

УДК 504.064

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ТРАНСПОРТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПО ДЛИНЕ РЕКИ КУБАНЬ

© 2013 г. А.М. Никаноров, В.А. Брызгалов, О.С. Решетняк, Л.С. Косменко, М.Ю.
Кондакова

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрохимический институт»
Росгидромета, г. Ростов-на-Дону*

Ключевые слова: р. Кубань, загрязняющие и химические вещества, состояние водных экосистем.

На основе обобщения многолетней режимной гидрохимической информации рассмотрена изменчивость компонентного состава водной среды и состояния экосистем по длине р. Кубань. Важность таких исследований обусловлена происходящими изменениями экологического состояния и ухудшением качества водной среды рек в современных условиях антропогенного воздействия. Изучена трансформация экологического состояния экосистем отдельных участков по длине р. Кубань как следствие антропогенного влияния на речные экосистемы бассейна. Выполнен расчет объемов притока химических веществ по длине водотока и рассмотрен транспорт загрязняющих веществ вниз по течению реки.

Введение

Река Кубань играет важное значение для юга России, где проблема недостаточности водных ресурсов стоит наиболее остро, чем в других регионах страны. Объем безвозвратного водопотребления, несмотря на сокращение к середине 1990-х годов, остается здесь высоким и в отдельные годы достигает 60 % годового стока [1]. Гидрохимический режим, характер внутриводоемных процессов и антропогенное загрязнение водных объектов бассейна Кубани являются важными факторами формирования их экологического состояния.

Цель настоящей работы – оценить изменчивость экологического состояния водных экосистем, проследить транспорт загрязняющих веществ по длине р. Кубани.

Исследование включало оценку изменчивости компонентного состава водной среды по длине р. Кубани и состояния экосистем различных участков реки по антропогенной нагрузке и системообразующим показателям состояния. Выполнен расчет объемов притока химических веществ по длине водотока и рассмотрен транспорт загрязняющих веществ вниз по течению реки. Полученные результаты могут быть использованы для экологического обоснования водоохранных мероприятий в регионе.

Характеристика объекта исследования

Река Кубань берет свое начало в районе горы Эльбрус. Бассейн реки расположен преимущественно в западной части северного склона Большого Кавказа и только незначительная его часть лежит в южном районе Западного Предкавказья. Кубань является главной водной артерией юга России, длина реки 870 км, площадь бассейна 58 тыс. км². Река протекает по территории Карачаево-Черкесской Республики, Ставропольского и Краснодарского краев (662 км) и Адыгеи. Равнинная часть бассейна – Прикубанская наклонная предгорная равнина, охватывающая левобережье Кубани и ее дельту. При впадении в Азовское море река образует крупную заболоченную, но высокопродуктивную Кубанскую дельту площадью около 4300 км².

Река Кубань играет большую роль в водном балансе Азовского моря, обеспечивая до 30 % речного стока. Общий сток реки в Азовское море составляет около 11,0 км³ в год [2].

Речная сеть бассейна Кубани включает в себя самые малые, малые, средние и большие реки. Самых малых рек, длиной не более 25 км, насчитывается 14 376 общей протяженностью 31 785 км, малых рек, длиной до 100 км, 115 при общей длине 5146 км и средних рек, длиной до 500 км, всего 24 протяженностью 3806 км. Все основные притоки как по площади водосбора, так и водности впадают в р. Кубань с левой стороны – это реки Уллукам, Уччулан, Теберда, Малый и Большой Зеленчук, Лаба, Белая и др. Правых притоков у Кубани мало и они небольшие, особенно по водности.

Долина р. Кубань разделяется на три участка: верхний – от слияния составляющих до г. Невинномысск, средний – от г. Невинномысск до г. Краснодар и нижний – от г. Краснодар до впадения в Азовское море. По всей длине реки проводятся регулярные гидрохимические наблюдения. Расположение пунктов режимных наблюдений Государственной наблюдательной сети (ГНС) Росгидромета представлено на рис. 1.

