

Оригинальная статья

УДК 502/504: 551.585

DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-98-104

## ОЦЕНКА МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТОКА РЕКИ ОКИ

**ИСМАЙЫЛОВ ГАБИЛ ХУДУШ ОГЛЫ**<sup>✉</sup>, д-р техн. наук, профессор

gabil-1937@mail.ru

**МУРАЩЕНКОВА НАТАЛЬЯ ВЛАДИМИРОВНА**<sup>✉</sup>, канд. техн., наук, доцент

splain75@mail.ru

**ИСМАЙЫЛОВА ИРИНА ГАБИЛОВНА**, заведующий лабораторией

igism37@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49. Россия

Приведены результаты анализа и оценки многолетних изменений качественных характеристик стока реки Оки. Для анализа пространственно-временной динамики изменчивости средней годовой и максимальной концентраций загрязняющих веществ стока реки Оки использованы многолетние данные наблюдений по характерным загрязняющим веществам за период 1984-2019 гг. Оценка состояния качества поверхностных вод реки Оки проведена по значениям концентраций загрязняющих веществ в верхнем, среднем и нижнем течении реки. Рассмотрена динамика основных загрязняющих веществ следующих показателей: аммонийный азот, нефтепродукты, соединения меди, цинка и легкоокисляемые органические вещества (по БПК<sub>5</sub>). Установлено, что в верхнем течении реки (по данным наблюдений створа р. Оки – г. Орел) среди загрязняющих веществ преобладают аммонийный азот и соединения меди, средние годовые концентрации которых соответственно увеличились до 9 ПДК и до 6 ПДК. Ниже по течению реки (р. Ока – г. Калуга) наблюдалась аналогичная ситуация. В результате проведенного анализа выявлено, что более заметные изменения в концентрации загрязняющих веществ наблюдаются на участке реки от г. Муром до г. Дзержинска. У г. Мурома резко увеличивается содержание нефтепродуктов в воде. С начала исследуемого периода (1984 г.) и до середины 90-х гг. средняя годовая концентрация изменялась от 5 до 30 ПДК, а максимальная в году концентрация возросла до 87 ПДК. После 2000-х гг. содержание нефтепродуктов в воде резко снизилось, и среднегодовое значение не превышало 3 ПДК, а максимальная концентрация – 4-6 ПДК. Выполнен анализ частоты случаев превышения ПДК (П<sub>1</sub>) загрязняющих веществ реки Оки в устьевой части реки. Наблюдалась высокая повторяемость содержания в воде соединений меди, которая изменялась от 70 до 88%. Частота случаев превышения 1 ПДК легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК<sub>5</sub>) в устьевой части реки Оки варьировала от 64 до 74%. Относительно низкой, хотя и устойчивой, сохранялась повторяемость содержания нефтепродуктов в воде, которая колебалась от 23 до 42%.

**Ключевые слова:** качество воды, загрязняющие вещества, речной сток, река Ока, концентрация загрязняющего веществ

**Формат цитирования:** Исмайылов Г.Х., Муращенко Н.В., Исмайылова И.Г. Оценка многолетних изменений качественных характеристик стока реки Оки // Природообустройство. – 2021. – № 5. – С. 98-104. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-98-104.

© Исмайылов Г.Х., Муращенко Н.В., Исмайылова И.Г., 2021

Original article

## ESTIMATION OF LONG-TERM CHANGES IN QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF THE OKA RIVER RUNOFF

**ISMAIYLOV GABIL KHUDUSHEVICH**<sup>✉</sup>, doctor of technical sciences, professor

gabil-1937@mail.ru

**MURASCHENKOVA NATALYA VLADIMIROVNA**<sup>✉</sup>, candidate of technical sciences, associate professor

splain75@mail.ru

**ISMAIYLOVA IRINA GABILOVNA**, head of the laboratory

igism37@mail.ru

Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev: 127434, Moscow, Timiryazevskaya, 49. Russia

