

УДК: 502/504: 551.585

EDN: [XXUDUN](#)



## Закономерности многолетней изменчивости годового стока реки Дон

Г.Х. Исмаилов, Н.В. Муращенко\*, И.Г. Исмайлова

Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, 127550, Россия

\*E-mail: [splain75@mail.ru](mailto:splain75@mail.ru)

**Аннотация.** Рассматриваются многолетние колебания годового стока реки Дон в верхнем течении (створ г. Георгиу-Деж) и в замыкающем створе бассейна (станция Раздорская) за 126-летний период наблюдений. Анализ многолетней динамики годового стока реки Дон выполнен на основе метода оценки линейного тренда с применением статистических критериев. Для оценки циклических изменений многолетних колебаний речного стока использован метод разностных интегральных кривых. Установлено, что за рассматриваемый 126-летний период среднемноголетний годовое стока в замыкающем створе бассейна – станция Раздорская, имеет незначительное изменение, коэффициент линейного тренда составляет  $-0,2 \text{ км}^3/10 \text{ лет}$ . На основе разностных интегральных кривых годового стока выявлено влияние климатических и антропогенных факторов на речной сток. Интегральное снижение годового стока Дона в замыкающем створе бассейна за последние 70 лет (с 1936 г. и до 2006 г.) составило  $320 \text{ км}^3$ , или в среднем  $4,6 \text{ км}^3/\text{год}$ , т.е. 17% от среднемноголетнего условно-естественного стока, равного  $27,3 \text{ км}^3$ . Установленное достаточно выраженное снижение годового стока свидетельствует о том, что основную роль в формировании стока реки Дон играет хозяйственное использование стока. Основными ведущими антропогенными факторами снижения стока р. Дон являются испарение с водной поверхности водохранилищ, прудов и орошаемое земледелие.

**Ключевые слова:** речной сток, речной бассейн, колебания речного стока, водные ресурсы, временной ряд

## Patterns of long-term variability of the annual runoff of the Don River

G.Kh. Ismaiyllov, N.V. Muraschenkova\*, I.G. Ismaiyllova

Russian state agrarian university RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev, Moscow, 127550, Russia

\*E-mail: [splain75@mail.ru](mailto:splain75@mail.ru)

**Abstract.** Long-term fluctuations of the annual runoff of the Don River in the upper reaches (Georgiou-Dezh site) and in the outflow section of the basin (Razdorskaya stanitsa) over a 126-year observation period are considered. The analysis of the long-term dynamics of the annual runoff of the Don River was carried out on the basis of the method of estimating a linear trend using statistical criteria. The method of difference integral curves was used to estimate cyclic changes in long-term fluctuations in river runoff. It has been established that over the 126-year period under consideration, the average annual runoff in the outlet section of the basin – Razdorskaya stanitsa, has a slight change, the linear trend coefficient is  $-0,2 \text{ км}^3/10 \text{ years}$ . Based on the difference integral curves of the annual runoff, the influence of climatic and anthropogenic factors on the river runoff was revealed. The integral decrease in the annual runoff of the Don in the outflow section of the basin over the past 70 years (from 1936 to 2006) amounted to  $320 \text{ км}^3$ , or an average of  $4,6 \text{ км}^3/\text{year}$  (17% of the average long-term conditionally natural runoff, equal to  $27,3 \text{ км}^3$ ). The established rather pronounced decrease in the annual runoff indicates that the main role in the formation of the runoff of the Don River is played by the economic use of the runoff. The main leading anthropogenic factors in reducing the runoff of the river. Don are evaporation from the water surface of reservoirs, ponds and irrigated agriculture.

**Keywords:** river flow, river basin, fluctuations in river flow, water resources, time series

## 1. Введение

Гидрологические исследования, посвященные оценке пространственно-временных закономерностей речного стока, являются в настоящее время наиболее актуальными в связи с проблемой управления водными ресурсами крупных и средних водохозяйственных систем России. В настоящее время подобного рода гидрологические исследования представлены многочисленными авторами [2-4], [8], ставящими на первый план вопросы изменения речного стока, обусловленного как климатическим, так и антропогенным воздействием на водосборные территории речных бассейнов. На сегодняшний день имеются достаточно длительные временные ряды гидрометрических наблюдений характеристик речного стока, позволяющие достаточно объективно оценить многолетние изменения характеристик стока изучаемого речного бассейна.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Основной целью исследования настоящей работы является анализ и оценка пространственно-временной изменчивости стока реки Дон в верхнем течении и в замыкающем створе бассейна. Выявление закономерностей многолетних колебаний речного стока изучаемого речного бассейна необходимо с точки зрения получения прогнозных характеристик речного стока на предстоящий период в условиях климатических изменений, необходимых при управлении сложными водохозяйственными системами.

