УДК 504.05:626.01 EDN CNDVID

## Иванютин Н. М., Волкова Н. Е., Зубоченко А. А.

# ВЛИЯНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ СИМФЕРОПОЛЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТОКА РЕКИ САЛГИР

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

Реферат. Городская среда считается одним из основных источников загрязнения водотоков, вызывающих не только ухудшение экологического состояния речных экосистем, но ирригационного качества стока. Для снижения ее негативного воздействия необходимо выделить причины происходящих изменений. Это позволит создать основу для проведения комплексной оценки и разработки обоснованного направленных достижение мероприятий, на рационального природопользования и комфортной среды проживания населения. Цель исследования провести анализ изменения свойств (электропроводность, рН, БПК<sub>5</sub>, ХПК) и химического состава стока рек Салгир и Малый Салгир на территории г. Симферополь, выделить основные критерии, которые целесообразно учитывать при оценке уровня экологической безопасности водных объектов в городской зоне. Исследования проводились на основе данных за 2017-2020 и 2022 годы. В ходе выполнения работ экологическая оценка речного стока осуществлялась на основе расчета удельного комбинаторного индекса загрязнения воды, ирригационное качество – методом определения коэффициента Стеблера. Установлено, что городская среда оказала существенное влияние на состав и свойства водных ресурсов. Так, градация качества речного стока, определенного на основе расчета удельного комбинаторного индекса загрязнения воды, по длине водотоков ухудшалась минимум на один класс. Также на основе анализа содержания загрязняющих веществ в воде и водохозяйственной обстановки в г. Симферополь были выделены основные критерии, которые целесообразно учесть при усовершенствовании методологических основ управления экологической безопасностью водных объектов на урбанизированной территории. К ним относятся: соблюдение экологического стока/попуска; уровень канализованности города; износ сетей водоотведения; обеспеченность территории системами сбора, транспортировки и очистки ливневых вод.

**Ключевые слова:** городская среда, речной сток, качество воды, удельный комбинаторный индекс загрязнения, коэффициент Стеблера, водохозяйственная обстановка, критерии оценки.

Для цитирования: Иванютин Н. М., Волкова Н. Е., Зубоченко А. А. Влияние городской среды Симферополя на качественные показатели стока реки Салгир // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4(32). С. 82–92. EDN: CNDVID.

**For citation:** Ivanyutin N. M., Volkova N. E., Zubochenko A. A. Influence of the Simferopol urban environment on the qualitative parameters of the Salgir river flow // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 4(32). P. 82–92. EDN: CNDVID.

### Введение

Одним из основных источников загрязнения водотоков являются города. Это обосновано сочетанием таких факторов, как скопление промышленных объектов, высокая плотность застройки, разветвленная транспортная и коммунальная инфраструктуры и т. п. Результаты изучения влияния урбанизированных территорий на состояние водных объектов, нашли отражение в работах ряда авторов [1–10]. Исследователи отмечают, что чаще всего на территории городов фиксируется

повышение содержания в речном стоке нитратов, нитритов, тяжелых металлов, полициклических ароматических углеводородов, вредоносных микроорганизмов и т. п. При этом ухудшается не только экологическое состояние водных экосистем, но и ирригационное качество водных ресурсов. К примеру, в [3] авторы сделали выводы о том, что сток реки Нил после прохождения через территории городов Кена и Сохаг, нецелесообразно использовать для орошения, так как это может привести к бактериологическому загрязнению как почвы, так и выращенной продукции. В ходе проведения обследований основных водотоков г. Кумаси, второго по величине города Ганы (Африка), Darko G. с коллегами признали данные реки не пригодными для рекреационных целей [1].

Учет влияния городской среды на качество водных ресурсов при проведении комплексной оценки устойчивости и экологического состояния водотоков нашел отражение в работах Тимченко З. В., Яцыка А. В., Дунаевой Е. А., Власовой А.Н. и др. [11–14]. При этом в расчет принималась площадь урбанизированной территории, а не сосредоточенные на ней источники загрязнения водных объектов, воздействие которых необходимо регулировать.

Городской округ Симферополь — муниципальное образование в составе Республики Крым. В его состав входит 6 населенных пунктов: г. Симферополь (столица Крымского региона), пгт. Аграрное, пгт. Аэрофлотский, пгт. Грэсовский, пгт. Комсомольское и п. Битумное. Через территорию данного городского округа протекает р. Салгир и 2 ее притока первого порядка: реки Малый Салгир и Славянка. Мониторинговой сетью наблюдений за качественными показателями речного стока охвачены только 2 из них (реки Салгир и Малый Салгир).

