

## ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДЫ РЕКИ КУБАНЬ

Решетняк О. С., Комаров Р. С.

## TRENDS IN THE VARIABILITY OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND WATER POLLUTION LEVEL IN THE KUBAN RIVER

Reshetnyak O. S., Komarov R. S.

### Аннотация

**Введение.** Исследована многолетняя пространственно-временная изменчивость химического состава и качества воды в реке Кубань. **Методы.** Для исследования изменчивости химического состава воды реки проанализированы данные систематических наблюдений за концентрациями главных ионов, биогенных и органических веществ, нефтепродуктов и тяжелых металлов с 2010 по 2017 г. Для характеристики изменчивости качества воды использованы такие показатели, как класс качества, степень загрязненности воды, характерные загрязняющие вещества. **Результаты.** Показано, что пространственное изменение химического состава неравномерно — содержание в воде ряда компонентов имеет низкие концентрации в верховье и возрастает на нижнем участке реки. Для других свойственны высокие концентрации в среднем течении с последующим снижением к устью. Во временной динамике отмечается наличие возрастающего изменения концентраций хлоридов, сульфатов, органических веществ и нефтепродуктов, незначительное снижение выявлено в изменчивости содержания нитратов. Для остальных химических веществ наличие четких тенденций не наблюдается. Установлено, что класс качества воды в реке Кубань в большинстве случаев характеризуется третьим классом — загрязненная и очень загрязненная. Выявлено, что характер загрязненности речных вод по ряду компонентов имеет устойчивый характер. **Заключение.** В современных условиях резких климатических изменений и антропогенного воздействия выявленные особенности химического состава и тенденции изменчивости качества воды реки Кубань имеют большую практическую значимость и могут быть использованы при разработке экологически обоснованных рекомендаций по улучшению качества воды и состояния водных экосистем в бассейне реки.

**Ключевые слова:** р. Кубань, антропогенная нагрузка, химический состав, качество воды, степень загрязненности воды, тенденции качества воды

### Abstract

**Introduction.** The paper explores the long-term spatial and temporal variability of the chemical composition and water quality in the Kuban River. **Methods.** To study the variability of the chemical composition of river water, we analyzed data from systematic observations over the concentrations of major ions, biogenic and organic substances, petroleum products and heavy metals from 2010 to 2017. To describe the variability of water quality, we used such indicators as water quality class, water pollution level, and characteristic pollutants. **Results.** It is shown that the spatial change in the chemical composition is uneven — a number of components in the water have low concentrations in the upper reaches, increasing in the lower part of the river. Others are characterized by high concentrations in the middle reaches, followed by a decrease towards the mouth. Over time, the change in the concentrations of chlorides, sulfates, organic substances and petroleum products increases. As for the content of nitrates, a slight decrease was detected in its variability. For the remaining chemicals, there were no clear trends. We established that in most cases the water in the Kuban River can be classified as polluted and very polluted (water quality class 3). We also found that the nature of river water pollution regarding a number of components is stable. **Conclusion.** In modern conditions of sharp climate changes and anthropogenic impact, the identified features of the chemical composition and trends in water quality variability of the Kuban River are of great practical importance and can be used in the development of environmentally sound recommendations for improving water quality and the state of water ecosystems in the river basin.

**Keywords:** Kuban River, anthropogenic impact, chemical composition, water quality, water pollution level, water quality trends

### Введение

Проблема снижения качества водных ресурсов и устойчивого развития отдельных территорий приобретает особую важность на фоне уве-

личения водопотребления и климатических изменений. Особенно остро эти вопросы стоят для южных вододефицитных регионов и бассейнов рек Азовского моря. Именно поэтому актуаль-

ным и своевременным является изучение современного эколого-гидрологического режима рек, трансформации их гидрохимического режима и оценка роли речного притока в формировании состояния экосистем южных рек [2, 13, 14].

Одна из важных особенностей степных южных рек — выраженная зависимость водности, эколого-гидрологического режима и качества воды от состояния водосборной площади, что иногда оказывается важнее природно-климатических и антропогенных факторов [1].

Бассейн р. Кубани имеет важное социально-экономическое значение не только для Краснодарского края, но и в целом для Юга России с точки зрения обеспечения водными ресурсами и для промышленного и сельскохозяйственного развития региона [14].

Река Кубань — вторая по величине река бассейна Азовского моря. Длина реки составляет 870 км, площадь водосбора — 57 900 км<sup>2</sup> [11].

В физико-географическом отношении бассейн р. Кубани принадлежит степной зоне Русской равнины в Западной Предкавказской провинции и в Крымско-Кавказской горной стране в области Большого Кавказа в провинциях Северо-Кавказской и Западной высокогорной. Бассейн реки охватывает горную и равнинную территории и имеет сложное геологическое и орографическое строение, усложненное разнообразными формами рельефа. В высотном отношении бассейн р. Кубани делится на 4 основные зоны: равнинную, предгорную, горную и высокогорную — от менее 200 м до свыше 1000 м над уровнем моря [9, 15].

Речная сеть в бассейне реки складывается из множества притоков, наиболее крупными из которых являются реки Теберда, Большой и Малый Зеленчук, Лаба, Белая, Пшеха, Пшиш и др. Суммарная длина всех ее притоков протяженностью более 10 км — 13 192 км. Строение гидрографической сети бассейна р. Кубани носит резко асимметричный характер: практически все притоки реки — левобережные; правобережные притоки в верхнем течении малочисленны и невелики, а после резкого поворота на запад в р. Кубань не впадает ни одного притока с правого берега [9, 15].

