

УДК 556.161; 556.51 (571.5)
DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-10-24-30

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК СТОКА РЕКИ УШАКОВКА ЗА МНОГОЛЕТНИЙ ПЕРИОД

ASSESSING THE LONG-TERM CHANGES IN RUNOFF PARAMETERS OF THE USHAKOVKA RIVER



Е. Н. Сутырина,
Иркутский государственный
университет, г. Иркутск
ensut78@gmail.com

E. Sutyryna,
Irkutsk State University



Д. В. Царенкова,
Иркутский государственный
университет, г. Иркутск
tsarenkova.diana@yandex.ru

D. Tsarenkova,
Irkutsk State University

Цель исследования – выявление современных тенденций изменения параметров стока р. Ушakovka и ряда стокоформирующих климатических факторов, таких как осадки и температура воздуха.

Анализ данных стационарной гидрометрической сети позволил выявить наличие отрицательных линейных трендов изменения среднегодовых расходов р. Ушakovka с приблизительным уровнем статистической надежности 90 %, которые составили $-0,095$ и $-0,153$ ($\text{м}^3/\text{с}$)/10 лет на постах пос. Добролет и г. Иркутск. Установлены значительные изменения стока р. Ушakovka за 1938–2016 гг., выражающиеся в снижении среднегодовых расходов на 31 и 24 % на постах пос. Добролет и г. Иркутск соответственно.

С применением данных реанализа NCEP/NCAR (The National Centers for Environmental Prediction / The National Center for Atmospheric Research) в ходе исследований показано, что осадки, определяющие приходную часть водного баланса водосбора реки, существенно не изменились за период 1948–2016 гг. и статистически значимые тренды осадков в указанный период не наблюдались. На увеличение расходной части баланса мог повлиять рост приземной температуры воздуха в пределах водосборной территории реки, отмеченный за 1970–2016 гг. и ведущий к росту потенциально возможного испарения и соответствующему снижению расхода воды. Положительный тренд приземной температуры воздуха в 1970–2016 гг. составил $0,48$ °C/10 лет с уровнем статистической надежности более 99,99 %.

Анализ внутригодового распределения среднемесячных расходов воды р. Ушakovka на посту г. Иркутск в 2000–2016 гг. по сравнению с распределением в 1938–1955 гг. показал снижение расходов с апреля по ноябрь. Наиболее выраженное по абсолютному значению снижение расходов в 2000–2016 гг. наблюдалось в июне и июле, достигало $3,92$ и $5,57$ $\text{м}^3/\text{с}$ соответственно и могло быть связано с изъятием вод на оросительные нужды

Ключевые слова: река Ушakovka; расход воды; внутригодовое распределение стока; река-аналог; стокоформирующие факторы; данные реанализа NCEP/NCAR; изменение климата; температура воздуха; осадки; тренд

The purpose of the study is to identify current trends in the discharge parameters of the Ushakovka River and several draining climate factors, such as precipitation and air temperature.

By analysis of hydrometric network data, the negative linear trends in the average annual runoff values of the Ushakovka River with a level of statistical certainty of about 90 % was assessed, that amounted to minus $0,095$ and minus $0,153$ m^3/s per decade at the stations of the village of Dobrolet and Irkutsk City, respectively. Significant changes in the water discharge of the Ushakovka River were established, that expressed in a decrease in average annual runoff from 1938 to 2016 by 31 and 24 % at the stations of the village of Dobrolet and Irkutsk City, respectively.

By the use of NCEP/NCAR (The National Centers for Environmental Prediction / The National Center for Atmospheric Research) reanalysis data, it was showed that precipitation, determining the incoming part of the water balance of the river catchment, did not undergo noticeably changes from 1948 to 2016, and statistically

significant trends in precipitation were not observed in this period. The increase in the expenditure part of the water balance could be affected by the growth of surface air temperature within the catchment area of the river, which was observed from 1970 to 2016 and led to an increase in potential evaporation and a corresponding reduction in water runoff. The positive trend of surface air temperature in 1970–2016 was 0,48 °C per decade with a level of statistical certainty of more than 99.99 %.