В качестве объекта исследования были выбраны река Салгир и ее приток Малый Салгир на территории г. Симферополь (рисунок 1).

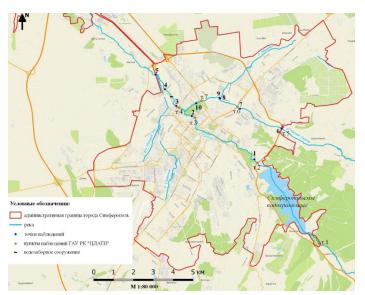


Рисунок 1 – Схема расположения объектов исследования и точек наблюдения

Протяженность этих водотоков в границах данного населенного пункта составляет 19,8 и 7,7 км соответственно. Выбор данных объектов обоснован сочетанием двух основных факторов:

- оба водотока протекают через территорию одного из самых крупных населенных пунктов Республики Крым ее столицу, площадь которой составляет более  $100~{\rm km}^2$ :
- река Салгир является одним из основных местных источников водных ресурсов на территории Республики Крым. Ее сток интенсивно используется для

целей коммунально-бытового водоснабжения г. Симферополь и орошения сельскохозяйственных земель, расположенных за границами данного населенного пункта.

**Цель исследований** — провести анализ изменения свойств и состава речного стока рек Салгир и Малый Салгир на территории г. Симферополь, выделить основные критерии, которые целесообразно учитывать при оценке уровня экологической безопасности водных объектов в городской зоне.

## Материалы и методы исследований

Исследования проводились на основе статистических и полевых данных за 2017-2020, а также 2022 гг.

Исследования включали в себя:

- комплексную экологическую оценку состава водных ресурсов рек Салгир и Малый Салгир на территории г. Симферополь, выполненную на основе данных мониторинговых наблюдений ГАУ РК «Центр лабораторного анализа и технических измерений» (ГАУ РК «ЦЛАТИ») за 2017–2020 гг.;
- анализ изменения ирригационного качества стока по длине данных водотоков, проведенный по результатам работ, выполненных в 2020 г., и химических анализов, полученных в ходе обследований 2022 г.;
- определение перечня основных источников загрязнения рек Салгир и Малый Салгир в черте г. Симферополь.

Комплексная экологическая оценка речного стока осуществлялась в соответствии с РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» на основе расчета удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ) [15], ирригационное качество – методом определения коэффициента Стеблера, описание которого приведено в [16].

Расчет УКИЗВ проводили по 18 показателям (растворенный кислород, БПК<sub>5</sub>, XПК, содержание нефтепродуктов, фенолов,  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ , Fe, Cd, Mn, Cu, Ni, Pb и Zn).

Наблюдение за качественными характеристиками речного стока в 2022 г. осуществляли по 10 точкам (таблица 1). При выборе мест их расположения учитывали размещение государственной мониторинговой сети ГАУ РК «ЦЛАТИ».

Таблица 1 – Месторасположение точек наблюдения

Номер	Координаты						
точки наблюдения	широта	долгота	Описание месторасположения				
река Салгир							
1	44°56'26.5939"с.ш.	34°8'9.5366"в.д.	ул. Гурзуфская, ледовый комплекс «Наследие»				
2	44°57'38.8819"с.ш.	34°5'47.3006"в.д.	ул. Толстого, мост через р. Салгир				
3	44°57'55.8667"с.ш.	34°5'11.8262"в.д.	ул. Гагарина, мост через р. Салгир				
4	44°58'23.2231"с.ш.	34°4'46.1798"в.д.	ул. Ракетная, мост через р. Салгир				
5	44°58'47.5800"с.ш.	34°4'26.7000"в.д.	ул. Евпаторийская, мост через р. Салгир				
река Малый Салгир							
6	44°57'16.6879"с.ш.	34°9'13.1342"в.д.	ул. Объездная, мост через р. Малый Салгир				
7	44°57'49.8799"с.ш.	34°7'38.3102"в.д.	ул. Проспект Победы, мост через р. Малый Салгир				
8	44°58'6.9583"с.ш.	34°6'52.5506"в.д.	ул. Титова, 35Г, перед слиянием с р. Абдалка				
9	44°58'8.0851"с.ш.	34°6'51.6470"в.д.	ул. Титова 77/4, после слияния с р. Абдалка				
10	44°57'59.6935"с.ш.	34°5'57.6938"в.д.	Гагаринский парк, возле стационарного гидропоста				

## Результаты и их обсуждение

Результаты комплексной оценки изменения качественного состава стока рек Салгир и Малый Салгир на территории г. Симферополь, итоговые классы качества, полученные в результате расчета УКИЗВ, и перечень загрязняющих веществ, по которым было зафиксировано превышение предельных допустимых концентраций, представлены в таблице 2.