*The results of the analysis and assessment of long-term changes in the qualitative characteristics of the Oka River runoff are presented. To analyze the temporal dynamics of the variability of the average annual and maximum concentrations of pollutants in the runoff of the Oka River, we used long-term observational data on typical pollutants for the period 1984-2019. The assessment of the state of the quality of surface waters of the Oka River was carried out according to the values of the concentrations of pollutants in the upper, middle and lower reaches of the river. The dynamics of the main pollutants of the following indicators is considered: ammonium nitrogen, oil products, copper and zinc compounds and easily oxidized organic substances. It was found that in the upper reaches of the river (according to observations of the Oka – Orel city) the main pollutants are ammonium nitrogen and copper compounds, the average annual concentrations of which respectively increased to 9 values. A similar situation was observed downstream of the river (the Oka River – Kaluga city). As a result of the analysis, it was revealed that more noticeable changes in the concentration of pollutants are observed in the section of the river from the city of Murom to the city of Dzerzhinsk. Near the city of Murom, the content of oil products in the water sharply increases. From the beginning of the study period (1984) and until 1995, the average annual concentration varied from 5 to 30 values, and the maximum concentration in the year increased to 87 values. After 2000, the content of oil products in water dropped sharply and the average annual value did not exceed 3 values, and the maximum concentration was 4-6 values. The paper analyzes the frequency of cases of exceeding the maximum permissible concentrations of pollutants in the Oka River in the mouth of the river. There was a high repeatability of the content of copper compounds in water, which varied from 70 to 88%. The frequency of cases of excess of easily oxidized organic matter in the mouth of the Oka River varied from 64 to 74%. Relatively low, although stable, the repeatability of the content of oil products in water remained, which ranged from 23 to 42%.*

**Keywords:** water quality, pollutants, river runoff, the Oka River, concentration of pollutants

**Format of citation:** Ismaiyllov G.H., Murashchenkova N.V., Ismaiyllova I.G. Estimation of long-term changes in qualitative characteristics of the Oka river runoff // Prirodoobustrojstvo. – 2021. – № 5. – S. 98-104. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-5-98-104.

**Введение.** Река Ока – крупнейшая водная артерия России. Длина ее составляет 1500 км, водосборная площадь – 245000 км<sup>2</sup>. Среднегодовое количество стока (в створе г. Горбатов) составляет 40 км<sup>3</sup>. В пределах бассейна реки Оки находятся такие крупные города, как Орел, Тула, Калуга, Иваново, Рязань, Владимир, Тамбов, Пенза, Нижний Новгород, а также Республика Мордовия. В бассейне реки находится Московский регион (рис. 1) [1, 2].

Река Ока – многоводный правый приток реки Волги, определяющий пространственно-временные изменения количественных и качественных характеристик речного стока ее бассейна [3].

Для бассейна реки Оки характерна такая особенность физико-географических условий, которая связана с наличием карстовых пород и заболоченностью территории бассейна. Вследствие этого отмечается повышенная минерализация воды с высоким содержанием соединений, меди, железа, марганца, гумусовых веществ.

Качество поверхностных вод реки Оки и ее притоков значительно ухудшилось за последние десятилетия. Главным источником загрязнения воды являются неочищенные и недостаточно очищенные сточные воды предприятий химической, машиностроительной, нефтехимической промышленности, хозяйственно-бытовые сточные воды городов и населенных пунктов, предприятий сельскохозяйственного производства. Так, в Оку сбрасывают загрязненные сточные воды предприятий Московского региона, Калужской, Нижегородской, Тульской, Рязанской, Владимирской и Ивановской областей. Из всего объема сбрасываемых загрязненных сточных вод только 10-15% обеспечиваются очисткой до нормативного качества перед выпуском в водоемы [4].

Серьезным источником загрязнения водных объектов являются ливневые сточные воды с урбанизированных территорий, содержащие взвешенные и органические вещества, нефтепродукты, соли аммония, нитраты, нитриты. Кроме того, сточные воды способствуют формированию в водоемах новых загрязняющих

веществ: продуктов трансформации ингредиентов, которые меняют внутриводоемные процессы и вызывают вторичное загрязнение.

#### Материалы и методы исследований.

Представлен анализ многолетних материалов по основным загрязняющим веществам речного стока бассейна Оки за период 1984-2019 гг. Рассматривались многолетние данные гидрохимических наблюдений Росгидромета, опубликованные в ежегодных изданиях Государственного водного кадастра РФ [5].