Территория бассейна Кубани характеризуется высокой теплообеспеченностью и сравнительно большим количеством атмосферных осадков,

уменьшающимся с юга на север и с запада на восток [11]. Сложный рельеф, высотная зональность, значительное разнообразие залегающих горных пород и почвенного покрова создают ряд специфических особенностей формирования химического состава речных вод на водосборе реки Кубань.

Как и другие реки Азовского бассейна, р. Кубань находится в особых природно-климатических условиях и подвержена значительным антропогенным нагрузкам в связи с высокой плотностью населения, воздействием промышленности и сельского хозяйства. В связи с этим цель данной работы — изучить изменчивость химического состава, выявить качество воды р. Кубань в современных условиях антропогенного воздействия.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследование выполнено на основе анализа и обобщения многолетних данных по отдельным компонентам химического состава и степени загрязненности воды р. Кубани за период 2010 по 2017 г. [4]. Рассмотрены различные участки по длине реки: в верховье — пункт наблюдений выше г. Карачаевска, в среднем течении — участки реки выше и ниже г. Армавира и в нижнем течении — от г. Краснодара до х. Тиховский. На рис. 1 представлено расположение пунктов наблюдений по длине р. Кубани, включенных в данное исследование.

Химический состав речных вод рассмотрен по изменчивости концентраций химических веществ: главных ионов (карбонатов, хлоридов и сульфатов), биогенных веществ (соединений азота аммонийного, азота нитритного и нитратного, фосфора фосфатного), органических веществ и нефтепродуктов, соединений тяжелых металлов (железа, меди и цинка). Для характеристики изменчивости качества воды использованы такие показатели, как класс качества, степень загрязненности воды, характерные загрязняющие вещества.

Для обработки многолетних данных о химическом составе воды и построения графиков были использованы MS Excel 2010 и пакет прикладных программ Statistica 13.0.

#### **Антропогенная нагрузка в бассейне р. Кубани**

Большая часть водосборного бассейна р. Кубани расположена в западной части северного



Рис. 1. Картограмма расположения пунктов наблюдений по длине р. Кубани

склона Большого Кавказа. В пределах водосборного бассейна реки находятся четыре субъекта Российской Федерации: Карачаево-Черкесская Республика, Республика Адыгея, Ставропольский и Краснодарский края с суммарным населением более 9 млн чел. Численность населения практически во всех этих регионах ежегодно увеличивается, что закономерно может приводить к возрастанию темпов хозяйственной деятельности человека и, следовательно, увеличению антропогенной нагрузки.

В бассейне р. Кубани насчитывается более 500 водопользователей. Примерно с середины 1990-х годов началось сокращение сброса загрязняющих веществ, однако отмечается, что изменение качества воды в водных объектах бассейна р. Кубани улучшилось незначительно [5, 8]. Ранее было показано [14], что в период с 2000 по 2010 г. качество воды в верхнем и нижнем течении реки соответствовало 3-му классу («очень загрязненная»), а в среднем течении — находилось в переходном состоянии от 3-го к 4-му классу («грязная»).

Основными потребителями водных ресурсов в бассейне р. Кубани являются: водоснабжение, промышленность и гидроэнергетика, орошаемое

земледелие, рыбное хозяйство и жилищно-коммунальное хозяйство [8].

В табл. 1 приведены данные, характеризующие водопользование в бассейне р. Кубань (составлено по [5, 10]).

По некоторым характеристикам водопользования среди главных рек бассейна Азовского моря — Дона и Кубани, таким как объемы забора воды, потери при транспортировке и объемам сброса загрязненных сточных вод, бассейн р. Кубани сопоставим, а в некоторых случаях даже превышает данные показатели по бассейну р. Дон. Это может обострять экологические проблемы реки, которая и так функционирует в экстремальных условиях засушливого климата и низкой водообеспеченности.

Как отмечено в работе [3], причинами, из-за которых происходит загрязнение поверхностных вод в бассейне реки Кубань, являются:

- сброс загрязненных сточных вод и недостаточное развитие сетей канализации;
- ненормативная работа очистных сооружений в результате износа основного технологического оборудования, перегрузки по гидравлике, отсутствия на сооружениях элементов доочистки, неудовлетворительной эксплуатации;

Таблица 1

**Характеристики водопользования в бассейне р. Кубани (2011–2017), млн м<sup>3</sup>**

Год	Забор воды из водных объектов на все нужды	Использование свежей воды	Потери воды при транспортировке	Объем оборотного использования воды	Сброс загрязненных сточных вод
2011	10230	4261	1414	2739	494
2012	9794	4255	1403	2694	494
2013	10234	3986	1363	2641	471
2014	9415	4206	1426	2366	497
2015	9714	4454	1394	2589	502
2016	10023	4466	1488	2558	504
2017	10074	4355	1358	2615	419

- поступление загрязненных поверхностных сточных вод с площадей водосбора, в том числе с сельхозугодий и урбанизированных территорий;

- отсутствие очистки ливневых вод;

- сверхнормативное загрязнение речных вод в результате аварий и стихийных бедствий.