Комплексная оценка показала увеличение уровня загрязнения вод по длине водотоков. На территории города градация качества водных ресурсов изменялась минимум на один класс.

Таблица 2 – Результаты комплексной оценки качества стока рек Салгир и

Малый Салгир на территории г. Симферополь

Место Класс качества воды / перечень веществ, по которым фиксировалось							
расположения	превышение предельно допустимых концентраций						
пунктов наблюдения	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.			
река Салгир							
Автодорожный мост к карьеру «Лозовое» (т. 1)	1 – условно чистая / (Fe, Mn, Pb)	2 – слабо загрязненная / (нефтепродукты, Cu, Ni, Pb)	3а — загрязненная / (БПК <sub>5</sub> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Fe, Cu, Ni, Pb, Zn)	3а – загрязненная / (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cd, Mn, Pb, Zn)			
Водовыпуск с Симферопольского водохранилища (т. 2)	1 – условно чистая (NO <sub>3</sub> -, Zn)	2 – слабо загрязненная / (БПК₅, нефтепродукты, Cd, Cu, Ni, Pb)	3а – загрязненная / (БПК <sub>5</sub> , Fe, Mn, Cu, Ni)	2 – слабо загрязненная / (Cd, Mn, Zn)			
Автодорожный мост ул. Толстого (т. 3)	4a - грязная / (растворенный кислород, БПК <sub>5</sub> , нефтепродукты, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Fe, Mn, Ni)	4а — грязная / (БПК <sub>5</sub> , нефтепродукты, NH <sub>4</sub> +, NO <sub>2</sub> -, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Mn, Ni, Pb)	4а – грязная / (БПК <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> +, NO <sub>2</sub> -, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Fe, Mn, Cu, Pb, Zn)	4б – грязная / (БПК <sub>5</sub> , нефтепродукты, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Cd, Mn, Cu, Pb, Zn)			
Железнодорожный мост ул. Гагарина (т. 4)	4а – грязная / (БПК <sub>5</sub> , нефтепродукты, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Fe, Cd, Mn, Cu, Zn)	4а – грязная / (БПК <sub>5</sub> , нефтепродукты, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Mn, Cu, Ni, Pb, Zn)	4а – грязная / (NO <sub>2</sub> -, NO <sub>3</sub> -, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Fe, Mn, Cu, Ni, Pb, Zn)	4б – грязная / (БПК <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cd, Mn, Cu, Pb, Zn)			
река Малый Салгир							
Автодорожный мост ул. Объездная (т. 5)	3а – загрязненная / (БПК <sub>5</sub> , нефтепродукты, NO <sub>2</sub> -, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2</sup> , Fe, Mn, Zn)	$2$ — слабо загрязненная / (БПК <sub>5</sub> , PO <sub>4</sub> $^{3-}$ , SO <sub>4</sub> $^{2-}$ , Ni, Pb)	36 – очень загрязненная / (БПК <sub>5</sub> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cd, Mn, Cu, Pb, Zn)	3б – очень загрязненная / (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Fe, Cd, Mn, Pb, Zn)			
Автодорожный мост ул. Проспект Победы (т. 6)	2 — слабо загрязненная / (БПК <sub>5</sub> , нефтепродукты, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Fe, Ni)	3а — загрязненная / (нефтепродукты, NO <sub>2</sub> -, NO <sub>3</sub> -, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Ni, Pb)	4a — грязная / (БПК <sub>5</sub> , NO <sub>2</sub> -, NO <sub>3</sub> -, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Fe, Cd, Mn, Cu, Ni, Pb, Zn)	$4a$ — грязная / (БП $K_5$ , N $H_4^+$ , NO $_2^-$ , NO $_3^-$ , PO $_4^{3-}$ , SO $_4^{2-}$ , Fe, Cd, Mn, Pb, Zn)			
Гидропост в парке им. Ю. Гагарина (т. 7)	3а – загрязненная / (БПК <sub>5</sub> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Fe, Ni, Zn)	3a — загрязненная / (БПК <sub>5</sub> , нефтепродукты, NO <sub>2</sub> -, NO <sub>3</sub> -, PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cu, Pb, Zn)	4a – грязная / (БПК <sub>5</sub> , нефтепродукты, NO <sub>2</sub> -, NO <sub>3</sub> -, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cd, Mn, Cu, Zn)	4a — грязная / (растворенный кислород, БПК <sub>5</sub> , XПК, нефтепродукты, NO <sub>2</sub> -, NO <sub>3</sub> -, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Fe, Cd, Mn, Cu, Pb, Zn)			