При оценке степени загрязненности поверхностных вод по длине реки Оки используются данные гидростворов, расположенные для каждого речного участка выше и ниже источников загрязнения. Створ, расположенный выше источника загрязнения, характеризует условный фон, а створ ниже источника

загрязнения характеризует качество воды с учетом влияния источников загрязнения, расположенных в пределах данного речного участка [5].

Оценка состояния качества поверхностных вод реки Оки проведена по среднегодовым и медианным значениям концентраций загрязняющих веществ, выраженным в ПДК в следующих в створах по течению реки Оки:

Створ № 1 – р. Ока – г. Орел;

Створ № 2 – р. Ока – г. Калуга;

Створ № 3 – р. Ока – г. Муром;

Створ № 4 – р. Ока – г. Дзержинск;

Створ № 5 – р. Ока – устьевая часть.

Кроме того, при анализе использованы данные по наибольшим в году концентрациям (в ПДК) загрязняющих веществ в исследуемых створах реки Оки.



Рис. 1. Бассейн реки Оки

Fig. 1. The Oka river basin

Массив данных наблюдений за исследуемый период (1984-2019 гг.) представлен рядами средних годовых, медианных и максимальных значений концентраций основных загрязняющих веществ следующих показателей: аммонийный азот, нефтепродукты, соединения меди, цинка и легкоокисляемые органические вещества (по БПК<sub>5</sub>).

Для оценки качества поверхностных вод в среднем течении реки Оки в изучаемых створах (р. Ока – г. Кашира, 0,8 км ниже города, и р. Ока – г. Коломна, 8,9 км ниже города) использованы комплексные оценки загрязненности воды: удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) и класс качества воды.

УКИЗВ представляет собой комплексный относительный показатель степени загрязненности поверхностных вод, условно оценивающий в виде безразмерного числа долю загрязняющего эффекта, вносимого в общую степень загрязненности воды, обусловленную одновременным присутствием ряда загрязняющих веществ. Значение УКИЗВ может изменяться в водах различной степени загрязненности от 1 до 16. Большему его значению соответствует худшее качество воды [6].

**Результаты и обсуждение.** Изменение качественных характеристик речного стока Оки по течению реки определяется естественными факторами, а именно физико-географическими

особенностями территории бассейна реки. В результате многофакторного антропогенного воздействия химический состав речных вод будет определяться в зависимости от местоположения сбросов загрязненных сточных вод крупных городов и промышленных комплексов, расположенных по берегам Оки и ее притоков.

Изменение за многолетний период среднегодовых и максимальных концентраций загрязняющих веществ в верхнем течение реки (г. Орел – створ № 1) происходило следующим образом. Среднегодовая концентрация нефтепродуктов за весь период не превышала ПДК. Максимальные значения изменялись от 1-2 ПДК до 4-5 ПДК (рис. 2).

Загрязненность речной воды аммонийным азотом была относительно устойчивой. Исключение составил 1991 г., когда концентрация азота выросла до 9 ПДК. Максимальные концентрации изменялись от 2 до 12 ПДК. Исключением были 1984, 1987 и 1991 гг., когда содержание азота значительно выросло: до 14, 18 и 39 ПДК. Столь высокое увеличение максимальной в году концентрации аммонийного азота приходится на весенне-летний период и является показателем свежего загрязнения от промышленных предприятий, бытовых сточных вод и стоков с сельскохозяйственных угодий. Аналогичная картина наблюдалась и по концентрациям соединений меди в воде.