Помимо этого, использование речных вод происходит без изъятия — для рекреации, рыболовства, водного транспорта и т. д., что также может негативно сказываться на экологическом состоянии р. Кубани на фоне все большей степени зарегулированности (наличие водохранилища, сооружение запруд и т. п.).

Стоит также отметить, что усиление антропогенной нагрузки на водные экосистемы р. Кубани происходит в результате негативного влияния аварийных сбросов и разливов нефти, а также из-за стихийных природных гидрологических явлений. При этом соотношение контролируемых и рассредоточенных диффузных источников загрязнения реки примерно одинаковое: 50 % загрязняющих веществ поступают в водные объекты бассейна р. Кубани в составе организованных сбросов и 50 % — за счет влияния поверхностного стока и смылов с водосборных площадей [8].

**Результаты исследования и обсуждение*****Изменчивость химического состава воды по длине р. Кубани***

Как известно, химический состав любых речных вод формируется под влиянием естественных (совокупность природно-климатических условий на водосборе) и антропогенных факторов (степень хозяйственного освоения бассейна реки и уровень антропогенной нагрузки).

Для бассейна р. Кубани химический состав речных вод в значительной степени зависит от таких естественных факторов, как количество атмосферных осадков, интенсивность таяния ледников и снежников, питание грунтовыми водами, минералогический состав горных пород и тип почв на водосборах [12, 14]. Именно поэтому наблюдаются различия в химическом составе воды на разных участках по длине р. Кубани.

В то же время специфика хозяйственной деятельности на водосборе (с преобладанием сельскохозяйственной и перерабатывающих отраслей промышленности) сказывается на изменчивости химического состава и качества воды, особенно в гидрологически неблагоприятные (засушливые) периоды.

К числу антропогенных факторов, влияющих на эти процессы, можно отнести транзитный перенос загрязняющих веществ по всей длине водотока, диффузное загрязнение всей водосборной территории, сброс недостаточно очищенных сточных вод промышленных предприятий, смыв минеральных удобрений и органических веществ с сельскохозяйственных территорий (в том числе животноводческих ферм), поступление солей и пестицидов со сбросными водами оросительных систем, влияние маломерного флота, проведение гидротехнических работ и др. Кроме того, повышению степени загрязненности речных вод эпизодически способствуют аварийные ситуации на водных объектах, наводнения и дождевые паводки, ставшие нередкими в последние годы [14].

Одним из показателей изменчивости химического состава воды может служить динамика минерализации воды как во времени, так и по

длине реки. Для большинства рек минерализация воды повышается от истоков к устью, а нарушение этой закономерности может свидетельствовать о наличии аazonальных природных факторов или об усилении антропогенного воздействия на отдельных участках реки.

Пространственно-временная изменчивость минерализации воды р. Кубани представлена в табл. 2. Как видно из представленных данных, значения минерализации воды минимальны в верховье реки (г. Карачаевск) и возрастают вниз по течению. Однако максимальные значения характерны для участка р. Кубани в районе г. Армавира, что обусловлено впадением более минерализованного притока р. Уруп, воды которого обогащены сульфатами, и поступлением подземных высокоминерализованных сульфатных вод [11].

Обобщенные данные по отдельным компонентам химического состава воды р. Кубани за период с 2010 по 2017 г. приведены в табл. 3.

Анализ среднесуточных данных показал, что изменение химического состава воды р. Кубани от истока к устью изменяется неравномерно. Можно выделить наиболее характерные закономерности:

1) для большинства исследуемых химических веществ (карбонаты, хлориды, органические и биогенные вещества, нефтепродукты) содержание минимально в верховье (г. Карачаевск) и возрастает на нижнем участке реки (г. Краснодар – х. Тиховский);

2) содержание легкоокисляемых органических веществ (по БПК<sub>5</sub>), соединений меди и цинка достигает максимальных значений, как по диапа-

зонам концентраций, так и по среднесуточным значениям на участке реки у г. Краснодара с последующим снижением к устью;

3) крайне неравномерное изменение содержания по длине реки наблюдается по сульфатам и соединениям железа (минимальные концентрации в верховьях реки, максимальные — в среднем течении с последующим снижением к устью), что, как было указано выше, обусловлено влиянием более минерализованных притоков и усилением подземной составляющей стока.

**Для выявления тенденций изменчивости химического состава воды** на различных участках р. Кубани были построены графики временной динамики среднегодовых концентраций химических веществ для всех пунктов наблюдений. Анализ такой пространственно-временной изменчивости позволил выявить некоторые закономерности:

1) для большинства химических веществ их минимальные концентрации характерны для верхнего участка р. Кубани, а максимальные — для устьев (рис. 2), исключение составляет изменчивость содержания легкоокисляемых органических веществ (по БПК<sub>5</sub>) и соединений железа;

2) наличие возрастающего тренда наблюдается в изменении содержания в воде хлоридов и нефтепродуктов на всех исследуемых участках р. Кубани, сульфатов — четкий возрастающий тренд на участке у г. Армавира, органических веществ (по ХПК) — в среднем течении реки и в районе г. Краснодара (рис. 2, 3);

3) снижение (хоть и незначительное) отмечено по содержанию нитратов в воде на всех участках реки (рис. 2);