Кроме того, за период с 2017 по 2020 гг. по участку р. Салгир от верховья Симферопольского водохранилища до впадения Малого Салгира в основном прослеживалось ежегодное ухудшение качества речного стока. Так, по пункту наблюдения ГАУ РК «ЦЛАТИ» т. 1, расположенному на входе р. Салгир на территорию города, показатель УКИЗВ увеличился более чем в три раза (с 0,68 ед. в 2017 г. при объеме стока 51,5 млн м $^3$  до 2,54 ед. в 2020 г. при объеме стока 11,5 млн м $^3$ ).

Следует отметить, что последствия антропогенной деятельности влияют не только на безопасность воды для человека, водной флоры и фауны, но и на ее пригодность для целей орошения (рисунок 2). Несмотря на то, что ирригационное качество речного стока Салгира на территории г. Симферополь ухудшалось по длине водотока, в месте водозабора в Салгирскую оросительную систему, расположенного между точками наблюдения 3 и 4, по солевому составу вода была классифицирована как хорошая. Ее использование для полива не должно привести к развитию таких неблагоприятных почвенных процессов, как засоление и осолонцевание.

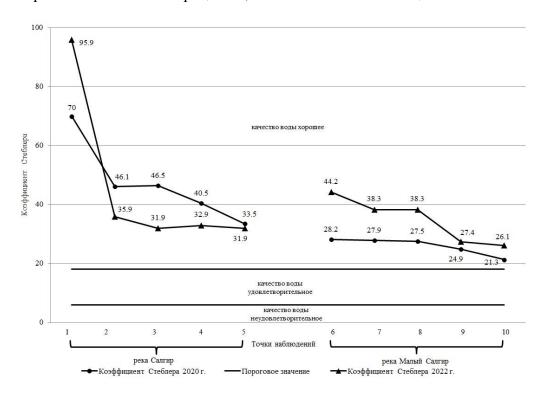


Рисунок 2 – Изменение значений ирригационного коэффициента по длине водотоков в границах г. Симферополь

В целом, для достижения рационального водопользования в бассейне реки Салгир необходимо контролировать воздействие деятельности человека на водную экосистему, а для этого необходимо исключить/снизить негативное влияние основных антропогенных факторов, в том числе связанных с функционированием городов.

Как отмечено ранее, в период с 2017 по 2020 гг. на участке р. Салгир от верховьев Симферопольского водохранилища до места впадения Малого Салгира фиксировали ежегодное ухудшение качественных показателей речного стока. Это, в первую очередь обосновано сочетанием двух основных факторов: водностью года и не осуществлением в достаточном объеме экологических и технологических попусков. В качестве подтверждения на рисунках 3 и 4 представлены динамика

модульного коэффициента стока р. Салгир, формирующегося на участке до Симферопольского водохранилища, и режим его работы за 2017–2021 гг.

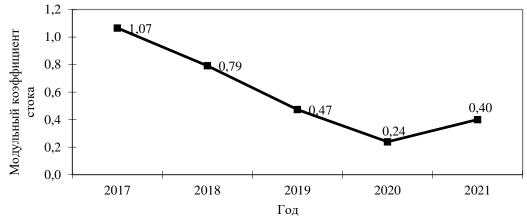


Рисунок 3 – Динамика модульного коэффициента стока за период 2017–2021 гг.

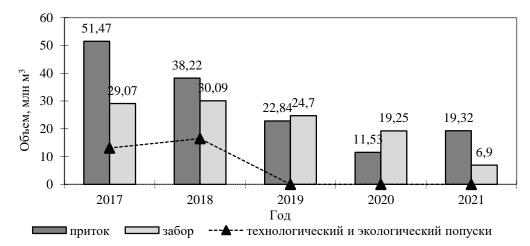


Рисунок 4 – Режим работы Симферопольского водохранилища

Объем притока в Симферопольское водохранилище за период с 2017 по 2020 гг. сократился в 4,5 раза (с 51,5 млн м³ в 2017 г. до 11,5 млн м³ в 2020 г.), кроме того, в связи с необходимостью обеспечения населения г. Симферополь достаточным количеством воды, экологические и технологические попуски в период с 2019 по 2021 гг. не осуществляли. В результате по пункту наблюдения ГАУ РК «ЦЛАТИ» т. 4, расположенному на р. Салгир, в 400 м до впадения в данный водоток Малого Салгира, УКИЗВ увеличился с 3,9 ед. в 2017 г. до 4,7 ед. в 2020 г.