Analysis of the intra-annual distribution of the average monthly water discharge of the Ushakovka River at Irkutsk City station in 2000–2016 compared with the distribution in 1938–1955 showed a runoff decrease from April to November. The most noticeable reduction in absolute runoff value in 2000–2016 observed in June and July, reached 3,92 and 5.57 m³/s, respectively, and could be associated with water withdrawal for irrigation purposes

Key words: Ushakovka River; water discharge; annual distribution of runoff; analogue river; drainage factors; NCEP / NCAR reanalysis data; climate change; air temperature; precipitation; trend

Введение. Среди водоохранных мероприятий важное место занимает проблема охраны малых рек. В настоящее время на фоне возрастающей антропогенной нагрузки и изменения климата во всем мире наблюдается деградация и отмирание малых водотоков. Малые реки, являясь начальными звеньями гидрографической сети, формирующими более крупные водотоки, наиболее остро реагируют как на непосредственные изменения режима стока в руслах, так и трансформацию условий накопления и расходования влаги в бассейне [8].

Объектом исследования является р. Ушаковка, испытывающая существенную антропогенную нагрузку. Исследуемый водоток является правым притоком р. Ангара на юге Иркутской области. Длина р. Ушаковка составляет приблизительно 77 км, из которых 10,5 км в нижнем течении находятся в пределах г. Иркутск [4; 5]. На р. Ушаковка кроме г. Иркутск находятся населенные пункты (от истока к устью): Горячие Ключи, Добролет, Поливаниха, Кукша, Худяково, Пивовариха, ряд садоводств [7]. Хозяйственное использование р. Ушаковка ведется с первых лет основания Иркутского острога в 1661 г. [1; 2; 6]. В г. Иркутск на берегах реки располагаются предприятия и рынки. Размещение в начале прошлого века ремесленных мастерских и других производственных предприятий в прибрежной полосе привело к загрязнению и замусориванию территорий. В пределах 7 км от устья реки ландшафт поймы подвергся сильному антропогенному воздействию: произведена отсыпка пойменных территорий, водоохранная зона загрязнена строительными и бытовыми отходами, что существенно влияет на естественный режим

водотока, приводит к нарушению путей миграции рыб и к трансформации русла [3].

В XVIII–XIX столетиях р. Ушаковка в пределах г. Иркутск являлась более многоводной. Согласно архивным данным, р. Ушаковка была судоходной как минимум до середины XIX в. [7]. В плане 1892 г. ширина русла в черте г. Иркутск составляла 80...100 м, сейчас ширина русла не превышает 20 м [3]. Ситуация усугубляется возможным негативным влиянием современных изменений стокоформирующих климатических факторов. В этой связи целью исследования является изучение современных тенденций изменения характеристик стока р. Ушаковка и ряда влияющих на речной сток климатических факторов, таких как осадки и температура воздуха.

Материалы и методы исследования. В рамках исследования для изучения современных тенденций изменения стока реки использованы данные стационарной гидрометрической сети о среднегодовых расходах воды р. Ушаковка на посту г. Иркутск за 1938–1947, 1949–1955 и 1989–2016 гг. и посту пос. Добролет за 1954–1990 и 2003–2016 гг.

Для устранения пропусков и восстановления рядов данных о среднегодовых расходах за весь период 1938–2016 гг. на обоих постах использован метод гидрологической аналогии. В качестве реки-аналога для р. Ушаковка на посту г. Иркутск выступил пост в пос. Добролет на данном водотоке и наоборот. Названные посты имеют ряд совместных наблюдений за 1989–1990 гг. и 2005–2016 гг., составляющий 14 лет, обладают сходством условий формирования стока, имеют размеры водосборных бассейнов одного порядка: 322 км² – на посту пос. Добролет и 829 км² – на посту г. Иркутск, а также

очень тесную связь между среднегодовыми расходами на данных постах (рис. 1). Для восстановления информации о среднегодовых расходах в 1948 г. на обоих постах в ка-

честве аналога использовалась информация об осадках в пределах водосбора по данным реанализа.