Таблица 2

Среднегодовые значения минерализации воды (мг/дм<sup>3</sup>) по длине р. Кубани

Год	Пункты наблюдений (от истока к устью)					
	г. Карачаевск, выше города	г. Армавир, выше города	г. Армавир, ниже города	г. Краснодар, выше города	г. Краснодар, ниже города	х. Тиховский, гидропост
2010	80,6	342,3	414,2	296,7	323,1	353,6
2011	59,6	376,3	423,1	271,1	283,3	397,8
2012	94,2	410,3	472,6	308,9	315,2	418,1
2013	83,6	326,1	369,6	284,2	295,3	373,1
2014	100,4	380,8	435,9	308,9	309,5	362,3
2015	86,1	482,6	559,2	313,0	333,2	348,3
2016	73,0	548,8	565,4	308,2	315,3	377,5
2017	68,8	525,0	572,9	335,7	345,2	384,0

Таблица 3

## Изменчивость химического состава воды на различных участках реки Кубань (2010–2017 гг.)

Компонент химического состава воды	Значения концентраций химических веществ, мг/дм <sup>3</sup>					
	Пункты наблюдений (от истока к устью)					
	г. Карачаевск, выше города	г. Армавир, выше города	г. Армавир, ниже города	г. Краснодар, выше города (ниже плотины)	г. Краснодар, ниже города	х. Тиховский, гидропост
НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<u>25,6–125,7*</u> 62,1	<u>56,7–170,9</u> 110,2	<u>53,7–184,3</u> 127,7	<u>78,7–181,8</u> 127,7	<u>81,8–196,5</u> 133,6	<u>63,5–187,0</u> 124,9
Cl <sup>-</sup>	<u>0,8–10,8</u> 3,8	<u>6,4–48,2</u> 22,1	<u>6,7–44,7</u> 22,3	<u>5,0–23,7</u> 12,8	<u>4,6–24,8</u> 13,5	<u>20,9–35,8</u> 29,4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<u>1,2–28,6</u> 7,8	<u>35,5–379,9</u> 169,8	<u>45,6–381,8</u> 191,4	<u>8,5–158,0</u> 78,7	<u>42,2–169,5</u> 81,4	<u>91,3–129,0</u> 113,1
ОВ (по ХПК)	<u>2,9–16,3</u> 7,4	<u>4,1–30,0</u> 16,5	<u>9,9–30,4</u> 18,2	<u>4,8–33,6</u> 16,0	<u>4,2–32,0</u> 14,6	<u>18,5–34,8</u> 25,7
ЛООВ (по БПК <sub>5</sub> )	<u>0,50–8,61</u> 1,76	<u>1,00–3,21</u> 1,95	<u>1,09–3,11</u> 2,01	<u>1,00–6,40</u> 2,51	<u>1,00–9,20</u> 2,51	<u>1,10–1,90</u> 1,44
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<u>н.о.–0,10</u> 0,035	<u>0,01–0,28</u> 0,055	<u>0,02–0,53</u> 0,078	<u>0,01–0,98</u> 0,108	<u>н.о.–0,90</u> 0,141	<u>0,04–0,22</u> 0,105
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<u>н.о.–0,024</u> 0,004	<u>0,003–0,030</u> 0,012	<u>0,003–0,031</u> 0,014	<u>0,005–0,064</u> 0,014	<u>0,007–0,105</u> 0,022	<u>0,005–0,025</u> 0,013
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<u>0,21–2,62</u> 0,50	<u>0,41–2,27</u> 1,04	<u>0,44–2,60</u> 1,23	<u>0,09–2,98</u> 0,80	<u>0,087–3,10</u> 0,86	<u>1,4–3,70</u> 2,63
Fe <sub>общ.</sub>	<u>н.о.–0,44</u> 0,09	<u>0,03–1,79</u> 0,24	<u>0,04–0,93</u> 0,23	<u>0,02–0,75</u> 0,17	<u>0,03–0,65</u> 0,20	<u>0,03–0,21</u> 0,07
Cu <sup>2+</sup>	–	<u>н.о.–0,010</u> 0,003	<u>н.о.–0,010</u> 0,003	<u>н.о.–0,019</u> 0,005	<u>0,001–0,020</u> 0,004	<u>н.о.–0,003</u> 0,001
Zn <sup>2+</sup>	–	<u>н.о.–0,046</u> 0,008	<u>н.о.–0,039</u> 0,007	<u>н.о.–0,048</u> 0,010	<u>н.о.–0,072</u> 0,010	<u>0,004–0,009</u> 0,006
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	<u>0,002–0,012</u> 0,006	<u>н.о.–0,028</u> 0,006	<u>н.о.–0,030</u> 0,008	<u>н.о.–0,023</u> 0,005	<u>н.о.–0,029</u> 0,007	<u>0,003–0,024</u> 0,012
НФПР	<u>н.о.–0,02</u> 0,01	<u>н.о.–0,03</u> 0,01	<u>н.о.–0,03</u> 0,01	<u>н.о.–0,04</u> 0,01	<u>н.о.–0,09</u> 0,02	<u>0,03–0,13</u> 0,06

\* В числителе — диапазон значений концентрации, в знаменателе — среднемноголетнее значение (мг/дм<sup>3</sup>), н.о. — ниже предела обнаружения метода.  
Сокращения: ОВ — органическое вещество, ЛООВ — легкоокисляемые органические вещества, НФПР — нефтепродукты.

