

УДК 504.062

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ САЛГИР НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА СИМФЕРОПОЛЯ¹

© 2024 г. В. С. Тарасенко, Н. Е. Волкова*, В. С. Паштецкий, А. А. Манжос

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, 295043 Россия

**e-mail: Volkova.natalya12@yandex.com*

Поступила в редакцию 19.03.2024 г.

После доработки 19.03.2024 г.

Принята к публикации 01.04.2024 г.

Проведен анализ данных мониторинговых наблюдений за качественным составом вод р. Салгир на территории г. Симферополя и с. Укромного за 2017 и 2020 гг. Установлено ухудшение экологического состояния водотока, обусловленное воздействием городской среды как в маловодный, так и близкий к среднему по водности годы. Выделены участки русла Салгира, на которых фиксируется резкое ухудшение качественного состава вод. Обоснован перечень мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия г. Симферополя на экологическое состояние обследованного водотока.

Ключевые слова: городская среда, антропогенная нагрузка, речной сток, коэффициент комплексности, удельный комбинаторный индекс загрязненности воды, водоохранные мероприятия.

DOI: 10.31857/S0321059624060147 EDN: VOAYGR

ВВЕДЕНИЕ

С древних времен реки играют важную роль в развитии человеческой цивилизации. Первые города-государства появились на берегах таких крупных рек, как Нил, Евфрат, Тигр, Инд, Хуанхэ, что в первую очередь было обосновано пониманием важности наличия водоисточника для обеспечения питьевых и хозяйственно-бытовых нужд населения, развития орошения, выступавшего гарантом получения стабильных урожаев. Данная традиция дошла и до наших дней. Большинство современных крупных населенных пунктов возводилось вблизи водотоков. К примеру, в Республике Крым 11 городов из 16 расположено в долинах рек и ручьев. Данный подход к выбору места расположения населенных пунктов на практике привел к негативному воздействию на экологическое состояние самих водотоков. Согласно результатам исследований ряда ученых (Е.А. Солдатовой, О.Г. Савичева, Р.Г. Джамалова, Н.И. Коронкевича, К.С. Мельник, Т.А. Берниковой, Т.С. Папиной, А.В. Кряхтунова, А.Г. Георгиади и др.), города оказывают влияние на качественные и количественные

характеристики речного стока [1–5, 7, 12–20]. В большинстве случаев при прохождении водотока по территории населенного пункта фиксируется повышение содержания в воде нитратов, фосфатов, нефтепродуктов, тяжелых металлов, вредоносных микроорганизмов.

Довольно интересное исследование в данном направлении провели А.Г. Георгиади, Е.О. Шарипова, А.О. Даниленко. Проанализировав данные гидрохимических мониторинговых наблюдений по основным рекам Центральной России за 2005–2019 гг., исследователи не только отметили ухудшение качества вод, но и ранжировали города по их влиянию на экологическое состояние водотоков. Ученые установили, что наиболее неблагоприятное воздействие оказывают Москва, Тула, Воскресенск и Донской [17]. Проведение подобных исследований важно не только для понимания фактической ситуации, но и для разработки мероприятий по оздоровлению городской среды и уменьшению антропогенной нагрузки на водные объекты.

Исходя из вышеизложенного сформулирована цель данной работы — дать комплексную оценку экологического состояния р. Салгир на территории Симферополя и на ее основе разра-

¹ Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект 22-27-20062, <https://rscf.ru/project/22-27-20062/>).