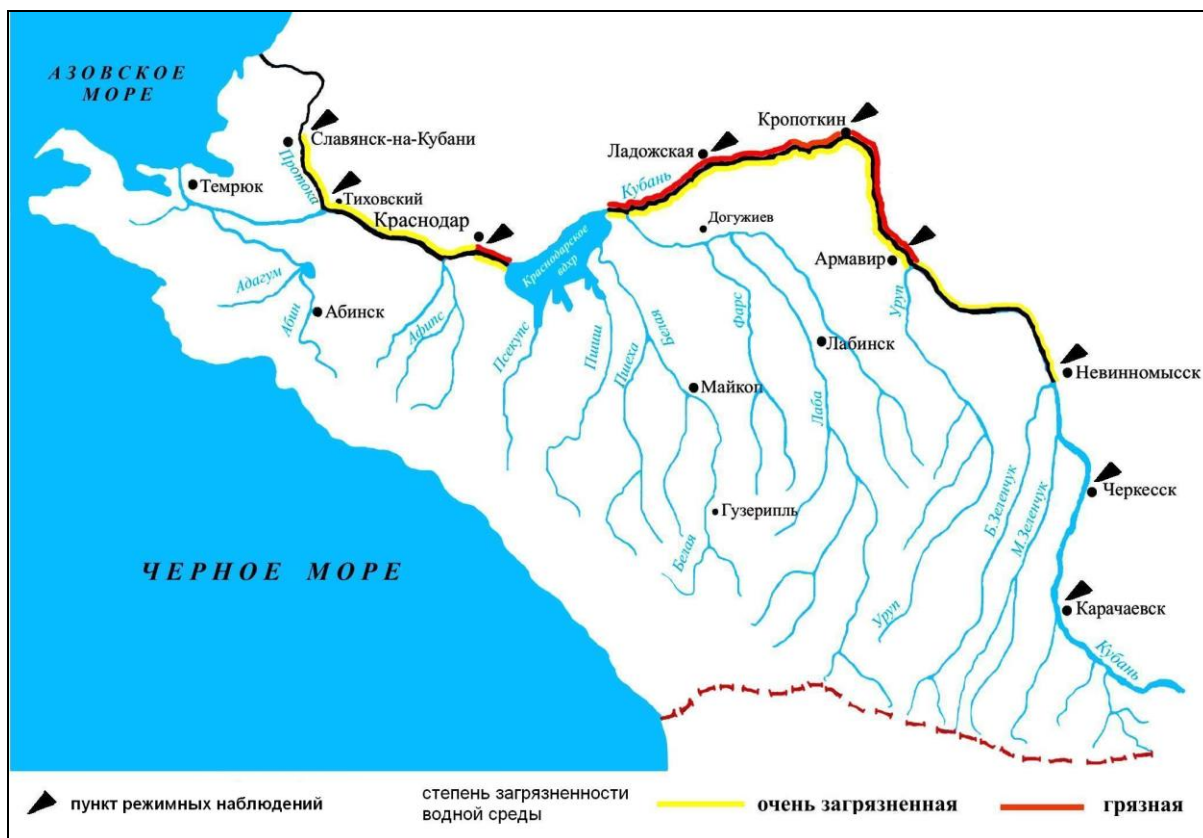


Рис. 1. Картограмма расположения пунктов режимных наблюдений государственной наблюдательной сети (ГНС) и изменчивость степени загрязненности водной среды по длине р. Кубань.

Бассейн р. Кубань имеет важное социально-экономическое значение как источник водных ресурсов для промышленного и сельскохозяйственного развития регионов юга России и как водная экосистема, где сосредоточены естественные нерестилища промысловых видов рыб (осетровых, рыбца, шемаи, судака, тарани) и осетровые заводы. В дельте Кубани находится крупнейший в России рисовый массив, который занимает важное место в экономике Краснодарского края.

В регионе насчитывается более 200 водопользователей, ежегодно сбрасывающих около 1 млрд м³ сточных вод в природные водные объекты. Основные водопользователи – промышленное производство (30–35 % объема безвозвратного водопотребления) и орошаемое земледелие (более 40 %).

При таком интенсивном использовании водных ресурсов антропогенное загрязнение водных объектов бассейна р. Кубань, их гидрохимический режим, характер внутриводоемных процессов становятся важными факторами, влияющими на эколого-экономическое состояние крупного региона России.