4) для карбонатов, легкоокисляемых органических веществ (по БПК<sub>5</sub>), азота аммонийного и нитритного, а также соединений железа, меди и цинка выделить четкой закономерности в динамике временных изменений концентраций не представляется возможным из-за разнонаправленности изменений и широкого колебания среднегодовых значений концентраций.

#### Изменчивость степени загрязненности воды по длине р. Кубани

На основе комплексной методики (согласно РД 52.24.643–2002) проведена оценка качества воды и степени ее загрязненности для исследуемых участков реки. Использование интегрального показателя УКИЗВ позволяет не только комплексно оценить качество воды водных объектов, но и выявить некоторые закономерности

в изменчивости степени загрязненности речных вод. Результаты оценки представлены в табл. 4. Качество речных вод по длине р. Кубани меняется в широких пределах — от 1-го класса («условно чистая») на отдельных участках в верховьях реки (г. Карачаевск) до 4-го класса («грязная») в нижнем течении в районе г. Краснодара. При рассмотрении изменчивости качества воды перечень пунктов наблюдений расширен за счет городов Невинномысска и Кропоткина в среднем течении реки.

В основном же качество воды на исследуемых участках реки характеризуется 3-м классом и степень загрязненности водной среды соответствует категориям «загрязненная» (3 а) или «очень загрязненная» (3 б). Стоит также отметить незначительное улучшение качества воды на устьевом

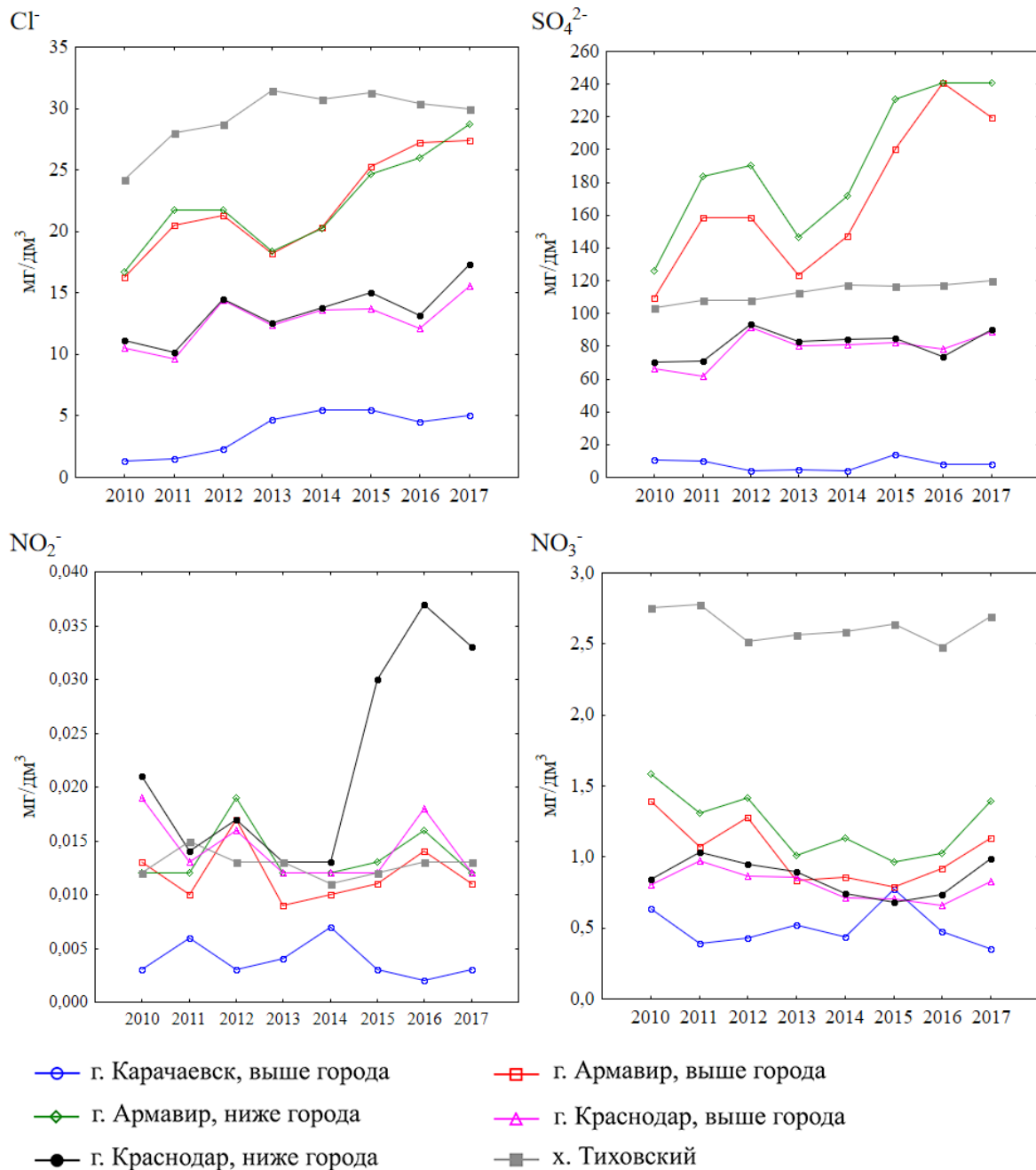


Рис. 2. Динамика изменчивости среднегодовых значений концентраций главных ионов (хлоридов и сульфатов) и минеральных форм азота (нитритов и нитратов) в воде р. Кубани

участке реки в районе х. Тиховский, что может быть обусловлено увеличением водности (разбавляющей способности) и снижением антропогенной нагрузки (отсутствием крупных городов, снижением объемов сброса сточных вод и т. п.) к устью реки.