ботать предложения по снижению негативного воздействия данного населенного пункта на качественный состав воды данного водотока.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования выбрана самая длинная река Крымского п-ова. Салгир относится к группе средних рек. Его протяженность, согласно [6], составляет 204 км, из них 19.8 км приходится на территорию столицы Крымского региона — г. Симферополь. Этот водоток интенсивно используется в качестве источника воды для питьевых, коммунально-бытовых и производственных нужд. От Салгира наполняются водой такие крупные водохозяйственные объекты, как Симферопольское водохранилище и Салгирская оросительная система.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование включало в себя решение следующих задач:

- анализ данных, полученных в ходе мониторинговых наблюдений Крымского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (КУГМС) за гидрологическими характеристиками в пункте наблюдения, расположенном вблизи с. Пионерского, и Центре лабораторного анализа и технических измерений (ЦЛАТИ) за качественным составом воды р. Салгир в период с 2015 по 2021 г., во время которого усилилась антропогенная нагрузка на местные водоисточники в связи с прекращением поставок днепровской воды по системе Северо-Крымского канала (СКК);
- расчеты коэффициента комплексности и удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ);
- проведение в 2022 г. полевых обследований, включая отбор проб воды, водотоков Салгир и Петровская балка на территории г. Симферополя;
- разработку предложений по снижению негативного воздействия г. Симферополя на экологическое состояние р. Салгир.

Расчет коэффициента комплексности и УКИЗВ проводился по шести точкам наблюдений ЦЛАТИ, расположенным на территории г. Симферополя (т. 1 — т. 4) и в районе с. Укром-

ного (т. 5 и т. 6 рядом с местом сброса сточных вод с канализационных очистных сооружений г. Симферополя) в соответствии с РД 52.24.643—2002 [11]. Схема их расположения представлена на рис. 1. При расчете УКИЗВ учитывалось 18 показателей: O_2 , БПК₅, ХПК, нефтепродукты, фенолы, аммоний солевой, нитриты, нитраты, фосфаты, хлориды, сульфаты, железо, марганец, никель, медь, кадмий, свинец и цинк.

В ходе полевых обследований акваторий и прибрежных зон водотоков в границах г. Симферополя отборы проб воды проводились по четырём точкам наблюдений (т. 2, т. 3 на Салгире и т. Б.и. и т. Б.у. соответственно на истоке и в устье водотока Петровская балка), при выборе мест расположения которых учитывалась схема размещения мониторинговой сети ЦЛАТИ. Отслеживались следующие показатели: O_2 , БПК₅, нитраты, фосфаты, хлориды, сульфаты, железо, медь, кадмий, свинец, цинк, ОКБ, E.coli. Растворенный кислород определялся в полевых условиях с помощью портативного прибора “Актаком АТТ-3010”, солевой состав и тяжелые металлы — в сертифицированной лаборатории НИИСХ Крыма, биологическое потребление кислорода на 5 сут, наличие общих колиформных бактерий и кишечной палочки — в Центре гигиены и эпидемиологии в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Период с 2015 по 2021 г. характеризуется значительными колебаниями объемов формирующегося речного стока на входе в г. Симферополь (рис. 2).

На рис. 2 максимальный среднегодовой расход воды по р. Салгир ($1.94 \text{ м}^3/\text{с}$) зафиксирован в 2017 г., а минимальный ($0.09 \text{ м}^3/\text{с}$) — в 2020 г. При этом суммарный объем попусков из Симферопольского водохранилища в 2017 г. составил $\sim 12 \text{ млн м}^3$ воды, а в 2020 г. был равен нулю. Рассмотрим, как повлияла водность года на изменение качественного состава воды по течению Салгира на территории г. Симферополя и в районе с. Укромного на примере этих двух лет. В табл. 1 представлена сводная информация по показателям, величины которых не соответ-