Естественный природный компонентный состав водной среды р. Кубань формируется под влиянием многих факторов: атмосферные осадки, таяние ледников, снежников, питание грунтовыми водами, геологическое строение русловых пород и тип почв на водосборах. Он различен на разных участках р. Кубань, т. к. отдельные части бассейна реки расположены в разных физико-географических условиях, отличающихся как по высоте (от снежных вершин гор до равнинной степной зоны), так и по составу горных пород, слагающих эти части бассейна.

Однако на характер изменчивости компонентного состава водной среды по длине рек влияют и такие антропогенные факторы, как транзитный перенос загрязняющих веществ от истоков к устью реки, сброс недостаточно очищенных и загрязненных сточных вод промышленных предприятий, смыв минеральных удобрений и органических веществ с сельхозугодий и животноводческих ферм, поступление пестицидов со сбросными водами оросительных систем, маломерный флот. На уровне загрязнения сказываются также аварийные ситуации и стихийные бедствия, прежде всего наводнения, ставшие нередкими в последние годы [2].

Антропогенная трансформация экологического состояния водных экосистем по длине р. Кубань

Анализ многолетней режимной гидрохимической информации Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды (ГСН) [3] показал, что за период 2000–2010 гг. кратность превышения ПДК по максимальным концентрациям изменялась по длине реки по соединениям (табл. 1):

- железа от 53 ПДК у г. Армавир до 4,6 ПДК у х. Тиховский;
- меди от 47 ПДК у ст-ца Ладожская до 18–20 ПДК у г. Краснодар и х. Тиховский;
- цинка от 7,4–7,3 ПДК у г. Кропоткин и г. Краснодар до 1,6 ПДК у х. Тиховский.

В целом по длине водотока наблюдается снижение содержания соединений железа, меди и цинка, а по нефтепродуктам – увеличение к устью реки до 5,6 ПДК. Концентрация фенолов варьирует по длине водотока до 3,0–6,0 ПДК.

Такая изменчивость компонентного состава водной среды и высокое содержание некоторых загрязняющих веществ определяют степень загрязненности водной среды на уровне (см. рис. 1):

- «очень загрязненная» на участках ниже г. Невинномысск, выше г. Армавир, ниже г. Краснодар и у х. Тиховский;

– переходная от «очень загрязненной» к «грязной» на участке от г. Армавир до г. Краснодар.

Таблица 1. Изменчивость содержания приоритетных загрязняющих веществ по длине р. Кубань в 2000–2010 гг.

Загрязняющее вещество	Диапазон колебания концентрации в ПДК					
	Пункт режимных наблюдений (расстояние от устья, км)					
	г. Невинномыск (713)	г. Армавир (586)	г. Кропоткин (471)	ст. Ладожская (354)	г. Краснодар (226)	х. Тиховский (111)
Соединения железа	0,90–31	0,10–53	0,90–37	1,3–47	1,1–17	0,60–4,6
Соединения меди	н.о.–23	н.о.–40	н.о.–26	1,0–47	н.о.–18	н.о.–20
Соединения цинка	н.о.–3,9	н.о.–3,3	н.о.–7,4	н.о.–5,7	н.о.–7,3	0,40–1,6
ЛООВ (по БПК ₅)	0,50–2,0	0,50–1,7	0,50–1,8	0,50–2,9	0,50–3,4	0,50–1,0
Нефтепродукты	0,20–0,80	н.о.–0,80	н.о.–0,60	н.о.–0,60	н.о.–2,8	0,50–5,6
Фенолы	н.о.–4,0	н.о.–4,0	н.о.–5,0	н.о.–4,0	н.о.–6,0	н.о.–3,0
Азот аммонийный	н.о.–1,3	н.о.–1,6	н.о.–2,0	н.о.–1,7	н.о.–3,0	0,10–1,4
Азот нитритный	0,05–1,7	0,05–2,2	0,05–1,9	н.о.–1,8	н.о.–3,9	0,20–1,8

Примечание: н.о. – ниже предела обнаружения; ЛООВ – легкоокисляемые органические вещества, определяемые по БПК₅.

На некоторых участках реки такие высокие концентрации загрязняющих веществ является основной причиной возникновения случаев высокого (ВЗ) и экстремально высокого (ЭВЗ) уровня загрязнения воды. За период с 2000 по 2010 гг. случаи ВЗ отмечены на участке от г. Невинномыск – ст. Ладожская по соединениям железа и меди, а у г. Темрюк – по соединениям ртути и ДДТ (табл. 2). Случаи ЭВЗ единичны для р. Кубань.