Исходя из анализа перечня показателей, характеризующих свойства речного стока и состав воды, по которым были получены превышения установленных нормативных значений (БПК<sub>5</sub>, нефтепродукты, азот аммонийный, нитриты, нитраты, фосфаты, железо, кадмий, марганец, медь, свинец, цинк), наиболее вероятными источниками загрязнения являются поступления неочищенных сточных и ливневых вод.

Так как сброс канализационных стоков осуществляется в реку Салгир за г. Симферополь, к основным причинам загрязнения водотоков в границах города относятся:

- недостаточный охват населения услугами водоотведения;
- утечки из канализационных сетей;
- смывы с селитебных территорий.

Рассмотрим каждую из этих причин по отдельности.

В соответствии с актуализированной версией «Единой схемы водоснабжения и водоотведения Республики Крым», утвержденной в ноябре 2021 г., охват населения городского округа Симферополь услугами централизованного водоотведения составляет 74 % [17]. Значительная часть домовладений, не подключенных к канализационным сетям, располагается в зоне формирования стока водотоков бассейна Салгира: Абдалки (микрорайоны Белое, Каменка), Славянки (микрорайон Заводское), Петровской балки (ул. Петровская Балка).

Протяженность сетей централизованного водоотведения на территории г. Симферополь составляет около 500 км, из них 70 % находится в ветхом и аварийном состоянии [17]. Это обуславливает высокий уровень аварийности на канализационных трубопроводах. В среднем в год на 1 км водопроводных сетей фиксируется более восьми прорывов.

Протяженность ливневой канализации в границах Симферополя составляет 37 км, а в соответствии с муниципальной программой «Реконструкция и развитие системы водоснабжения и водоотведения муниципального образования городской округ Симферополь Республики Крым на 2017–2020 годы» необходимо было обустроить еще как минимум 200 км сетей [18]. Кроме того, ливневой сток сбрасывается в реку без предварительной очистки и выступает причиной высокого содержания в воде нефтепродуктов и тяжелых металлов.

Снижение воздействия на реки Салгир и Малый Салгир описанных выше причин, полностью не исключит негативное влияние города на качественные показатели стока, но позволит существенно улучшить экологическую обстановку на них, что в свою очередь будет способствовать достижению рационального природопользования и создания комфортной городской среды для проживания населения.

В целом описанные выше проблемы, снижающие эффективность ведения водохозяйственной деятельности на территории Симферополя, характерны для большинства населенных пунктов Республики Крым и Российской Федерации, особенно это касается городов, относящихся к категории крупные и крупнейшие (количество жителей более 250 тыс. чел.). Это необходимо учитывать при усовершенствовании методологических основ управления экологической безопасностью водных объектов городских агломераций.

#### Выводы

Комплексная оценка изменения качественного состава стока рек Салгир и Малый Салгир на территории г. Симферополь в основном показала увеличение уровня загрязнения вод по длине водотоков. С экологической точки зрения градация качества водных ресурсов ухудшалась минимум на один класс. Кроме того, за период с 2017 по 2020 гг. по участку р. Салгир от верховья Симферопольского водохранилища до впадения Малого Салгира фиксировалось ежегодное ухудшение качества речного стока. Так, на входе р. Салгир на территорию города показатель УКИЗВ увеличился более чем в три раза (с 0,68 ед. в 2017 г. до 2,54 ед. в 2020 г.).

Основные загрязняющие вещества, выявленные в рамках исследований речного стока, по которым были получены превышения предельно допустимых концентраций —  $Б\Pi K_5$ , нефтепродукты, азот аммонийный, нитриты, нитраты, фосфаты, железо, кадмий, марганец, медь, свинец, цинк. Наиболее вероятными источниками загрязнения водных объектов данными поллютантами являются поступления неочищенных сточных и ливневых вод.

Несмотря на постепенное ухудшение ирригационного качества речного стока по длине обследованных водотоков в границах г. Симферополь, в месте водозабора в

Салгирскую оросительную систему, по солевому составу вода была классифицирована как хорошая. Ее использование для полива не должно привести к развитию таких неблагоприятных почвенных процессов как засоление и осолонцевание.