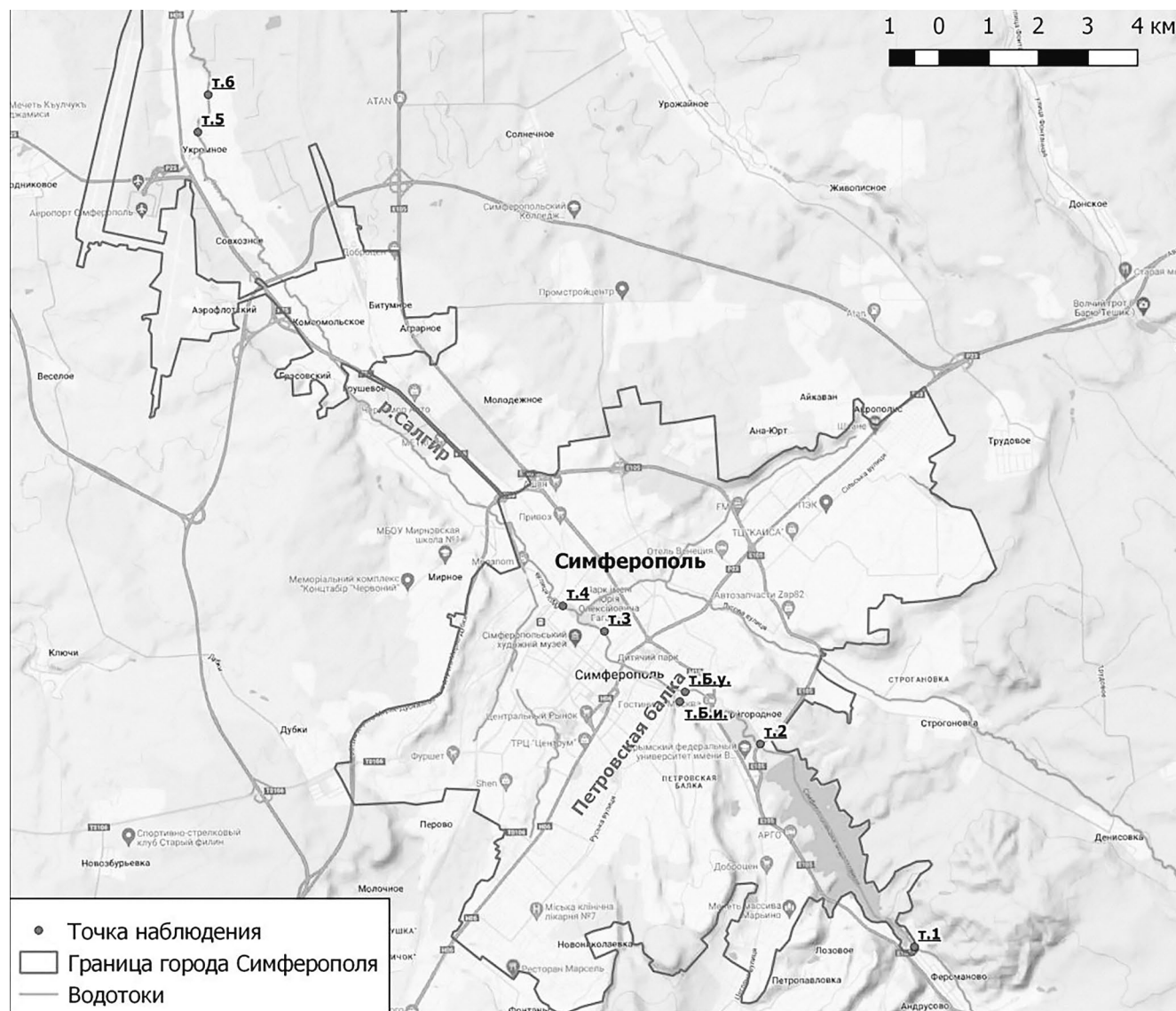


Рис. 1. Картограмма территории расположения точек наблюдения за качественным составом р. Салгир.

Таблица 1. Сведенные данные по показателям, превышающим ПДК загрязняющих веществ в воде р. Салгир на территории г. Симферополя в 2017 и 2020 гг.