При таком уровне антропогенной нагрузки на водные экосистемы различных участков р. Кубань возможно ухудшение их экологического состояния. Оценка последнего может быть проведена как по уровню антропогенной нагрузки, так и по системообразующим показателям состояния с использованием разработанного в Гидрохимическом институте классификатора [4].

Таблица 2. Повторяемость случаев ВЗ и ЭВЗ по длине р. Кубань в 2000–2010 гг.

Пункт режимных наблюдений	Уровень загрязненности водной среды			
	высокий (ВЗ)		экстремально высокий (ЭВЗ)	
	повторяемость	загрязняющее вещество	повторяемость	загрязняющее вещество
г. Невинномысск	2	соединения железа	–	–
г. Армавир	9	соединения железа	1	соединения железа
г. Кропоткин	5	соединения железа	–	–
ст. Ладожская	5	соединения железа соединения меди	–	–
г. Темрюк	9	соединения ртути ДДТ	7	соединения ртути

Примечание: – ЭВЗ не регистрировались.

Состояние экосистемы, оцениваемое по уровню антропогенной нагрузки с использованием расчетных характеристик доли и степени антропогенного воздействия, проводится в соответствии с Р 52.24.661–2004. При этом доля антропогенного воздействия оценивает антропогенную составляющую в формировании компонентного состава абиотической части экосистемы, а степень антропогенного воздействия – долю загрязняющих веществ в общем числе нормируемых ингредиентов.

Долю антропогенного воздействия рассчитывают по формуле [4]:

$$D = \frac{N_1}{N} \cdot 100, \quad (1)$$

где N_1 – число ингредиентов, превышающих ПДК;

N – общее число нормируемых приоритетных загрязняющих веществ.

Степень антропогенного воздействия рассчитывают по формуле [4]:

$$C = \frac{N_2}{N_1} \cdot 100, \quad (2)$$

где N_2 – число ингредиентов, превышающих 10 ПДК;

N_1 – число ингредиентов, превышающих ПДК.

В период с 2000 по 2010 гг. состояние экосистем на различных участках р. Кубань оценивается по доле антропогенного воздействия как переходное из кризисного в критическое и по степени антропогенного воздействия – переходное из кризисного в естественное (табл. 3). Оценка экологического состояния по системообразующим показателям с использованием разработанного в Гидрохимическом институте классификатора проводится на основе статистических характеристик вариационного

ряда значений концентраций легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅), соединений азота аммонийного и значений содержания растворенного в воде кислорода [4].

Таблица 3. Изменчивость состояния водных экосистем различных участков р. Кубань по антропогенной нагрузке в 2000–2010 гг.

Пункт режимных наблюдений	Модальный интервал значений доли антропогенного воздействия, %	Состояние экосистемы	Модальный интервал значений степени антропогенного воздействия, %	Состояние экосистемы
г. Невинномысск	42–54	кризисное	12–17	кризисное
г. Армавир	46–54	кризисное	14–28	переходное из кризисного в критическое
г. Кропоткин	46–54	кризисное	12–17	кризисное
ст-ца Ладожская	42–57	кризисное	0–17	переходное из равновесного в кризисное
г. Краснодар	53–61	критическое	0	естественное
х. Тиховский	46–54	кризисное	0	естественное

Примечание: модальный интервал значений – статистическая характеристика вариационного ряда.

Таблица 4. Изменчивость состояния водных экосистем различных участков р. Кубань по системообразующим показателям в 2000–2010 гг.

Пункт режимных наблюдений	Модальный интервал значений концентрации ЛООВ (по БПК ₅), мг/л	Состояние экосистемы	Модальный интервал значений концентрации азота аммонийного, мг/л	Состояние экосистемы
г. Невинномысск	0,50–1,4	равновесное	н.о.–0,31	равновесное
г. Армавир	0,50–0,90	естественное	н.о.–0,26	равновесное
г. Кропоткин	0,50–0,90	естественное	н.о.–0,23	равновесное
ст. Ладожская	0,50–1,0	естественное	н.о.–0,28	равновесное
г. Краснодар	0,50–1,0	естественное	н.о.–0,41	равновесное

Примечание: модальный интервал значений – статистическая характеристика вариационного ряда; системообразующие показатели – показатели состояния экосистемы, обеспечивающие ее нормальное функционирование.