В формирование такой степени загрязненности речных вод р. Кубани наибольший вклад

вносят высокие концентрации соединений железа (по максимальным значениям превышение достигает 2,1–17,9 ПДК) и меди (3,0–20,0 ПДК). Даже по среднемноголетним значениям концентраций превышение норматива составляет до 2,4 ПДК для соединений железа и 1,0–5,0 ПДК — по соединениям меди. Поэтому характер загряз-

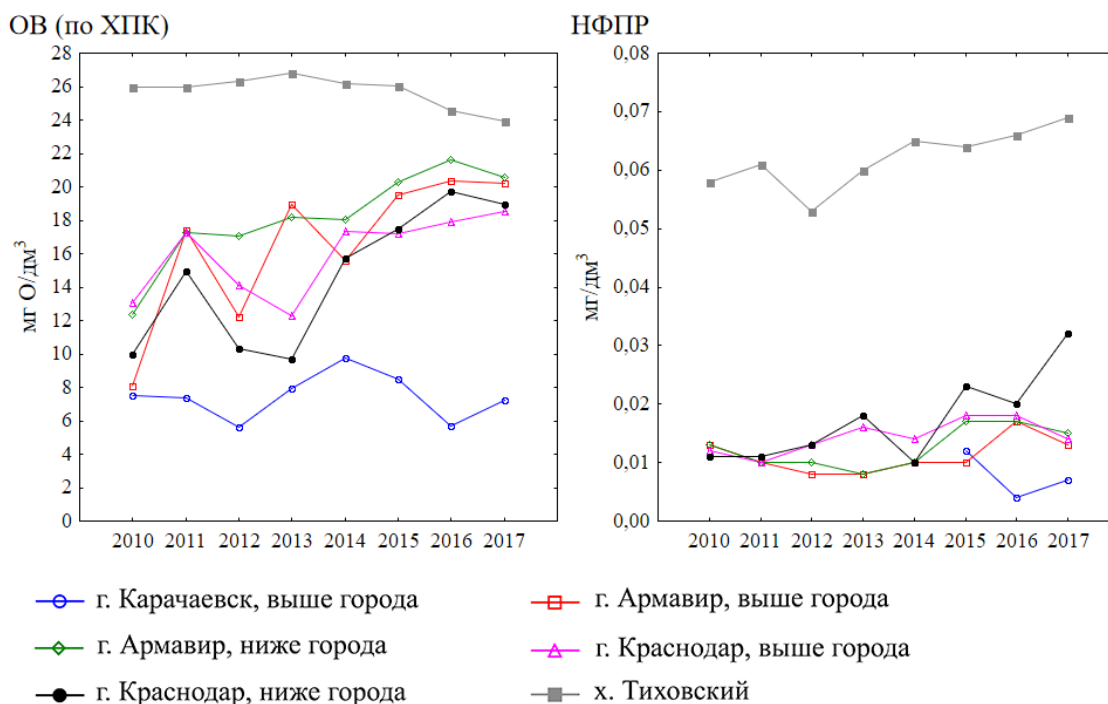


Рис. 3. Динамика изменчивости среднегодовых значений концентраций органических веществ и нефтепродуктов в воде р. Кубани

Таблица 4

**Временная динамика изменения качества воды по длине р. Кубани**

Год	Пункты наблюдений (от истока к устью)					
	г. Карачаевск	г. Невинномысск, ниже города	г. Армавир	г. Кропоткин	г. Краснодар, ниже города	х. Тиховский
2010	2	3 б	3 б	3 б	3 а	3 а
2011	2	3 б	3 б	3 б	3 б	3 а
2012	1	3 б	3 б	3 б	3 б	3 а
2013	1	3 б	3 а	3 б	3 а	3 а
2014	2	3 б	3 а	3 б	3 б	3 а
2015	2	3 а	3 б	3 а	3 б	3 а
2016	1	3 б	3 б	3 б	3 б	3 б
2017	2	3 б	3 б	3 б	4 а	3 а

Примечания: цветовое обозначение класса качества и степени загрязненности воды:

- 1-й класс — условно чистая;
- 2-й класс — слабо загрязненная;
- 3-й класс (разряд а) — загрязненная;
- 3-й класс (разряд б) — очень загрязненная;
- 4-й класс (разряды а и б) — грязная.

ненности речных вод этими компонентами носит устойчивый характер.

Для сульфатов, соединений цинка, органических и биогенных веществ кратность превышения ПДК по максимальным значениям эпизодически достигает 3,0–7,0 ПДК, а по среднееголетним концентрациям — либо не превышает норма-

тивы, либо соответствует уровню 1,0–2,0 ПДК. Содержание же хлоридов, нитратов и фосфатов в водах р. Кубани не превышает предельно допустимые концентрации.

Таким образом, можно выделить для исследуемых участков р. Кубани наиболее характерные загрязняющие вещества, высокие концентрации



которых приводят к ухудшению качества воды — это соединения железа, меди и цинка, органические вещества, сульфаты, а для нижнего течения реки — еще и азот нитритный и нефтепродукты.