На основе анализа содержания загрязняющих веществ в воде и водохозяйственной обстановки в г. Симферополь были выделены основные критерии, которые целесообразно учесть при усовершенствовании методологических основ управления экологической безопасностью водных объектов на урбанизированной территории. К ним относятся: соблюдение экологического стока/попуска, уровень канализованности города, износ сетей водоотведения, обеспеченность территории системами сбора, транспортировки и очистки ливневых вод.

Исследование выполнено по гранту Российского научного фонда № 22-27-20062, https://rscf.ru/project/22-27-20062/

## Литература

- 1. Darko G., Obiri-Yeboah S., Takyi S. A., Amponsah O., Borquaye L. S., Amponsah L. O., Fosu-Mensah B. Y. Urbanizing with or without nature: pollution effects of human activities on water quality of major rivers that drain the Kumasi Metropolis of Ghana // Environmental Monitoring and Assessment. 2022. Volume 194. Iss. 1. No. 38. DOI: 10.1007/s10661-021-09686-8.
- 2. Mufur A. M., Awah M. T., Nono G. D. K., Tamfuh P. A., Wotchoko P., Beyala K. K. V. Physico-chemical and bacteriological characterization of surface water in Bamenda (North West Cameroon) // Applied Water Science. 2021. Vol. 11. Iss. 12. No. 185. DOI: 10.1007/s13201-021-01512-3.
- 3. Abdelhafiz M. A., Elnazer A. A., Seleem E. M., Mostafa A., Al-Gamal A. G., Salman S. A., Feng X. Chemical and bacterial quality monitoring of the Nile river water and associated health risks in Qena-Sohag sector, Egypt // Environmental Geochemistry and Health. 2021. Vol. 43. Iss.10. P. 4089–4104. DOI: 10.1007/s10653-021-00893-3.
- 4. Gu X., Lin C., Wang B., Wang J., Ouyang W. A comprehensive assessment of anthropogenic impacts, contamination, and ecological risks of toxic elements in sediments of urban rivers: a case study in Qingdao, East China // Environmental Advances. 2022. Vol. 7. No. 100143. DOI: 10.1016/j.envadv.2021.100143.
- 5. Singh S., Hariteja N., Renuka P. T. J., Raju N. J., Ramakrishna C. Impact assessment of faecal sludge on groundwater and river water quality in Lucknow environs, Uttar Pradesh, India // Groundwater for Sustainable Development. 2020. Vol. 11. No. 100461. DOI: 10.1016/j.gsd.2020.100461.
- 6. Hatt B. E., Fletcher T. D., Walsh C. J., Taylor S. L. The influence of urban density and drainage infrastructure on the concentrations and loads of pollutants in small streams // Environmental Management. 2004. Vol. 34. Iss. 1. P. 112–124. DOI: 10.1007/s00267-004-0221-8.
- 7. Perrin J. L., Raïs N., Chahinian N., Moulin P., Ijjaali M. Water quality assessment of highly polluted rivers in a semi-arid Mediterranean zone Oued Fez and Sebou river (Morocco) // Journal of Hydrology. 2014. Vol. 510. P. 26–34. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2013.12.002.
- 8. Yang Y., Chen H., Abdullah A. M., Ndayishimiye J. C. R., Yang J., Isabwe A., Luo A., Yang J. Urbanization reduces resource use efficiency of phytoplankton community by altering the environment and decreasing biodiversity // Journal of Environmental Sciences. 2022. Vol. 112. P. 140–151. DOI: 10.1016/j.jes.2021.05.001.
- 9. Kryakhtunov A. V. Dynamics of changes in the concentration of oil products in the Tura river within the residential area of the large oil capital of Russia // Journal of Ecological Engineering. 2021. Vol. 22. Iss.11. P. 223–229. DOI: 10.12911/22998993/143288.
- 10. Sabanaev R. N., Nikitin O. V., Latypova V. Z., Minakova E. A., Stepanova N. Y. Quantitative assessment of biogenic elements and suspended matter load to inner-city river: the role of point sources and diffuse runoff // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1889. Iss. 3. No. 032031. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/3/032031.
- 11. Тимченко З. В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма. Симферополь: Доля, 2002. 152 с.
- 12. Яцык А. В. Экологические основы рационального водопользования. Киев: Издательство «Генеза», 1997. 640 с.