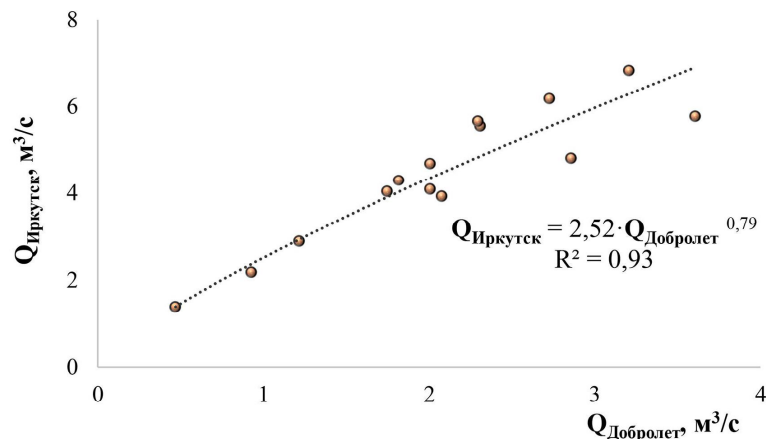


Рис. 1. Связь среднегодовых расходов воды р. Ушаковки на постах пос. Добролет и г. Иркутск / Fig. 1. Relationship of the average annual water flow of the Ushakovka River at the stations of the village of Dobrolet and Irkutsk City

Для изучения современных тенденций, влияющих на сток климатических факторов в пределах бассейна р. Ушаковка, использована информация об осадках и приземной температуре воздуха по данным реанализа NCEP/NCAR (The National Centers for Environmental Prediction / The National Center for Atmospheric Research) [10] за 1948–2016 гг.

Результаты исследования и их обсуждение. Для многолетнего периода 1938...2016 гг. получены ряды (без пропусков) среднегодовых расходов воды р. Ушаковка на постах пос. Добролет и г. Иркутск и проанализированы современные тенденции их изменений. Установлено наличие отрицательных линейных трендов изменения среднегодовых расходов р. Ушаковка, которые составили $-0,095$ на посту пос. Добролет и $-0,153$ (м³/с)/10 лет на посту г. Иркутск (рис. 2), что соответствует снижению среднегодовых расходов за период исследования (1938–2016) на 31 и 24 % на постах пос. Добролет и г. Иркутск соответственно. Оценка значимости выявленных трендов изменения расходов воды на постах пос. Добролет и г. Иркутск с применением F-критерия и p-уровня [9] показала уровень

статистической надежности 91 и 90 % соответственно.

Также проанализированы многолетние ряды осадков и приземной температуры воздуха по данным реанализа NCEP/NCAR за 1948–2016 гг. в пределах водосбора р. Ушаковка и оценены их современные тенденции (рис. 3). В 1948–1970 гг. в пределах рассматриваемого бассейна наблюдался отрицательный тренд температуры, который составил $-0,8$ °C/10 лет. В более поздний период (1971–2016) тренд температуры воздуха являлся положительным ($0,48$ °C/10 лет). Уровень статистической надежности трендов температуры составил более 99 % в 1948–1970 гг. и более 99,99 % в 1971–2016 гг. При этом известно, что вместе с ростом температуры должно происходить и увеличение зависящей от нее величины испаряемости, т. е. потенциально возможного, не лимитируемого запасами воды испарения в данной местности. Таким образом, происходит сокращение приходной части водного баланса изучаемого водосбора. Статистически значимых трендов изменения годовых сумм осадков в 1948–2016 гг. не выявлено.