Пункт наблюдения	2017 г.		2020 г.	
	показатель	максимальный уровень превышения ПДК	показатель	максимальный уровень превышения ПДК
т. 1	Железо	1.6	Аммоний солевой	1.7
	марганец	1.5	нитриты	6.1
	свинец	1.2	фосфаты	2.6
			кадмий	2.7
			марганец	2.3
			свинец	2.7
			цинк	1.2
т. 2	Нитраты	1.1	Кадмий	4.0
	цинк	1.5	марганец	4.7
			цинк	3.9
т. 4	БПК ₅	1.7	БПК ₅	2.7
	нефтепродукты	1.6	аммоний солевой	9.8
	аммоний солевой	2.4	нитриты	4.8
	нитриты	4.8	нитраты	1.2
	нитраты	1.1	фосфаты	4.2
	фосфаты	1.8	сульфаты	1.9
	железо	3.1	кадмий	6.2
	кадмий	1.6	марганец	7.1
	марганец	3.0	медь	11.0
	медь	27.0	свинец	3.0
	цинк	1.1	цинк	4.4
т. 5	БПК ₅	4.0	БПК ₅	1.9
	ХПК	1.3	нитриты	2.5
	нефтепродукты	1.6	нитраты	1.1
	аммоний солевой	1.7	фосфаты	1.7
	нитриты	4.1	сульфаты	1.4
	нитраты	1.1	железо	1.8
	фосфаты	1.2	кадмий	4.4
	сульфаты	1.3	марганец	2.2
	железо	1.8	свинец	4.2
	марганец	1.6	цинк	6.4
т. 6	O ₂	1.7	БПК ₅	3.1
	БПК ₅	4.8	аммоний солевой	6.2
	ХПК	1.9	нитриты	41.2
	нефтепродукты	2.9	нитраты	1.9
	аммоний солевой	3.3	фосфаты	48.5
	нитриты	9.3	сульфаты	1.4
	нитраты	1.1	кадмий	3.8
	фосфаты	50.5	марганец	2.3
	сульфаты	1.5	свинец	4.2
	железо	2.2	цинк	5.4
	цинк	28.0		

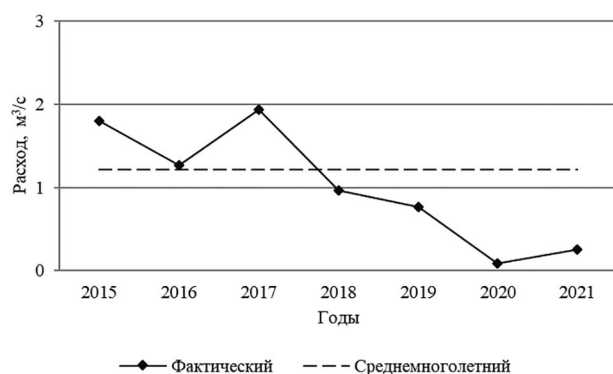


Рис. 2. Среднегодовые значения расхода речного стока по пункту наблюдения, расположенному вблизи с. Пионерского, за 2015–2021 гг.

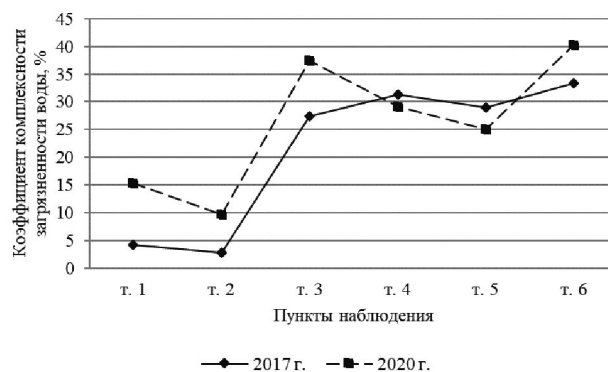


Рис. 3. Динамика коэффициента комплексности загрязненности воды по течению р. Салгир на территории г. Симферополя в 2017 и 2020 гг.

ствоваали ПДК загрязняющих веществ в воде, принятым в соответствии с наиболее жесткими требованиями, изложенными в нормативной документации РФ, а именно в приказе Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 [10] и СанПиНе 1.2.3685-21 [9].

По всем точкам наблюдения в 2017 и 2020 гг. было зафиксировано превышение ПДК минимум по двум показателям. В воде р. Салгир на территории г. Симферополя и с. Укромного фиксировалось очень высокое содержание аммония солевого, нитритов, фосфатов, тяжелых металлов. Кратность превышения ПДК загрязняющих веществ в воде колебалась от 1.1 до 50.5 раз.