Сравнивая полученные данные с ранее опубликованными [7, 14, 16], можно отметить тенденцию к улучшению гидроэкологической ситуации в бассейне р. Кубани, которая для рек степной зоны юга России обусловлена в первую очередь водообеспеченностью и качеством воды [6].

Улучшение качества воды в устьевой области в основном происходит за счет уменьшения загрязнения нефтепродуктами и соединениями железа [7]. По нашим данным на различных участках р. Кубани в последние годы произошло снижение кратности превышения ПДК приоритетных загрязняющих веществ и улучшение качества воды в целом по длине водотока.

### Заключение

Формирование химического состава и качества воды р. Кубани происходит в условиях засушливого климата, сложного рельефа, высотной зональности, значительного разнообразия дренируемых горных пород и почв, а также в условиях высокой антропогенной нагрузки и низкой водообеспеченности территории. Все это в совокупности обуславливает специфические региональные особенности формирования химического состава речных вод на водосборе р. Кубани.

Результаты проведенных исследований по анализу многолетней (2010–2017 гг.) гидрохимической информации в пунктах наблюдений по длине реки позволили выявить тенденции изменчивости химического состава и качества речных вод.

По длине р. Кубани химический состав изменяется неравномерно. Содержание в воде карбонатов, хлоридов, органических, биогенных веществ и нефтепродуктов более низкое в верховье и возрастает на нижнем участке реки. Концентрации легкоокисляемых органических веществ (по БПК<sub>5</sub>), соединений меди и цинка достигают максимальных значений на участке реки у г. Краснодара с последующим снижением к устью. Наиболее неравномерное изменение содержания наблюдается по сульфатам и соединениям железа, что связано с влиянием более минерализованных притоков и усилением подземной составляющей стока.

Во временной динамике отмечается наличие возрастающего изменения концентраций хлоридов, сульфатов, органических веществ и нефтепродуктов, незначительное снижение выявлено в изменчивости содержания нитратов.

Качество воды р. Кубани характеризуется 3-м классом, чаще всего соответствует категории 3 б («очень загрязненная»). Характерными загрязняющими веществами являются соединения железа, меди и цинка, органические вещества, сульфаты.

Выявленные особенности химического состава и тенденции изменчивости качества воды р. Кубани имеют большое практическое значение и в дальнейшем могут быть использованы при разработке экологически обоснованных рекомендаций по улучшению качества воды и состояния водных экосистем в бассейне реки, для достижения индикаторов устойчивого развития в части качества водных ресурсов на фоне климатических изменений и антропогенного воздействия.

### Литература

1. Белюченко, И. С. (2005). Экология Кубани. Часть 1. Краснодар: Издательство КГАУ, 513 с.
2. Брызгалов, В. А., Никаноров, А. М. и Решетняк, О. С. (2013). Изменчивость экологического состояния речных зон устьевых экосистем крупных рек России. Вода: химия и экология, № 12 (65), сс. 15–21.
3. Галкин, Г. А. (2017). Вода и рис: агроэкологические аспекты. Рисоводство, № 1 (34), сс. 72–80.
4. Гидрохимический институт (2020). Ежегодники и обзоры. [online] Доступно по ссылке: <http://gidrohim.com/node/44> [Дата обращения: 01.10.2020].
5. Департамент природных ресурсов и государственного экологического контроля Краснодарского края (2011). Доклад «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2010 году». Краснодар: Департамент природных ресурсов и государственного экологического контроля Краснодарского края, 344 с.
6. Закруткин, В. Е., Коронкевич, Н. И., Шишкина, Д. Ю. и Долгов, С. В. (2004). Закономерности антропогенного преобразования малых водосборов степной зоны Юга России (в пределах Ростовской области). Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета, 252 с.
7. Иванова, В. В. (2012). Особенности гидрографии реки Кубань и степень ее загрязнения. Экологический вестник Северного Кавказа, Т. 8, № 1, сс. 80–84.
8. Кубанское бассейновое водное управление (2014). Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Кубань. Книга 2. Оценка экологического состояния и ключевые проблемы речного

бассейна. Краснодар: Кубанское бассейновое водное управление, 133 с.

9. Лурье, П. М., Панов, В. Д. и Ткаченко, Ю. Ю. (2005). Река Кубань. Гидрография и режим стока. СПб.: Гидрометеоздат, 498 с.

10. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (2018). Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». М.: НИА-Природа, 298 с.

11. Никаноров, А. М. (2011). Региональная гидрохимия. Ростов-на-Дону: Издательство «НОК», 388 с.

12. Никаноров, А. М., Брызгалов, В. А. и Кондакова, М. Ю. (2012). Реки России. Часть V. Реки Приазовья (гидрохимия и гидроэкология). Ростов-на-Дону: Издательство «НОК», 316 с.

13. Никаноров, А. М., Брызгалов, В. А., Косменко, Л. С., Кондакова, М. Ю. и Решетняк, О. С. (2010). Роль речного притока растворенных химических веществ в антропогенной трансформации состояния водной среды устьевой области р. Волга. *Вода: химия и экология*, № 7 (25), сс. 6–12.

14. Никаноров, А. М., Брызгалов, В. А., Решетняк, О. С., Косменко, Л. С. и Кондакова, М. Ю. (2013). Антропогенная трансформация экологического состояния и транспорт загрязняющих веществ по длине реки Кубани. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, № 2, сс. 108–118.