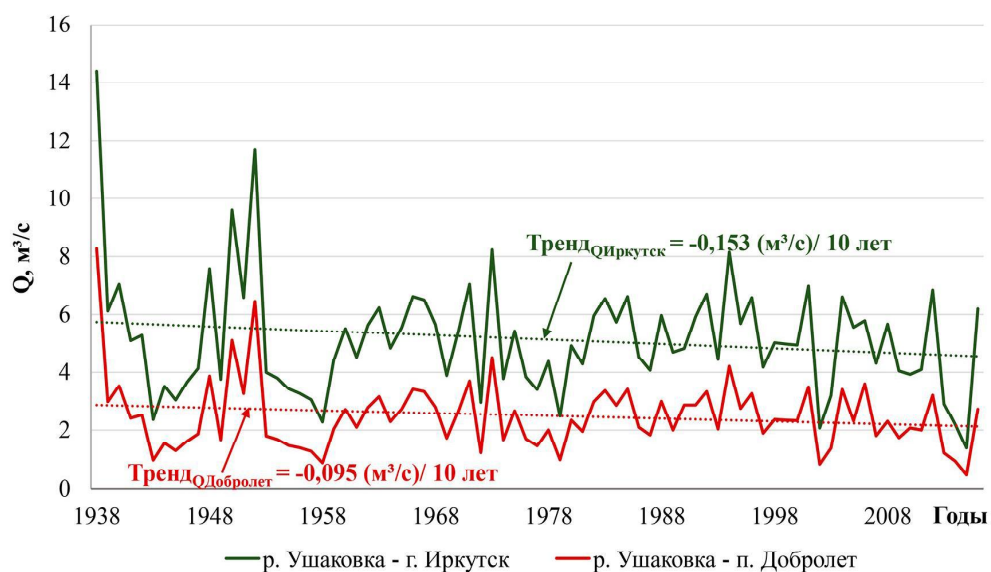


Рис. 2. Межгодовая изменчивость среднегодовых расходов воды р. Ушаковка на постах пос. Добролет и г. Иркутск и тренды их изменения / Fig. 2. Interannual variability of the average annual water discharge of the Ushakovka River at the stations of the village of Dobrolet and Irkutsk City and the trends in their change

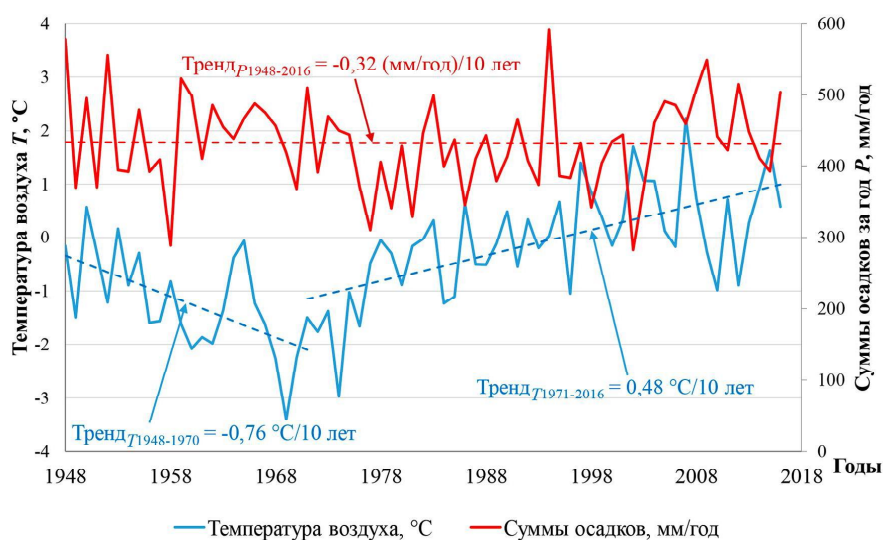


Рис. 3. Многолетняя изменчивость годовых сумм осадков и среднегодовых значений приземной температуры воздуха в пределах водосбора р. Ушаковка / Fig. 3. Long-term variability of annual precipitation amount and average annual surface air temperature within the catchment of the Ushakovka River

Анализ внутригодового распределения среднемесячных расходов воды р. Ушаковки на замыкающем посту г. Иркутск в 1938–1955 гг. по сравнению с распределением в 2000–2016 гг. показал существенные изменения, заключающиеся в снижении расходов с апреля по ноябрь (рис. 4). Наиболее выраженное по абсолютному значе-

нию снижение расходов в 2000–2016 гг. наблюдается в июне и июле и достигает 3,92 и 5,57 м³/с соответственно. На фоне несущественного изменения в распределении осадков в указанные периоды снижение расходов в июле и июне возможно связано с изъятием воды на орошение, садовоогороднические нужды.