Величина коэффициента комплексности загрязненности вод Салгира по точкам наблюдений в 2017 г. колебалась от 2.8 до 33.3%, а в 2020 г. — от 9.7 до 40.3% (рис. 3), т. е. негативное влияние городской среды на экологическое состояние водотока проявлялось как в маловодный, так и близкий к среднему по водности годы.

Так как по ряду точек наблюдений коэффициент комплексности загрязненности воды Салгира $>10\%$, был проведен расчет УКИЗВ и определен критический показатель загрязненности (КПЗ) (табл. 2).

Как показывают результаты проведенных расчетов, состав вод Салгира на территории г. Симферополя и с. Укромного претерпевает существенные изменения. Класс качества повышается минимум на две позиции. Основные скачки при этом отмечаются на участке между т. 2 и т. 3, а также т. 5 и т. 6. Основная причина зафиксированного ухудшения качества воды на территории с. Укромного — сбросы сточных вод с канализационных очистных сооружений г. Симферополя, что, в свою очередь, свидетельствует о необходимости проведения на них капитальных ремонтных работ или полной реконструкции. В отношении участка реки между т. 2 и т. 3 с высокой долей вероятности ухудшение качества вод обусловлено сочетанием следующих причин. Высокое содержание

Таблица 2. Результаты комплексной оценки качества водных ресурсов р. Салгир

Пункт наблюдения	2017 г.			2020 г.		
	УКИЗВ	КПЗ	класс, разряд	УКИЗВ	КПЗ	класс, разряд
т. 1	0.68	0	1	2.39	0	3а
т. 2	0.39	0	1	1.30	0	2
т. 3	3.90	1	4а	5.07	5	4г
т. 4	3.79	1	4а	4.60	3	4б
т. 5	2.57	0	3а	3.44	1	3б
т. 6	4.29	3	4б	4.79	2	4а

Таблица 3. Состояние сетей водоотведения г. Симферополя

Район города	Протяженность сетей водоотведения, км	
	всего	в ветхом и аварийном состоянии
Центральный	202.24	161.82
Железнодорожный	120.04	96.54
Киевский	148.05	85.95
Итого	470.33	344.31

в воде тяжелых металлов и нефтепродуктов обусловлено их смывом с селитебных территорий. Симферополь в недостаточной мере обеспечен системами ливневой канализации. Ее фактическая протяженность составляет 37 км, а согласно Постановлению администрации г. Симферополя Республики Крым от 20.12.2016 [8], необходимо, исходя из размеров города, особенностей его месторасположения и рельефа, – 237 км. Кроме того, собираемые ливневые воды не проходят очистку, поэтому частично решается только проблема подтопления низинных участков, а не загрязнения водных объектов смывами с селитебных территорий. Еще одна вероятная причина ухудшения качества вод – недостаточная канализованность Симферополя. К услугам централизованного водоотведения подключено ~70% населения. Наиболее неблагоприятная обстановка по канализованности складывается на территориях водосборных бассейнов водотоков

Петровская Балка, Абдалки, Славянки. К примеру, по Петровской Балке не канализована практически вся территория. В совокупности с изношенностью сетей водоотведения (табл. 3) это влечет за собой загрязнение речного стока сточными водами.

Для подтверждения данной гипотезы в 2022 г. были взяты пробы воды из Салгира и его притока Петровской балки, которая впадает между т. 2 и т. 3. Результаты исследования сведены в табл. 4.

По водотоку Петровская балка в 2022 г. было зафиксировано очень высокое содержание в воде нитратов (>200 мг/дм³) и присутствие кишечной палочки, что свидетельствует о загрязнении данного водного объекта неочищенными коммунально-бытовыми стоками. Это, в свою очередь, негативно отразилось и на качестве вод Салгира ниже впадения данного притока.