15. Никаноров, А. М., Минина, Л. И., Лобченко, Е. Е., Емельянова, В. П., Ничипорова, И. П., Лямперт, Н. А., Первышева, О. А. и Лавренко, Н. Ю. (2015). Динамика качества поверхностных вод крупных речных бассейнов Российской Федерации. Ростов-на-Дону: ФГБУ «ГХИ», 295 с.

16. Nikanorov, A. M. and Khoruzhaya, T. A. (2012). Tendencies of long-term changes in water quality of water bodies in the South of Russia. *Geography and Natural Resources*, Vol. 33, No. 2, pp. 125–130.

## References

1. Belyuchenko, I. S. (2005). *Ecology of Kuban. Part I*. Krasnodar: Publishing House of Kuban State Agrarian University, 513 p.

2. Bryzgalov V. A., Nikanorov A. M., and Reshetnyak, O. S. (2013). Ecological state variability of mouth ecosystems of big rivers of Russia. *Water: Chemistry and Ecology*, No. 12 (65), pp. 15–21.

3. Galkin, G. A. (2017). Water and rice: agroecological aspects. *Rice Growing*, No. 1 (34), pp. 72–80.

4. Hydrochemical Institute (2020). *Yearbooks and reviews*. [online] Available at: <http://gidrohim.com/node/44> [Date accessed October 01, 2020].

5. Department of Natural Resources and State Environmental Control in the Krasnodar Territory (2011). *Report “On the state of nature management and environmental protection in the Krasnodar territory in 2010”*. Krasnodar: Department of Natural Resources and State Environmental Control in the Krasnodar Territory, 344 p.

6. Zakrutkin, V. E., Koronkevich, N. I., Shishkina, D. Yu. and Dolgov, S. V. (2004). *Regularities of anthropogenic transformation of small catchments of the steppe zone of*

*Southern Russia (within the Rostov Region)*. Rostov-on-Don: Publishing House of Rostov University, 252 p.

7. Ivanova, V. V. (2012). Kuban River hydrography peculiarities and degree of its pollution. *The North Caucasus Ecological Herald*, Vol. 8, No. 1, pp. 80–84.

8. Kuban Basin Water Management Department (2014). *Plan of multi-purpose utilization and protection of water bodies in the Kuban River basin. Book 2. Assessment of the ecological state and key issues of the river basin*. Krasnodar: Kuban Basin Water Management Department, 133 p.

9. Lurie, P. M., Panov, V. D., and Tkachenko, Yu. Yu. (2005). *Kuban River: hydrography and flow regime*. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 498 p.

10. Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation (2018). *National report “On the state and use of water resources of the Russian Federation in 2017”*. Moscow: NIA-Priroda, 298 p.

11. Nikanorov, A. M. (2011). *Regional hydrochemistry*. Rostov-on-Don: NOK Publishing House, 388 p.

12. Nikanorov, A. M., Bryzgalov, V. A. and Kondakova, M. Yu. (2012). *Russian rivers. Part 5. Rivers of the Azov Sea (hydrochemistry and hydroecology)*. Rostov-on-Don: NOK Publishing House, 316 p.

13. Nikanorov, A. M., Bryzgalov, V. A., Kosmenko, L. S., Kondakova, M. Yu. and Reshetnyak O. S. (2010). Role of chemical substances inflow in anthropogenic transformation of river Volga mouth area. *Water: Chemistry and Ecology*, No. 7 (25), pp. 6–12.

14. Nikanorov, A. M., Bryzgalov, V. A., Reshetnyak, O. S., Kosmenko, L. S., and Kondakova, M. Yu. (2013). Anthropogenic transformation of ecological status and pollutants’ transport along the Kuban River length. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*, No. 2, pp. 108–118.

15. Nikanorov, A. M., Minina, L. I., Lobchenko, E. E., Emelyanova, V. P., Nichiporova, I. P., Lyampert, N. A., Pervysheva, O. A. and Lavrenko N. Yu. (2015). *The dynamics of surface water quality of major river basins of the Russian Federation*. Rostov-on-Don: Hydrochemical Institute, 295 p.

16. Nikanorov, A. M. and Khoruzhaya, T. A. (2012). Tendencies of long-term changes in water quality of water bodies in the South of Russia. *Geography and Natural Resources*, Vol. 33, No. 2, pp. 125–130.

## Авторы

**Решетняк Ольга Сергеевна**, канд. геогр. наук, доцент ФГБУ «Гидрохимический институт», Ростов-на-Дону, Россия

Институт наук о Земле Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия

E-mail: [olgare1@mail.ru](mailto:olgare1@mail.ru)

## Комаров Роман Сергеевич

ФГБУ «Гидрохимический институт», Ростов-на-Дону, Россия

Институт наук о Земле Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия

E-mail: [KomarovRoman128@yandex.ru](mailto:KomarovRoman128@yandex.ru)

**Authors**

**Olga Sergeevna Reshetnyak**, PhD in Geography, Associate  
Professor  
Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don, Russian Federation  
Institute of Earth Sciences, Southern Federal University,  
Rostov-on-Don, Russian Federation  
E-mail: [olgare1@mail.ru](mailto:olgare1@mail.ru)

**Roman Sergeevich Komarov**

Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don, Russian Federation  
Institute of Earth Sciences, Southern Federal University,  
Rostov-on-Don, Russian Federation  
E-mail: [KomarovRoman128@yandex.ru](mailto:KomarovRoman128@yandex.ru)