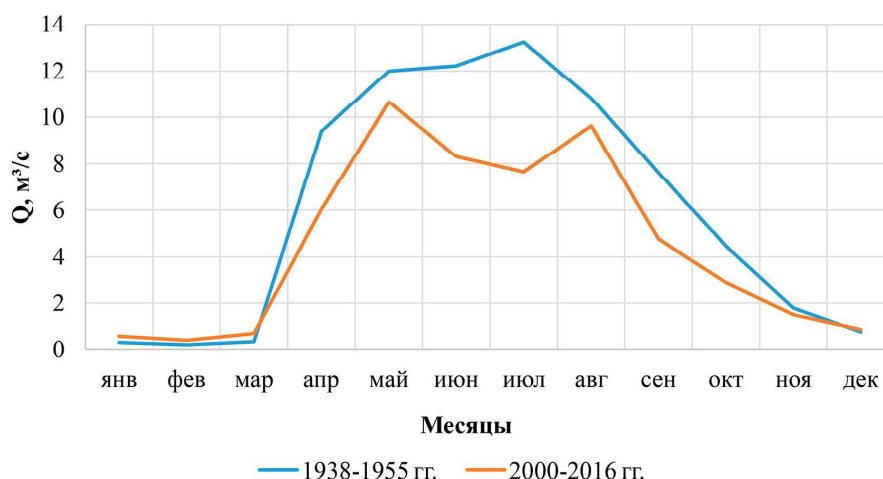


Рис. 4. Внутригодовое распределение стока р. Ушаковка на посту г. Иркутск в 1938–1955 и 2000–2016 гг. /
Fig. 4. Intra-annual distribution of runoff Ushakovka River at the station of Irkutsk City in 1938–1955 and 2000–2016

Заключение. В ходе проведенного исследования выявлены существенные современные изменения стока р. Ушаковка, выражающиеся в снижении среднегодовых расходов за 1938–2016 гг. на 31 и 24 % на постах пос. Добролет и г. Иркутск соответственно. Анализ внутригодового распределения среднемесячных расходов воды р. Ушаковки на посту г. Иркутск в 2000–2016 гг. по сравнению с распределением в 1938–1955 гг. показал снижение расходов с апреля по ноябрь. Наиболее выраженное по абсолютному значению снижение расходов в 2000–2016 гг. наблюдается в июне и июле и может быть связано с изъятием вод на оросительные нужды.

Показано, что осадки, определяющие приходную часть водного баланса водосбора реки не претерпели существенных изменений за 1948–2016 гг. На увеличение расход-

ной части баланса мог повлиять рост приземной температуры воздуха, отмечающийся в 1970–2016 гг. и ведущий к росту испаряемости, т. е. потенциально возможного испарения.

К увеличению расходной части водного баланса и, следовательно, снижению стока воды, также может вести интенсивная хозяйственная деятельность в пределах водосборного бассейна р. Ушаковка без соблюдения экологических требований. Уменьшение расходов воды может наблюдаться вследствие осушения торфяных болот для использования территорий под садовоогороднические нужды, бесконтрольной откачке подземных вод, имеющих гидравлическую связь с рекой. Интенсивные вырубки лесов на территории водосбора р. Ушаковка могут приводить к ухудшению инфильтрационной способности почв и видоизменению водного баланса и т. д.

Список литературы

1. Демков С. Обустройство реки Ушаковки в Иркутске // Проект Байкал. 2016. Т. 13, № 50. С. 98–101.
2. Киселев С. А. Реновация промышленных территорий на примере набережной реки Ушаковка в городе Иркутск // Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития: сб. ст. Иркутск: Байкальский государственный университет, 2017. С. 198–202.
3. Кламер М., Дружинина И. Е., Глебова Н. М. Особенности расположения реки Ушаковки в Иркутске и ее природный потенциал // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2017. Т. 7, № 2. С. 117–125.
4. Козлова С. А., Мишина Е. А. Перспективы создания природного парка «Ушаковка» в городе Иркутске // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2019. № 1. С. 23–30.
5. Мишина Е. А. Проблема благоустройства городской среды (на примере реки Ушаковки в пределах города Иркутска) // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: сб. ст. Т. 4. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, 2019. С. 318–323.

6. Смоличева П. А., Гизатулина А. Р., Турусина А. В., Саландаева О. И. Обзорный анализ территории и объектов историко-культурного наследия предместья Рабочего в г. Иркутске. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26283234_19988992.pdf (дата обращения: 15.07.2019). Текст: электронный.
7. Ушаковка. URL: <http://www.irkipedia.ru/content/ushakovka> (дата обращения: 31.08.2019). Текст: электронный.
8. Экологические проблемы гибели малых рек (на примере реки Госомка Брянской области, Россия). URL: https://www.ecodelo.org/2541-ekologicheskie_problemy_gibeli_malykh_rek_na_primere_reki_gosomka_bryanskoi_oblasti_rossiya_env (дата обращения: 11.08.2019). Текст: электронный.
9. Bryhn A. C., Dimberg P. H. An operational definition of a statistically meaningful trend. URL: <https://www.journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0019241> (дата обращения: 12.07.2019). Текст: электронный.
10. Reanalysis Datasets at PSD. URL: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/reanalysis> (дата обращения: 15.08.2019). Текст: электронный.