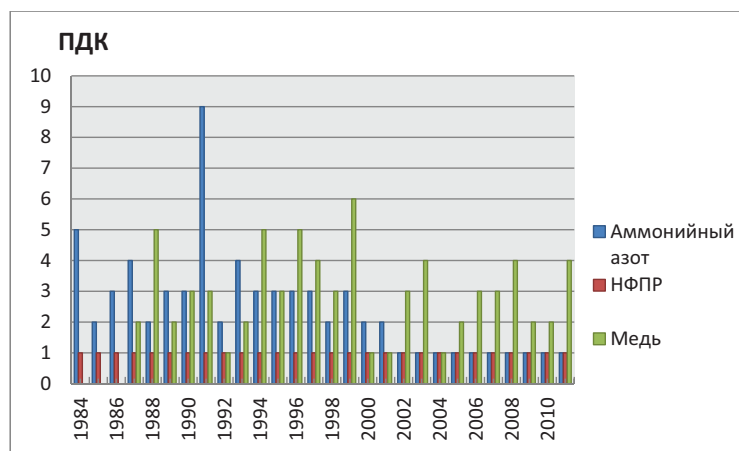


Рис. 2. Динамика среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в воде р. Оки – г. Орел за многолетний период (1984-2011 гг.)

Fig. 2. Dynamics of average annual concentrations of pollutants in the water of the Oka River – Orel city for a long period (1984-2011)

Среднегодовые значения меди наблюдались в диапазоне от 1-2 до 5-6 ПДК. Максимальные значения меди значительно выросли в 1994, 1999 и 2003 гг. и составили 14, 16 и 29 ПДК. Соединения меди относятся к тяжелым металлам и к 3 классу опасности («опасные»), по лимитирующему показателю вредности как токсикологический, оказывающий прямое токсичное воздействие на водные ресурсы. Наблюдающееся повышенное содержание в воде соединения меди приведет к постепенному накоплению этого элемента в водной флоре и в организмах речных обитателях водоемов.

Исследование многолетних изменений среднегодовых и медианных концентраций загрязняющих веществ показало, что по течению реки Оки содержание веществ в воде постепенно увеличивается в зависимости от количества поступающих в реку сточных вод. Если в фоновом створе (створ Ока – г. Калуга, 4 км выше города) показатели концентрации аммонийного

азота составляли 1-2 ПДК, то в контрольном створе (створ Ока – г. Калуга, 0,6 км ниже города) они увеличивались до 3-4 ПДК. При этом максимальные в году концентрации выросли до 7-9 ПДК, а в 1984 г. достигли 20 ПДК.

Значительно более заметные изменения в концентрации загрязняющих веществ наблюдаются ниже по течению реки Оки в створах № 3-№ 4 (на участке реки от г. Муром до г. Дзержинска и ниже) (рис. 3). У г. Мурома резко увеличивается содержание нефтепродуктов в воде.

С начала исследуемого периода (1984 г.) и до середины 90-х гг. среднегодовая концентрация изменялась от 5 до 30 ПДК, а максимальная в году концентрация возросла до 87 ПДК. В эти же годы аналогичная ситуация наблюдалась в створе № 4 (Ока – г. Дзержинск). После 2000-х гг. содержание нефтепродуктов в воде резко снизилось и среднегодовое значение не превышало 3 ПДК, а максимальная концентрация – 4-6 ПДК (рис. 4).

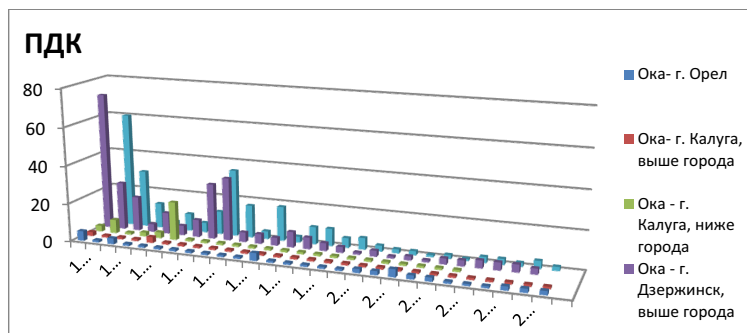


Рис. 3. Изменение содержания нефтепродуктов в воде реки Оки

Fig. 3. Change in the content of petroleum products in the water of the Oka River