## 3. Методы и материалы исследования

Бассейн Дона относится к Азовскому водосборному пространству и занимает около 60% его территории. Площадь бассейна реки Дон составляет 422 тыс. км<sup>2</sup>. Длина реки – 1870 км. По площади водосбора и протяженности Дон является одной из крупнейших рек Европы. Бассейн находится в пределах южной части Европейской территории России – от Среднерусской возвышенности на севере до Ставропольского плато на юге и от Донецкого кряжа на западе до Приволжской и Ергенинской возвышенности на востоке. На территории бассейна расположены 15 субъектов Российской Федерации: Тульская, Орловская, Рязанская, Липецкая, Воронежская, Тамбовская, Белгородская, Курская, Пензенская, Саратовская, Волгоградская, Ростовская области, Ставропольский, Краснодарский край, Республика Калмыкия [1]. Водосборный бассейн имеет развитый многоотраслевой индустриально-сельскохозяйственный комплекс, насыщенный транспортными связями и имеющий

выход к морям. Бассейн реки Дон играет важную роль в производстве сельскохозяйственной продукции. Сельскохозяйственное производство характеризуется неустойчивостью из-за периодически повторяющихся засух и суховеев, частота которых в настоящее время увеличивается в связи с климатическими изменениями температурного режима, режима атмосферной циркуляции и пространственно-временного перераспределения атмосферных осадков.

В качестве исходной информации для оценки временных закономерностей годового стока Верхнего Дона приняты материалы гидрометрических наблюдений за речным стоком в створе - г. Георгиу-Деж, на площади водосбора 69500 км<sup>2</sup> за период 1881/1882-2006/2007 гг. Исследование многолетних колебаний годового стока в целом бассейна реки Дон, проведено на основе данных наблюдений за стоком в замыкающем створе бассейна – станция Раздорская (151 км от устья реки) за период 1881/82 – 2006/2007 гг. (n=126 лет) [5-6].

Для анализа многолетней динамики годового стока реки Дон применяется один из методов статистического анализа временных рядов гидрометеорологической информации - метод линейного тренда. Для оценки значимости линейного тренда использовались два статистических критерия - критерий Стьюдента и коэффициент корреляции, учитывающий связь между значениями временного ряда рассматриваемой гидрологической характеристики и порядковыми номерами членов ряда. Для оценки циклических многолетних колебаний речного стока и определяющих его климатических факторов использован метод разностных интегральных кривых [7].

#### 4. Полученные результаты

При исследовании нормы годового стока реки Дон за 126-летний период в створах по течению реки получили, что среднемноголетний объем стока у г. Георгиу-Деж составил 8,17 км<sup>3</sup>, а в замыкающем створе – станция Раздорская 27,33 км<sup>3</sup>. Изменчивость годового стока по течению реки увеличивается от верхнего течения к замыкающему створу, что подтверждает коэффициент вариации (Cv) равный 0,28 и 0,34. Корреляционная связь между смежными значениями годового стока практически отсутствует, что подтверждает коэффициент автокорреляции, равный 0,06.

Для оценки изменения среднемноголетнего годового стока р. Дон были рассчитаны линейные тренды среднегодовых объемов воды в створах Георгиу-Деж и станция Раздорская за выбранный 126-летний период. Получили, что наблюдается

снижение среднемноголетнего годового стока р. Дон в створе Георгиу-Деж, которое составляет  $0,48 \text{ км}^3/126$  лет, что составляет 5,8% относительно нормы стока ( $8,17 \text{ км}^3$ ). В замыкающем створе бассейна - станица Раздорская снижение среднемноголетнего значения стока составляет  $2,45 \text{ км}^3/126$  лет (9% относительно нормы стока, равной  $27,3 \text{ км}^3$ ). При проверке значимости линейного тренда с помощью двух статистических критериев - критерий Стьюдента и коэффициент корреляции, получили, что отрицательные тренды статистически не значимы.

На основе анализа разностной интегральной кривой годового стока р. Дон у г. Георгиу-Деж за весь 126-летний период инструментальных наблюдений (1881/1882 – 2006/2007 г.г.) можно выделить два полных цикла изменения водности реки:

- первый цикл продолжительностью 34 года (1881/1882-1914/1915 гг.) включает в себя 21-летний многоводный период (1881-1901 гг.) и 13-летний маловодный период (1902-1914 гг.). Среднемноголетний сток более длительного многоводного периода составляет  $9 \text{ км}^3/\text{год}$ , а 13-летнего маловодного периода -  $7 \text{ км}^3/\text{год}$  (при норме годового стока за весь 126-летний период равной  $8,17 \text{ км}^3/\text{год}$ ). В этом периоде наблюдались годы аномально высокой водности, к которым относятся 1881 г. ( $14,2 \text{ км}^3/\text{год}$ ) и 1888 г. ( $14,3 \text{ км}^3/\text{год}$ ).
- второй цикл изменения водности реки Дон в верхнем течении имеет продолжительность 62 года, состоит из 28-летнего периода (1915/1916-1942/1943 гг.) повышенной водности и 34-летнего периода (1943/1944-1976/1977 гг.) пониженной водности реки. Длительный многоводный период включает в себя наиболее часто повторяющиеся кратковременные 2-3 летние фазы подъема и спада стока реки. Особенно можно отметить 5-летний маловодный период 1972/1973-1976/1977 гг., в котором наблюдались крайне маловодные годы 1972, 1973, 1975, 1976 гг., с годовым стоком  $4,17-5,70 \text{ км}^3$ . Крайне маловодный 1976 год является переломным годом, после которого начинается 10-летний многоводный период, за которым следует ряд 5-7 летних периодов повышенной (1993-1996 гг.) и пониженной (1997-2003 гг.) водности реки. Аналогичная картина в циклических колебаниях наблюдается и в замыкающем створе бассейна реки.