References

1. Demkov S. *Proekt Baykal* (Project Baikal), 2016, vol. 13, no. 50, pp. 98–101.
2. Kiselev S. A. *Problemy ekonomiki i upravleniya stroitelstvom v usloviyah ekologicheski orientirovannogo razvitiya: sb. st.* (Problems of Economics and Construction Management in an Environmentally-Oriented Development: collected articles). Irkutsk: Baikal State University, 2017, pp. 198–202.
3. Klamer M., Druzhinina I. Ye., Glebova N. M. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost* (News of universities. Investments. Building. Property), 2017, vol. 7, no. 2, pp. 117–125.
4. Kozlova S. A., Mishina E. A. *Biosfernoe hozyaystvo: teoriya i praktika* (Biosphere economy: theory and practice), 2019, no. 1, pp. 23–30.
5. Mishina E. A. *Nauchnye issledovaniya studentov v reshenii aktualnykh problem APK: sb. st. T. 4* (Students' scientific research in solving urgent problems of the agricultural sector: collected articles. Vol. 4). Youth: Irkutsk State Agrarian University. A. A. Ezhevsky, 2019, pp. 318–323.
6. Smolicheva P. A., Gizatulina A. R., Turusina A. V., Salandaeva O. I. *Obzorny analiz territorii i obektov istoriko-kulturnogo naslediya predmestya Rabocheho v g. Irkutske*. (A survey of the territory and objects of historical and cultural heritage of the workers' suburb in the city of Irkutsk). URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26283234_19988992.pdf (Date of access: 15.07.2019). Text: electronic.
7. *Ushakovka* (Ushakovka). URL: <http://www.irkipedia.ru/content/ushakovka> (Date of access: 31.08.2019). Text: electronic.
8. *Ekologicheskie problemy gibeli malykh rek (na primere reki Gosomka Bryanskoj oblasti, Rossiya)* (Ecological problems of the death of small rivers (on the example of the Gosomka River, Bryansk Region, Russia)). URL: https://www.ecodelo.org/2541-ekologicheskie_problemy_gibeli_malykh_rek_na_primere_reki_gosomka_bryanskoi_oblasti_rossiya_env (Date of access: 11.08.2019). Text: electronic.
9. Bryhn A. C., Dimberg P. H. *An operational definition of a statistically meaningful trend* (An operational definition of a statistically meaningful trend). URL: <https://www.journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0019241> (Date of access: 12.07.2019). Text: electronic.
10. *Reanalysis Datasets at PSD* (Reanalysis Datasets at PSD). URL: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/reanalysis> (Date of access: 15.08.2019). Text: electronic.

Исследования проводятся при финансовой поддержке гранта РФФИ 17-29-05045.

Коротко об авторах

Сутырина Екатерина Николаевна, канд. геогр. наук, доцент кафедры гидрологии и природопользования, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия. Область научных интересов: гидроэкология, гидрофизика ensut78@gmail.com

Царенкова Диана Владимировна, аспирант, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия. Область научных интересов: гидроэкология, климатология tsarenkova.diana@yandex.ru

Briefly about the authors

Ekaterina Sutyryna, candidate of geographical sciences, associate professor, Hydrology and Nature Management department, Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation. Sphere of scientific interests: hydroecology, hydrophysics

Diana Tsarenkova, postgraduate, Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation. Sphere of scientific interests: hydroecology, climatology

Образец цитирования

Сутырина Е. Н., Царенкова Д. В. Оценка изменений характеристик стока реки Ушаковки за многолетний период // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25, № 10. С. 24–30. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-10-24-30.

Sutyryna E., Tsarenkova D. Assessing the long-term changes in runoff parameters of the Ushakovka River // Transbaikal State University Journal, 2019, vol. 25, no. 10, pp. 24–30. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-10-24-30.

Статья поступила в редакцию: 26.09.2019 г.
Статья принята к публикации: 09.12.2019 г.