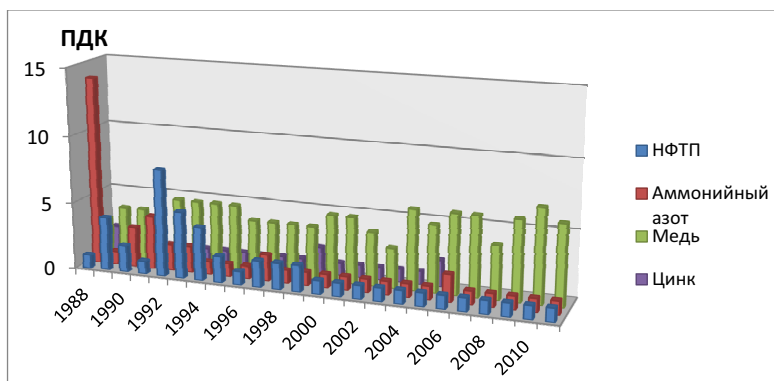


Рис. 4. Многолетние колебания средних годовых концентраций загрязняющих веществ в воде р. Оки – г. Дзержинский (ниже города) за многолетний период (1988-2011 гг.)

Fig. 4. Long-term fluctuations in the average annual concentrations of pollutants in the water of the Oka River – Dzerzhinsky (below the town) for a long period (1988-2011)

Динамика многолетних колебаний концентраций веществ в воде от верхнего до нижнего течения позволила выявить повышенную концентрацию соединений меди в воде. В верхнем и среднем течении среднегодовая концентрация составляла 4-6 ПДК (0,004-0,006 мг/л), в нижнем течении – 6-7 ПДК. Максимальная концентрация соединений меди резко увеличилась в верхнем течении – до 39 ПДК. В среднем течении концентрация меди снизилась до 8-9 ПДК, вблизи г. Дзержинска снова выросла до 25 ПДК. Столь повышенные значения этих веществ наблюдались в реке Оке с 2000 до 2008 гг. В последние годы (2015-2019 гг.) концентрация соединений меди в устьевой части реки снизилась до 2-3 ПДК, и лишь максимальная в году концентрация имеет по-прежнему высокие значения – 16-19 ПДК.

Наблюдающиеся в устьевой части реки Оки повышенные концентрации среднегодовых и максимальных в году загрязняющих веществ имеют место в маловодные по стоку годы (с расчетной обеспеченностью более 75%) [7-11]. Например, в 1986-1988, 1992, 1996 и 2002 гг. отмечается повышенная концентрация легкоокисляемых органических

веществ (по БПК<sub>5</sub>), и их средняя годовая концентрация изменилась от 3,86 до 4,8 мг/л, а максимальная концентрация составила 7,3-10,1 мг/л.

Оценка качества поверхностных вод реки Оки по классу качества воды в створах г. Кашира и г. Коломна представляет собой следующую картину. За период с 2010 по 2013 гг. вода реки Оки ниже города Кашира имела 4-й класс качества, разряд «а», что означает грязную воду. В последующие два года произошли незначительные изменения в сторону улучшения, качество воды оценивалось 3-м классом. С 2016 г. по настоящее время класс качества остается на уровне 4 «а». Значения удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) изменяются от 3,3 (2018 г.) до 5,14 (2012 г.).

Качество воды реки Оки ниже г. Коломны в 2016 г. ухудшается по сравнению с расположенным выше створом (г. Кашира) и оценивается классом 4 «б» (грязная), а также классом 4 «в» (очень грязная). Уровень загрязнения воды возрастает, что и показывает удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ), который колеблется от 4,23 (2008 г.) до 5,79 (2017 г.).

Проведенный анализ частоты случаев превышения ПДК (П<sub>1</sub>) загрязняющих веществ реки Оки в устьевой части показал, что высокой сохранялась повторяемость содержания в воде соединений меди, изменяясь от 70 до 88% (рис. 5). Частота случаев превышения 1

ПДК легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК<sub>5</sub>) в реке Оке (створ г. Нижний Новгород) варьировала от 64 до 74%. Относительно низкой, хотя и устойчивой, сохранялась повторяемость содержания нефтепродуктов в воде, которая колебалась от 23 до 42%.