Кроме того, в ходе полевого обследования акваторий и прибрежных зон водотоков Салгир и Петровская балка на территории г. Симферополя был зафиксирован ряд нарушений водного законодательства РФ: замусоривание и устройство свалок, застройка неканализованными домовладениями, отсутствие свободного доступа к водотоку и др. Все это в совокупности не только способствует ухудшению качества вод, но и снижает рекреационную привлекательность водных объектов.

Таблица 4. Результаты анализа проб воды, отобранной из р. Салгир и водотока Петровская балка в июле 2022 г.

Показатель	Единицы измерения	Содержание			
		т. 2	т. Б.и.	т. Б.у.	т. 3
O ₂	мг/дм³	7.4	11.0	9.8	6.2
БПК ₅	мгO ₂ /дм³	1.5	2.2	1.9	1.5
ОКБ	КОЕ/100 см³	0.0	7.5	33.0	44.0
E.coli	КОЕ/100 см³	0.0	7.5	33.0	44.0
Нитраты	мг/дм³	7.1	221.9	212.2	45.2
Хлориды	мг/дм³	21.3	110.1	95.9	56.8
Сульфаты	мг/дм³	41.7	172.2	144.0	72.6
Фосфаты	мг/дм³	<0.05	0.4	1.1	0.2
Медь	мг/дм³	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Свинец	мг/дм³	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Цинк	мг/дм³	0.003	0.009	0.009	0.004
Кадмий	мг/дм³	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Железо	мг/дм³	0.069	0.070	0.026	0.050

ВЫВОДЫ

По результатам исследования в условиях усиления дефицита водных ресурсов на территории Республики Крым, обусловленного перекрытием внешнего водоисточника, негативное влияние г. Симферополя на качество вод р. Салгир проявилось как в маловодный, так и близкий к среднему по водности годы. Основные причины этого следующие: низкий уровень очистки коммунально-бытовых стоков, обусловленный техническим состоянием канализационных очистных сооружений; недостаточный охват территории населенного пункта системами централизованного водоотведения и высокий уровень их изношенности; смывы с селитебной территории.

Для устранения зафиксированной неблагоприятной экологической обстановки в перечень первоочередных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия г. Симферополя на экологическое состояние р. Салгир, целесообразно включить следующие:

- расчистку водоохранной зоны водотока Петровская балка от скопления мусора;
- реконструкцию и расширение систем централизованного водоотведения;
- оснащение территории населенного пункта дополнительными системами сбора, отведения и очистки ливневого стока;
- проведение капитального ремонта или при необходимости полное переоснащение и модернизация городских канализационных очистных сооружений Симферополя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугранова Е.С., Буйняченко П.П., Берникова Т.А., Уманский С.А. Оценка экологического состояния реки Гурьевки на основе гидрохимических данных и показателей фитопланктона // Изв. КГТУ. 2019. № 55. С. 59–73.
2. Волкова Н.Е., Иванютин Н.М. Методологические основы оценки уровня экологической безопасности функционирования речных водохозяйственных экосистем на территории городов // Экология и пром-сть России. 2023. Т. 27. № 1. С. 46–52. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-1-46-52
3. Волкова Н.Е., Иванютин Н.М., Подовалова С.В. Оценка гидроэкологического состояния водных объектов бассейна реки Малый Салгир // Вестн. Московского ун-та. Сер. 5, География. 2021. № 3. С. 27–36.
4. Джамалов Р.Г. Мироненко А.А., Мягкова К.Г., Решетняк О.С., Сафронова Т.И. Пространственно-временной анализ гидрохимического состава и загрязнения вод в бассейне Северной Двины // Вод. ресурсы. 2019. Т. 46. № 2. С. 149–160. DOI: 10.31857/S0321-0596462149-160
5. Коронкевич Н.И., Мельник К.С. Трансформация стока под влиянием ландшафтных изменений в бассейне реки Москвы и на территории города Москвы // Вод. ресурсы. 2015. Т. 42. № 2. С. 133–143. DOI: 10.7868/S0321059615020066
6. Лисовский А.А., Новик В.А., Тимченко З.В., Губская У.А. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: справочник. Симферополь: Учпедгиз, 2011. 242 с.
7. Носкова Т.В., Подчуфарова Д.П., Лысенко М.С., Овчаренко Е.А., Папина Т.С., Ловцкая О.В., Марусин К.В., Дьяченко А.В. Экологический мониторинг состояния реки Барнаулки по химическим показателям // Изв. Алтайского отделения РГО. 2019. № 4 (55). С. 130–136. DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15515
8. Постановление администрации г. Симферополя Республики Крым от 20.12.2016 № 3141 “Об утверждении муниципальной программы “Реконструкция и развитие системы водоснабжения и водоотведения муниципального образования городской округ Симферополь Республики Крым на 2017–2020 годы”. Симферополь: администрация г. Симферополя, 2016.
9. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 2 “Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 “Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания”. № 62296. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021.
10. Приказ Минсельхоза Российской Федерации от 13.12.2016 № 552 “Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения”. М.: Минсельхоз, 2016.
11. РД 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки загрязненности поверхностных вод по гидрохими-