- 13. Власова А. Н. Оценка экологического состояния ландшафтов бассейна реки Салгир // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География. 2011. Т. 24 (63). № 1. С. 66–71.
- 14. Дунаева Е. А., Коваленко П. И. Типизация бассейнов рек Крыма по агроландшафтам и экологической нагрузке на них // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 4 (12). С. 157–167.
- 15. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов-на-Дону: РОСГИДРОМЕТ, 2002. 50 с.
- 16. Шуравилин А. В., Можайский Ю. А. Практикум по мелиорации сельскохозяйственных земель: учебное пособие. Рязань: РГАТУ, 2011. 214 с.
- 17. Постановление Совета министров Республики Крым от 15 ноября 2021 года № 682 «О внесении изменений в постановление Совета министров Республики Крым от 26 декабря 2017 года № 714». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rk.gov.ru/ru/document/show/31412 (дата обращения 07.09.2022).
- 18. Постановление Администрации г. Симферополя Республики Крым № 3141 от 20.12.2016 г. «Об утверждении муниципальной программы "Реконструкция и развитие системы водоснабжения и водоотведения муниципального образования городской округ Симферополь Республики Крым на 2017-2020 годы"». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://base.garant.ru/23723574/#friends (дата обращения 07.09.2022).

#### References

- 1. Darko G., Obiri-Yeboah S., Takyi S. A., Amponsah O., Borquaye L. S., Amponsah L. O., Fosu-Mensah B. Y. Urbanizing with or without nature: pollution effects of human activities on water quality of major rivers that drain the Kumasi Metropolis of Ghana // Environmental Monitoring and Assessment. 2022. Vol. 194. Iss. 1. No. 38. DOI: 10.1007/s10661-021-09686-8.
- 2. Mufur A. M., Awah M. T., Nono G. D. K., Tamfuh P. A., Wotchoko P., Beyala K. K. V. Physico-chemical and bacteriological characterization of surface water in Bamenda (North West Cameroon) // Applied Water Science. 2021. Vol. 11. Iss. 12. No. 185. DOI: 10.1007/s13201-021-01512-3.
- 3. Abdelhafiz M. A., Elnazer A. A., Seleem E. M., Mostafa A., Al-Gamal A. G., Salman S. A., Feng X. Chemical and bacterial quality monitoring of the Nile river water and associated health risks in Qena-Sohag sector, Egypt // Environmental Geochemistry and Health. 2021. Vol. 43. Iss. 10. P. 4089–4104. DOI: 10.1007/s10653-021-00893-3.
- 4. Gu X., Lin C., Wang B., Wang J., Ouyang W. A comprehensive assessment of anthropogenic impacts, contamination, and ecological risks of toxic elements in sediments of urban rivers: a case study in Qingdao, East China // Environmental Advances. 2022. Vol. 7. No. 100143. DOI: 10.1016/j.envadv.2021.100143.
- 5. Singh S., Hariteja N., Renuka P. T. J., Raju N. J., Ramakrishna C. Impact assessment of faecal sludge on groundwater and river water quality in Lucknow environs, Uttar Pradesh, India // Groundwater for Sustainable Development. 2020. Vol. 11. No. 100461. DOI: 10.1016/j.gsd.2020.100461.
- 6. Hatt B. E., Fletcher T. D., Walsh C. J., Taylor S. L. The influence of urban density and drainage infrastructure on the concentrations and loads of pollutants in small streams // Environmental Management. 2004. Vol. 34. Iss. 1. P. 112–124. DOI: 10.1007/s00267-004-0221-8.
- 7. Perrin J. L., Raïs N., Chahinian N., Moulin P., Ijjaali M. Water quality assessment of highly polluted rivers in a semi-arid Mediterranean zone Oued Fez and Sebou river (Morocco) // Journal of Hydrology. 2014. Vol. 510. P. 26–34. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2013.12.002.
- 8. Yang Y., Chen H., Abdullah A. M., Ndayishimiye J. C. R., Yang J., Isabwe A., Luo A., Yang J. Urbanization reduces resource use efficiency of phytoplankton community by altering the environment and decreasing biodiversity // Journal of Environmental Sciences. 2022. Vol. 112. P. 140–151. DOI: 10.1016/j.jes.2021.05.001.
- 9. Kryakhtunov A. V. Dynamics of changes in the concentration of oil products in the Tura river within the residential area of the large oil capital of Russia // Journal of Ecological Engineering. 2021. Vol. 22. Iss. 11. P. 223–229. DOI: 10.12911/22998993/143288.
- 10. Sabanaev R. N., Nikitin O. V., Latypova V. Z., Minakova E. A., Stepanova N. Y. Quantitative assessment of biogenic elements and suspended matter load to inner-city river: the role of point sources and diffuse runoff // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1889. Iss. 3. No. 032031. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/3/032031.
- 11. Timchenko Z. V. Water resources and ecological state of small rivers of Crimea. Simferopol: Dolya, 2002. 152 p.
  - 12. Yatsyk A. V. Ecological foundations of rational water use. Kyiv: Geneza, 1997. 640 p.