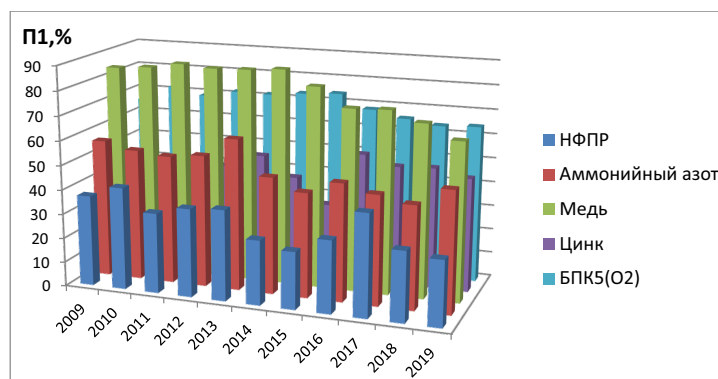


Рис. 5. Повторяемость содержания в воде реки Оки загрязняющих веществ выше 1 ПДК в створе Нижний Новгород за период 2009-2019 гг.

Fig. 5. Repeatability of the content of pollutants in the water of the Oka River above 1 MPC in the alignment of Nizhny Novgorod for the period 2009-2019

### Выводы

1. Оценка содержания загрязняющих веществ в воде реки Оки позволила выявить, что повышенные концентрации загрязняющих веществ стока реки Оки начинаются с ее верхнего течения. На качественный состав оказывают негативное влияние загрязненные воды притоков, сточные воды, поступающие от предприятий коммунального и сельского хозяйства, а также неорганизованный сброс с водосборной площади речного бассейна.

2. Первым крупным источником загрязнения вод в верхнем течении реки является г. Орел, сбрасывающий сточные воды, содержащие значительную концентрацию меди, аммонийного азота и других веществ. Еще более влияет на качественный состав воды г. Калуга, сбросы которой загрязняют Оку и вызывают отравление рыбы. Река

Москва также несет в Оку сильно загрязненные воды.

3. В рассматриваемых створах реки Оки городов Каширы и Коломны вода характеризуется 4 классом качества от разряда «а» (грязная) до разряда «в» (очень грязная).

4. Качественные характеристики стока реки Оки в рассматриваемом створе № 4 (р. Ока – г. Дзержинск, 1,5 км ниже города) характеризуют изменение концентраций загрязняющих веществ, поступающих в Волгу. Качество воды нестабильно по содержанию рассматриваемых загрязняющих веществ (нефтепродуктов, аммонийного азота, соединений меди, цинка и легкоокисляемых органических веществ (по БПК<sub>5</sub>)). Отмечаются периоды чрезвычайно повышенных максимальных концентраций загрязняющих веществ (до 55-60 ПДК по нефтепродуктам и аммонийному азоту) и периоды умеренно повышенных значений (3-4 ПДК).

### Библиографический список

1. Исмаилов Г.Х., Муращенко Н.В. Оценка динамики водных ресурсов бассейна реки Оки в современных климатических условиях // Экология. Экономика. Информатика: Сборник статей. – Т. 1. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. – С. 704-708.

2. Исмаилов Г.Х., Муращенко Н.В. Анализ и оценка поверхностных водных

### References

1. Ismajylov G.H., Murashchenkova N.V. Otsenka dinamiki vodnyh resursov bassejna reki Oki v sovremennyh klimaticheskikh usloviyah. Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Sbornik statej. T. 1: Sistemnyj analiz i modelirovanie ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem. – Rostov n/D: YUNTS RAN, 2019. – S. 704-708.

2. Ismajylov G.H., Murashchenkova N.V. Analiz i otsenka poverhnostnyh vodnyh resursov

ресурсов бассейна реки Оки // Природообустройство. – 2019. – № 5. – С. 85-89.

3. **Исмайлов Г.Х., Муращенко Н.В.** Оценка и прогноз речного стока бассейна р. Волги с учетом возможного изменения климата // Использование и охрана природных ресурсов в России. – М.: НИИ-Природа, 2018. – С. 56-61.

4. Водные ресурсы и качество вод: состояние и проблемы управления. – М.: РАСХН, 2010. – 415 с.

5. Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. – М.: Метеоагентство Росгидромет, 2005. – 165 с.