При оценке многолетних изменений речного стока важно понимать, насколько эти изменения связаны с климатическими и антропогенными факторами, влияющими на речной сток. Для получения необходимого результата были исследованы два временных ряда среднегодовых объемов стока – условно-естественный (восстановленный) и

наблюденный. Для периода с 1881/82 гг. по 1935/36 гг. объёмы годового стока для двух временных рядов совпадают, а для периода 1936/37 – 2006/2007 гг. наблюдаемый временной ряд отражает интегральное влияние антропогенных факторов на сток, тогда как условно-естественный – влияние только климатических факторов. Влияние на речной сток климатических и антропогенных факторов наглядно отражают две разностные интегральные кривые, построенные для условно-естественного и наблюдаемого временных рядов речного стока (рисунок 1).



**Рисунок 1.** Разностные интегральные кривые условно-естественного (1) и наблюдаемого (2) годового стока реки Дон в створе - станция Раздорская.

Из рисунка 1 видно, что пониженные значения наблюдаемого стока по сравнению с условно-естественным стоком (начиная с 1936/37 гг.), свидетельствуют о снижении стока в бассейне реки Дон в замыкающем створе – станция Раздорская под влиянием хозяйственной деятельности. Разностная интегральная кривая наблюдаемого стока Дона строилась с учётом среднемноголетнего годового объёма условно-естественного стока. Интегральное снижение годового стока Дона в замыкающем створе бассейна за последние 70 лет (с 1936 г. и до 2006 г.) составило  $320 \text{ км}^3$ , или в среднем  $4,6 \text{ км}^3/\text{год}$ , т.е. 17% от среднемноголетнего условно-естественного стока, равного  $27,3 \text{ км}^3$ . Установленное достаточно выраженное снижение годового стока свидетельствует о том, что основную роль в формировании стока реки Дон играет хозяйственное использование

стока. Основными ведущими антропогенными факторами снижения стока р. Дон являются испарение с водной поверхности водохранилищ, прудов и орошаемое земледелие.

## 5. Выводы

Установлено, речной сток бассейна реки Дон в настоящее время является интегральным показателем как климатических, так и антропогенных факторов. В динамике годового стока выявлены циклические изменения, проявляющиеся в наличие длительных затяжных многоводных или маловодных фаз изменения водности реки, которые содержат в себе кратковременные периоды. Выявлено незначительное снижение среднемноголетнего значения стока реки Дон за исследуемый 126-летний период, изменяющиеся от верхнего течения до замыкающего створа в пределах от 6 до 9% от нормы годового стока. Полученные закономерности изменения годового стока реки Дон позволят их применить для прогнозной оценки годового стока на предстоящий период во взаимосвязи со стокоформирующими факторами (атмосферные осадки, испарение, температура воздуха).

## Список литературы

1. Воды России (состояние, использование, охрана) 1996-2000 годы. – Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 2002. – 254 с.
2. Георгиади, А. Г. Современные и сценарные изменения стока Волги и Дона / А. Г. Георгиади, Н. И. Коронкевич, И. П. Милюкова, Е. А. Барабанова, Е. А. Кашутина // Водное хозяйство России. – 2017. – №3. – С. 6-23.
3. Джамалов, Р. Г. Современные изменения водного режима рек в бассейне Дона / Р. Г. Джамалов, Н. Л. Фролова, М. Б. Киреева // Водные ресурсы. – 2013. – Т. 40. – № 6. – С. 544-556.
4. Дмитриева, В. А. Гидрологический режим рек Донского бассейна / В. А. Дмитриева // Вестник ВГУ, Серия: География. Геоэкология. – 2018. – № 4. – С. 77-84.
5. Исмаилов, Г. Х. Исследование временных закономерностей речного стока бассейна Верхнего Дона / Г. Х. Исмаилов, Н. В. Муращенко // Природообустройство. – 2019. – №1. – С. 35-40.
6. Исмаилов, Г. Х. Цикличность многолетних колебаний годового и сезонного стока бассейна Верхнего Дона / Г. Х. Исмаилов, Н. В. Муращенко // В

- сборнике: Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018, сборник статей по материалам международной научно-практической конференции / под ред. Л.И. Лукиной, Н.А. Бежина, Н.В. Ляминой. – Севастополь: СевГУ, 2018. – 494-498 с.
7. Исмаилов, Г. Х. Межгодовая изменчивость элементов водного баланса бассейна реки Дон / Г. Х. Исмаилов, Н. В. Муращенко // Природообустройство. – 2012. – №1. – С. 52-56.
  8. Шикломанов, И. А. Современные и перспективные изменения стока рек России под влиянием климатических факторов / И. А. Шикломанов, В. Ю. Георгиевский // Водные ресурсы суши в условиях изменяющегося климата. – СПб: Наука, 2007. – 20-23 с.