Приведенные в табл. 4 данные показывают, что состояние водных экосистем на различных участках р. Кубань по системообразующим показателям характеризуется как естественное или равновесное и свидетельствуют о стабильности экосистемы реки.

Таким образом, региональные особенности гидрохимического режима и высокая самоочищающая способность реки обеспечивают ее возможности по переработке поступающих извне химических веществ.

Транспорт загрязняющих веществ по длине р. Кубань

Результаты расчета среднегодовых и среднемноголетних за 1990–2010 гг. объемов притока [5] химических и загрязняющих веществ показали, что по длине р. Кубань в наибольших объемах транспортируются соединения железа, легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅) и нефтепродукты. Для соединений железа, меди, биогенных и ЛООВ наблюдается тенденция повышения их содержания у г. Краснодара с последующим снижением к устью реки (табл. 5). По содержанию в водной среде нефтепродуктов четко прослеживается увеличение как среднегодовых, так и среднемноголетних значений объемов их притока вниз по течению р. Кубань. На участке реки от г. Армавир до г. Краснодар кратность превышения допустимых по ПДК объемов притока соединений железа и соединений меди достигала 5–15 раз.

Таблица 5. Пространственная изменчивость по длине р. Кубань объемов притока (тыс. т/год) химических и загрязняющих веществ за 1990–2010 гг.

Загрязняющее вещество	Показатель	Пункты режимных наблюдений			
		г. Армавир	ст-ца Ладожская	г. Краснодар	х. Тиховский
Соединения железа	Диапазон значений среднегодового объема притока	1,52–20,4	0,920–7,56	3,21–8,41	1,37–6,74
	Среднемноголетний объем притока	<u>6,45</u> 0,416	<u>4,14</u> 0,428	<u>6,18</u> 1,28	<u>2,95</u> 1,31
	Кратность превышения допустимого по ПДК	15,5	9,7	4,8	2,2
Соединения меди	Диапазон значений среднегодового объема притока	0,004–0,098	0,017–0,122	0,030–0,132	0,011–0,054
	Среднемноголетний объем притока	<u>0,014</u> 0,004	<u>0,046</u> 0,004	<u>0,074</u> 0,013	<u>0,027</u> 0,013
	Кратность превышения допустимого по ПДК	10,0	11,0	5,7	2,1

Соединения цинка	Диапазон значений среднегодового объема притока	0,005–0,151	0,004–0,199	0,013–0,436	0,058–0,245
	Среднегодовой объем притока	$\frac{0,043}{0,042}$	$\frac{0,059}{0,043}$	$\frac{0,150}{0,128}$	$\frac{0,138}{0,131}$
	Кратность превышения допустимого по ПДК	1,0	1,4	1,2	1,0
Азот аммонийный	Диапазон значений среднегодового объема притока	0,025–1,03	0,018–0,735	0,220–3,94	1,12–9,67
	Среднегодовой объем притока	$\frac{0,215}{1,62}$	$\frac{0,199}{1,67}$	$\frac{1,27}{4,99}$	$\frac{3,42}{5,10}$
	Кратность превышения допустимого по ПДК	< 1	< 1	< 1	< 1
Азот нитритный	Диапазон значений среднегодового объема притока	0,033–0,842	0,042–0,177	0,157–2,10	0,144–0,578
	Среднегодовой объем притока	$\frac{0,170}{0,083}$	$\frac{0,075}{0,086}$	$\frac{0,497}{0,256}$	$\frac{0,292}{0,261}$
	Кратность превышения допустимого по ПДК	2,0	0,87	1,9	1,1
ЛООВ (по БПК ₅)	Диапазон значений среднегодового объема притока	5,28–17,4	4,81–28,7	17,4–61,5	13,7–32,8
	Среднегодовой объем притока	$\frac{8,49}{8,32}$	$\frac{12,8}{8,56}$	$\frac{34,0}{25,6}$	$\frac{18,4}{26,1}$
	Кратность превышения допустимого по ПДК	1,0	1,5	1,3	0,7
Фенолы	Диапазон значений среднегодового объема притока	н.о.–0,034	н.о.–0,011	н.о.–0,034	0,011–0,052
	Среднегодовой объем притока	$\frac{0,005}{0,004}$	$\frac{0,004}{0,004}$	$\frac{0,014}{0,013}$	$\frac{0,019}{0,013}$
	Кратность превышения допустимого по ПДК	1,2	1,0	1,1	1,5
Нефтепродукты	Диапазон значений среднегодового объема притока	0,029–2,62	0,019–2,50	0,128–6,59	0,820–7,08
	Среднегодовой объем притока	$\frac{0,688}{0,208}$	$\frac{0,647}{0,214}$	$\frac{1,98}{0,639}$	$\frac{2,88}{0,654}$
	Кратность превышения допустимого по ПДК	3,3	3,0	3,1	4,4