- ческим показателям. Ростов-на-Дону: Росгидромет, 2002. 50 с.
12. Солдатова Е.А., Савичев О.Г., Чжоу Д., Иванов И.С., Ли Ц., Дон И., Сунь Ч. Эколого-геохимическое состояние поверхностных и подземных вод и оценка антропогенного влияния на территорию водосбора реки Ганыцзян // Вод. ресурсы. 2022. Т. 49. № 3. С. 341–350. DOI: 10.31857/S0321059622030142
 13. Усманова Л.И. Характеристика химического состава речных вод на территории и в окрестностях города Читы // Успехи современного естествознания. 2018. № 7. С. 200–208.
 14. Устойчивый Крым. Водные ресурсы / Под ред. В.С. Тарасенко. Симферополь: Таврида, 2003. 413 с.
 15. 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 // Environ. Geochem. Health. 2021. V. 43. Iss. 10. P. 4089–4104. DOI: 10.1007/s10653-021-00893-3
 16. 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 // Environ. Monitoring Assessment. 2022. V. 194. Iss. 1. № 38. DOI: 10.1007/s10661-021-09686-8
 17. Georgiadi A.G., Sharapova E.O., Danilenko A.O. Urban impact on water quality in the rivers of Central Russia // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. V. 834. № 012030. DOI: 10.1088/1755-1315/834/1/012030
 18. Glińska-Lewczuk K., Gołaś I., Koc J., Gotkowska-Płachta A., Harnisz M., Rochwerger A. The impact of urban areas on the water quality gradient along a lowland river // Environ. Monitoring Assessment. 2016. V. 188. № 624. DOI: 10.1007/s10661-016-5638-z
 19. 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 // J. Ecol. Engineering. 2021. № 22. P. 223–229.
 20. Sabanaev R.N., Nikitin O.V., Latypova V.Z., Minakova E.A., Stepanova N.Yu. Quantitative assessment of biogenic elements and suspended matter load to inner-city river: The role of point sources and diffuse runoff // J. Phys.: Conf. Ser. 2021. V. 1889. № 032031. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/3/032031

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE SALGIR RIVER ECOLOGICAL STATE IN THE TERRITORY OF SIMFEROPOL CITY

V. S. Tarasenko, N. E. Volkova*, V. S. Pashtetsky, A. A. Manzhos

FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea", Simferopol, 295043 Russia

*e-mail: Volkova.natalya12@yandex.com

Analysis of monitoring data on the qualitative composition of the Salgir River water in the city of Simferopol and the village of Ukromnoye for 2017 and 2020 was carried out. Deterioration in the ecological state of the watercourse was established, caused by the urban environment impact both in low-water years and in years close to average in terms of water content. The sections of the Salgir riverbed where sharp deterioration in the water quality is recorded are identified. List of measures aimed at reducing the negative impact of Simferopol on the ecological state of the surveyed watercourse is substantiated.

Keywords: urban environment, anthropogenic load, river runoff, complexity coefficient, specific combinatorial index of water pollution, water protection measures