- 13. Vlasova A. N. The estimation of ecological state of the Salgir river basin // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Geography. 2011. Vol. 24 (63). Iss. 1. P. 66–71.
- 14. Dunaieva Ie. A., Kovalenko P. I. River basins typification of Crimea by agrolandscapes and ecological load // Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems. 2013. Vol. 4. Iss. 12. P. 157–167.
- 15. WD 52.24.643-2002. Method of integrated assessment of surface water pollution by hydrochemical parameters. Rostov-on-Don: ROSGIDROMET, 2002. 50 p.
- 16. Shuravilin A. V., Mozhaisky Yu. A. Workshop on agricultural land reclamation: a textbook. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University Named After P.A. Kostychev, 2011. 214 p.
- 17. Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Crimea of November 15, 2021 No. 682 "On Amending the Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Crimea of December 26, 2017 No. 714". [Electronic resource]. Access point: https://rk.gov.ru/ru/document/show/31412 (reference's date 07.09.2022).
- 18. Resolution of the Administration of the city of Simferopol of the Republic of Crimea No. 3141 of 20.12.2016 "On the approval of the municipal program "Reconstruction and development of the water supply and sanitation system of the municipality of the city district of Simferopol of the Republic of Crimea for 2017-2020"". [Electronic resource]. Access point: https://base.garant.ru/23723574/#friends (reference's date 07.09.2022).

UDC 504.05:626.01

Ivanyutin N. M., Volkova N. E., Zubochenko A. A.

# INFLUENCE OF THE SIMFEROPOL URBAN ENVIRONMENT ON THE QUALITATIVE PARAMETERS OF THE SALGIR RIVER FLOW

Summary. Urban area is considered as one of the main sources of watercourse pollution, causing deterioration not only of the ecological state of river ecosystems, but also of the irrigation quality of runoff. To reduce its negative impact, it is necessary to identify the causes of the changes. This will provide a basis for conducting a comprehensive assessment and developing a reasonable list of measures aimed at achieving the goals of rational use of natural resources and creating a comfortable living environment for the population. The purpose of the study was to analyze changes in the properties (electrical conductivity, pH, BOD<sub>5</sub>, COD) and chemical composition of the flow of the Salgir and the Maly Salgir rivers in the city of Simferopol, as well as to identify the main criteria that should be taken into account when assessing the level of environmental safety of water bodies in the urban area. The studies were based on the data obtained for the period from 2017 to 2020 and in 2022. In the course of the work, the ecological assessment of river runoff was carried out on the basis of calculating the specific combinatorial index of water pollution; irrigation quality – by determining the Stebler coefficient. As a result, it was found that the urban area had a significant impact on water resources components and properties. Thus, the gradation of the river runoff quality, determined by calculating the specific combinatorial index of water pollution, along the length of watercourses worsened at least by one class. Moreover, based on the analysis of the content of pollutants in water and the water management situation in Simferopol, we identified the main criteria that should be taken into account when improving the methodological foundations for managing the environmental safety of water bodies in an urban area. These criteria include: compliance with environmental runoff/release; the level of sewerage in the city; drainage networks deterioration; provision of the territory with systems for collecting, transporting and cleaning storm water.

**Keywords:** urban area, river runoff, water quality, specific combinatorial pollution index, Stebler coefficient, water management situation, assessment criteria.

Иванютин Николай Михайлович, научный сотрудник отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: redkolya@mail.ru.

Волкова Наталья Евгеньевна, старший научный сотрудник отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: volkova n@niishk.ru.

Зубоченко Алла Анатольевна, старший научный сотрудник, заведующая научной лабораторией агрохимических исследований ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295043, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: zubochenko\_a@niishk.ru.

Ivanyutin Nikolay Mikhailovich, researcher of digital monitoring and agroecosystems modeling Department, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: redkolya@mail.ru.

Volkova Natalia Evgenievna, senior researcher of digital monitoring and agroecosystems modeling Department, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: volkova n@niishk.ru.

Zubochenko Alla Anatolyevna, senior researcher, head of the scientific laboratory of agrochemical research, FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"; 150, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295493, Russia; e-mail: zubochenko\_a@niishk.ru.

Дата поступления в редакцию — 14.08.2022. Дата принятия к печати — 01.10.2022.