Примечание: в числителе – среднегодовой объем притока, в знаменателе – среднегодовой допустимый по ПДК объем притока; н.о. – ниже предела обнаружения.

Заключение

На основе обобщения многолетней режимной гидрохимической информации, полученной государственной наблюдательной сетью (ГНС), рассмотрена изменчивость компонентного состава водной среды, а также трансформация состояния водных экосистем отдельных участков по длине р. Кубань как следствие антропогенного влияния на речные экосистемы бассейна.

Выявлена тенденция сохранения высоких концентраций соединений железа и меди в водной среде реки, что может являться основной причиной возникновения высокого уровня загрязненности по данным веществам на участке реки от г. Невинномысска до ст-ца Ладожская.

Дана оценка изменчивости экологического состояния водных экосистем отдельных участков реки. По доле и степени антропогенного воздействия прослежен переход их состояния из кризисного в критическое и из кризисного в естественное вниз по течению реки, а по системообразующим показателям состояние характеризуется как естественное или равновесное. Высокая самоочищающая способность реки обеспечивает ее возможности по переработке поступающих извне химических веществ.

Расчет объемов притока химических веществ по длине водотока позволил оценить транспорт загрязняющих веществ вниз по течению р. Кубани. Следует отметить, что в наибольших объемах транспортируются соединения железа, легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅) и нефтепродукты. Наиболее напряженным является участок в районе г. Краснодара, где наблюдаются максимальные значения объемов притока химических веществ с последующим снижением их к устью реки.

Данное исследование является обобщающей работой по оценке изменчивости компонентного состава водной среды и состояния экосистем отдельных участков реки Кубань. Впервые выполнен расчет объемов притока химических веществ по длине водотока и рассмотрен транспорт загрязняющих веществ вниз по течению реки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чебанов М.С.* Экологические основы воспроизводства проходных и полупроходных рыб в условиях зарегулированного стока (на примере реки Кубани): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: ВНИИР, 1996. 49 с.

2. *Лурье П.М., Панов В.Д., Ткаченко Ю.Ю.* Река Кубань. Гидрография и режим стока. СПб: Гидрометеиздат, 2005. 498 с.
3. Ежегодники качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям на территории деятельности Северо-Кавказского УГМС (бассейны рек Дон, Северский Донец, Кубань) за 1990–2010 гг. Ростов-на-Дону. 1991–2011.
4. Р 52.24.661–2004. Рекомендации. Оценка риска антропогенного воздействия приоритетных загрязняющих веществ на поверхностные воды суши. М.: Изд-во Метеоагентства Росгидромета. 2006. 26 с.
5. Методические рекомендации по обоснованию системы наблюдений и расчету выноса с речным стоком нефтепродуктов. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 19 с.

Сведения об авторах:

Никаноров Анатолий Максимович, д. г.-м. н., профессор, член-корреспондент Российской академии наук, директор, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрохимический институт» Росгидромета (ФГБУ «Гидрохимический институт»), 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, д. 198

Брызгалю Валентина Александровна, к. х. н., ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрохимический институт» Росгидромета (ФГБУ «Гидрохимический институт»), 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, д. 198

Решетняк Ольга Сергеевна, к. г. н., старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрохимический институт» Росгидромета (ФГБУ «Гидрохимический институт»), 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, д. 198; e-mail: ghi6@aaanet.ru

Косменко Людмила Семеновна, к. х. н., ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрохимический институт» Росгидромета (ФГБУ «Гидрохимический институт»), 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, д. 198

Кондакова Мария Юрьевна, к. б. н., старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидрохимический институт» Росгидромета (ФГБУ «Гидрохимический институт»), 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, д. 198