенты вариации всего ряда и двух вышеуказанных периодов по формуле (4):

$$Cv = \frac{\sigma}{Q_{\text{ср}}} \quad (4)$$

Расчёт коэффициентов вариации был выполнен с помощью пакета MathCad.

Расчёт для целого ряда (Cv):

$$Q_s := \text{mean}(Q) = 11.596, \quad \sigma := \text{Stdev}(Q) = 6.557, \quad Cv := \frac{\sigma}{Q_s} = 0.565$$

Расчёт для периода с 1953 по 1969 гг. ($Cv1$):

$$Q_s := \text{mean}(Q1) = 15.769, \quad \sigma := \text{Stdev}(Q1) = 10.145, \quad Cv1 := \frac{\sigma}{Q_s} = 0.643$$

Расчёт для периода с 1970 по 2017 гг. ($Cv2$):

$$Q_s := \text{mean}(Q2) = 10.697, \quad \sigma := \text{Stdev}(Q2) = 3.884, \quad Cv2 := \frac{\sigma}{Q_s} = 0.363$$

Анализ природных особенностей формирования речного стока проведен на основе метода расчленения гидрографа, представленного на рис. 4. Было определено, что большая часть стока формируется во время весеннего половодья, т.е. доля снегового питания составляет около 74 %, а доля подземного питания около 26 %. Величина накопленных за зиму запасов снега, глубина промерзания почвы к началу снеготаяния, интенсивность таяния снега могут значительно варьировать по годам.

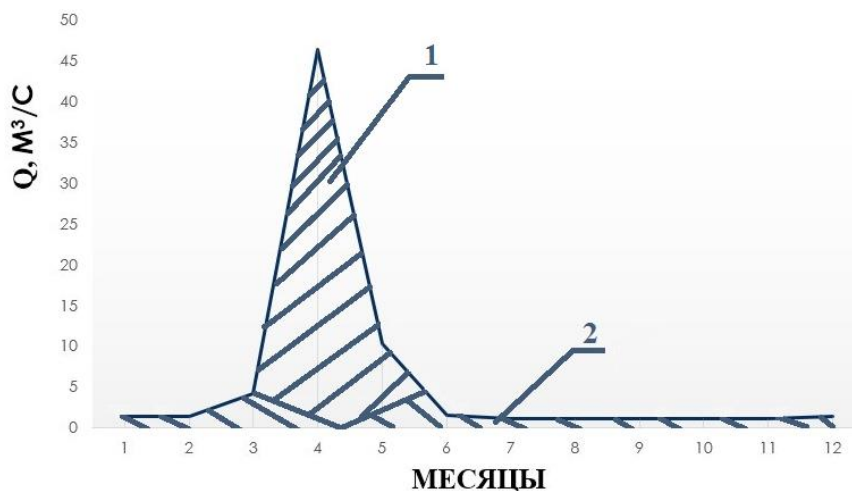


Рисунок 4 – Среднемноголетний гидрограф р. Бузулук:
 1 – поверхностное (снеговое) питание реки;
 2 – подземное питание реки

Кроме того, на площади водосбора р. Бузулук развиты карстовые процессы. Верховья рек могут пересыхать в период летней межени, так как подземные воды формируются ниже вреза русла малых водотоков и уходят в более крупные реки. А именно подземные воды способствуют выравниванию речного стока в течение года. Поэтому основной причиной большой изменчивости речного стока по годам, вероятно, являются природные особенности его формирования. На это указывает тот факт, что коэффициент вариации годового стока за период до его регулирования больше, чем за период после ($Cv1$ больше $Cv2$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрены природно-климатические характеристики бассейна р. Бузулук. Сформирован гидрологический ряд продолжительностью 68 лет. Выполнены расчеты и построена сокращенная интегральная кривая стока. Анализ кривой позволил выделить три полных гидрологических цикла водности, на основании чего ряд признан репрезентативным. Проверка на однородность показала, что данный ряд нельзя считать однородным. Выявлены некоторые особенности формирования стока р. Бузулук, связанные с природными и хозяйственными факторами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируя результаты расчётов и проверки ряда на однородность и репрезентативность, можно сделать вывод о том, что неоднородность гидрологического ряда

и уменьшение годового стока р. Бузулук вызваны изменением естественных условий формирования стока в результате водохозяйственной деятельности на водосборе. Повышенная изменчивость годового стока р. Бузулук (*Cv*) скорее всего связана с природно-климатическими особенностями его формирования. Эти вопросы требуют дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Дон: Сборник рефератов: в 6 т. – Москва: Федеральное агентство водных ресурсов, 2019. – Т. 1. – 343 с.
2. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. – 448 с.
3. Официальный сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный гидрологический институт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hydrology.ru/ru> (дата обращения: 15.09.2020 г.).
4. СП 33-101-2003 Определения основных расчётных гидрологических характеристик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200035578> (дата обращения: 20.09.2020 г.);
5. ВОДА или НЕФТЬ? Создание Единой Водохозяйственной системы/ под общ. ред. проф., д.т.н. Д.В. Козлова. – Москва: МППА БИМПА, 2008. – 456 с.

FEATURES OF THE HYDROLOGICAL REGIME OF THE BUZULUK RIVER

S.A. Terinov, student of the faculty of civil engineering,
e-mail: sergei_2000_terinov@mail.ru
Kaliningrad State Technical University

E.A. Nelyubina, candidate of technical sciences, associate professor,
e-mail: e.nelubina@gmail.com,
Kaliningrad State Technical University

The article analyzes the hydrological series of average long-term water discharges in the Buzuluk River. The coefficient of variation was determined. The series was checked for uniformity and representativeness. A shortened integral curve is plotted. Periods of water content of the river were determined along the curve. It was concluded, that water consumption has been reduced since 1970. A hydrograph was built for the average water content year. A conclusion was made about the type of river feeding. The goals of further research are determined.

Key words: *hydrology, homogeneity, representativeness, river, Buzuluk, Don, tributary, hydrograph, discharge, supply*