6. Качество поверхностных вод. Ежегодник. 2019. – Рна/Дону: Росгидромет, 2020. – 576 с.

7. **Исмайлов Г.Х., Муращенко Н.В.** Оценка возможных изменений речного стока бассейна Оки на предстоящий период первой половины XXI века // Экология. Экономика. Информатика. – Серия «Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем». – Вып. 5. – Рна/Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. – С. 71-75.

8. **Исмайлов Г.Х., Муращенко Н.В.** К теории и методологии формирования элементов водного баланса речного бассейна в условиях меняющегося климата // Экология. Экономика. Информатика. – Серия «Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем». – Рна/Дону: Изд-во ЮНЦ, 2016. – С. 615-628.

9. **Исмайлов Г.Х., Муращенко Н.В.** Оценка изменения и взаимосвязь элементов водного баланса бассейна реки Волги в условиях изменения климата // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2015. – № 5. – С. 4-17.

10. **Исмайлов Г.Х., Муращенко Н.В.** Оценка изменчивости элементов водного баланса половодья и межени бассейна реки Волги // Природообустройство. – 2012. – № 3. – С. 64-69.

11. **Исмайлов Г.Х., Муращенко Н.В.** Оценка речного стока в бассейне р. Волги // Природообустройство. – 2014. – № 2. – С. 65-69.

#### Критерии авторства

Исмайлов Г.Х., Муращенко Н.В., Исмайлова И.Г. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 04.10.2021

Одобрена после рецензирования 28.10.2021

Принята к публикации 01.11.2021

bassejna reki Oki // Prirodoobustrojstvo. – 2019. – № 5. – С. 85-89.

3. **Ismajylov G.H., Murashchenkova N.V.** Otsenka i prognoz rechnogo stoka bassejna Volgi s uchetom vozmozhnogo izmeneniya klimata. // Ispolzovanie i ohrana prirodnyh resursov v Rossii. – M.: NIA-Priroda, 2018. – № 4. – С. 56-61.

4. Vodnye resursy i kachestvo vod: sostoyanie i problemy upr avleniya. – M.: RASHN, 2010. – 415 s.

5. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr. Resursy poverhnostnyh i podzemnyh vod, ih ispolzovanie i kachestvo. – M.: Meteoagenstvo Rosgidromet, 2005. – 165 s.

6. Kachestvo poverhnostnyh vod. Ezhegodnik – 2019. – Rostov-na-Donu: Rosgidromet, 2020. – 576 s.

7. **Ismajylov G.H., Murashchenkova N.V.** Otsenka vozmozhnyh izmenenij rechnogo stoka bassejna Oki na predstoyashchij period pervoj poloviny XXI veka // Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Seriya: Sistemnyj analiz i modelirovanie ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem. Vypusk 5. – Rostov n/D: Izd-vo YUNTS RAN, 2020. – С. 71-75.

8. **Ismajylov G.H., Murashchenkova N.V.** K teorii i metodologii formirovaniya elementov vodnogo balansa rechnogo bassejna v usloviyah menyayushchegosya klimata // Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Sistemnyj analiz i modelirovanie ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem. – Rostov-na-Donu: Izd-vo YUNTS, 2016. – С. 615-628.

9. **Ismajylov G.H., Murashchenkova N.V.** Otsenka izmeneniya i vzaimosvyaz elementov vodnogo balansa bassejna reki Volgi v usloviyah izmeneniya klimata // Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie. – 2015. – № 5. – С. 4-17.

10. **Ismajylov G.H., Murashchenkova N.V.** Otsenka izmenchivosti elementov vodnogo balansa polovodya i mezheni bassejna reki Volgi // Prirodoobustrojstvo. – 2012. – № 3. – С. 64-69.

11. **Ismajylov G.H., Murashchenkova N.V.** Otsenka rechnogo stoka v bassejne r. Volgi // Prirodoobustrojstvo. – 2014. – № 2. – С. 65-69.

#### Criteria of authorship

Ismajylov G.Kh., Murashchenkova N.V., Ismaylova I.G. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

#### Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 04.10.2021

Approved after reviewing 28.10.2021

Accepted for publication 01.11.2021