

УДК 631.67.03:502.65

Н.Е. Волкова¹, Н.М. Иванютин², С.В. Подвалова³

ОЦЕНКА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БАССЕЙНА РЕКИ МАЛЫЙ САЛГИР

В вододефицитных регионах, к которым относится Республика Крым, комплексные гидроэкологические исследования особенно актуальны и имеют первостепенное значение. Цель исследования – провести комплексную оценку гидроэкологической обстановки и разработать перечень мероприятий, направленных на обеспечение рационального использования водоресурсного потенциала на примере бассейна р. Малый Салгир. Исследования проводились в 2017–2019 гг. и включали: визуальные наблюдения за водными объектами; измерение расходов воды; изучение ее химического состава; расчет индекса загрязнения воды, оценку пригодности вод для целей орошения; изучение токсичности воды; проведение водобалансовых расчетов. Определены основные загрязнители водных ресурсов: сульфаты, фосфаты, тяжелые металлы (Cu, Cd, Pb, Zn). Качество воды по ИЗВ в реке изменялось от II класса «чистая» до VI «очень грязная», в русловых прудах от II класса до IV «загрязненная». Водобалансовые расчеты показали отсутствие дефицита водных ресурсов и возможность их дополнительного отбора для целей регулярного орошения. Из первоочередных природоохранных мероприятий можно выделить необходимость канализования сел, расположенных в бассейне реки; включение в государственный водный реестр прудов, не имеющих инвентаризационных номеров; ведение учета использования водных ресурсов населением.

Ключевые слова: гидроэкологические исследования, индекс загрязнения воды, фитотестирование, водобалансовые расчеты, пригодность вод для орошения

Введение. Практически все реки Крыма относятся к категории малых водотоков, однако, несмотря на их незначительные размеры, нельзя недооценивать их значимость для устойчивого развития региона. Безопасность использования этих водных объектов напрямую зависит от их экологического состояния, поэтому проведение комплексного гидроэкологического исследования – важный элемент, необходимый для разработки управленческих решений, направленных на обеспечение устойчивого функционирования водотоков, включая использование водных ресурсов на всей территории бассейна.

Существует ряд методик оценки качественного состава стока водотоков, в том числе возможности его использования для различных нужд. Наиболее широко применяемыми из них являются: сравнение с предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) [Афанасьева, 2018; Веденеева и др., 2016; Платонова и др., 2013]; биоиндикация и биотестирование (индекс видового разнообразия Шеннона, индекс сапробности и т. п.) [Ковалева, 2014; Сергеева, 2016; Иванютин и др., 2020; Daminev, 2017]; расчет интегральных показателей (индекс загрязнения воды, удельный комбинаторный индекс загрязнения воды, почвенно-мелиоративная классификация, ирригационный коэффициент и т. п.) [Наумова, Бухарина, 2017; Уманский и др., 2017; Иванютин, Подвалова, 2018; Дунаева и др., 2015]. Использование перечисленных методик по отдельности не позво-

ляет получить комплексную оценку безопасности качественного состава водных ресурсов для водной флоры и фауны и возможности применения стока для различных нужд, поэтому, исходя из приоритетных направлений использования ресурсов водотоков, при проведении комплексной гидроэкологической оценки целесообразно их сочетать.

Кроме качественных показателей речного стока немаловажное значение имеют и его количественные характеристики, так как именно они отражают реальные объемы воды, которые можно использовать для различных нужд (орошение, создание рекреационных зон, водоотведение и т. п.), определяют их экологическое состояние.

Цель исследования – провести комплексную оценку гидроэкологической обстановки и разработать перечень мероприятий по обеспечению рационального использования водоресурсного потенциала на примере одного из водотоков Крымского региона.

В качестве объекта исследований был выбран малый водоток, протекающий по территории самого крупного населенного пункта Республики Крым – г. Симферополь, – река Малый Салгир, которая принадлежит бассейну р. Салгир и является ее правым притоком первого порядка. Длина реки 24,3 км, площадь водосбора 93,3 км². Норма стока реки составляет 8,50 млн м³, сток маловодных лет обеспеченностью 75 и 95%, соответственно 6,34 и 4,50 млн м³. Самый крупный приток – р. Абдалка длиной 9 км [Паспорт реки..., 1992]. Река протекает через не-

¹ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (г. Симферополь), ст. науч. с.; e-mail: volkova.natalya12@yandex.ru

² Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (г. Симферополь), мл. науч. с.; e-mail: redkolya@mail.ru

³ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (г. Симферополь), мл. науч. с.; e-mail: podovalovas@list.ru

сколько сел: Дружное, Денисовка, Строгановка, а также частный сектор г. Симферополь (микрорайон Луговое, садовое товарищество «Дружба»), в которых отсутствует система централизованного водоотведения, что негативно сказывается на экологическом состоянии водотока.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2017–2019 гг. Комплексная гидроэкологическая оценка р. Малый Салгир включала:

- полевое обследование водотоков бассейна, водоохранных зон, гидротехнических сооружений, аккумулирующих сток, отбор проб воды, измерение расходов воды (гидрометрическая микровертушка ГМЦМ-1);

- изучение химического состава вод в полевых и лабораторных условиях: растворенный кислород – анализатор «Актаком» АТТ-3010; температура, электропроводность, pH, Eh, минерализация – анализатор Hanna Instruments-98195; основные анионы и катионы; тяжелые металлы: Zn, Cd, Cu, Pb – атомно-абсорбционный спектрометр «Квант-2»;

- оценку качественных показателей стока (в том числе аккумулируемого в прудах) на основе расчета индекса загрязнения воды (ИЗВ), комплексного показателя экологического состояния (КПЭС) и класса пригодности воды для целей орошения по почвенно-мелиоративной классификации;

- изучение токсичности вод с использованием метода фитотестирования;

- проведение водохозяйственных балансовых расчетов;

- заключение о современном гидроэкологическом состоянии и разработку природоохранных мероприятий.

В качестве экологических норм (в соответствии с требованиями Минприроды России) использовались предельно-допустимые концентрации (ПДК) для водоемов рыбохозяйственного значения [Приказ № 552..., 2016].

Расчет ИЗВ проводили по [Шабанов и др., 2014], КПЭС – по методике, разработанной З.В. Тимченко [2002].

Фитотестирование осуществлялось в лабораторных условиях согласно [СанПиН 2.1.7.573-96..., 1997] и [ГОСТ 32627-2014..., 2015]. В качестве тест-культур использовались семена *Lepidium sativum* (кресс-салам) и *Triticum aestivum* (пшеница мягкая). Степень токсичности устанавливали на основании сравнения средней длины проросших корней через 72 часа в каждой пробе воды с контрольной, в качестве которой использовалась дистиллированная вода.

Водохозяйственные балансовые расчеты были проведены на основе справочных данных, статистической информации по форме 2-ТП (водхоз), результатов полевого обследования в соответствии с утвержденной в РФ Методикой расчета водохозяйственных балансов водных объектов [Приказ МПР РФ № 314..., 2007].

Наблюдения за качественными и количественными показателями стока р. Малый Салгир велись по 9 пунктам и 12 прудам. Выбор мест их расположения проводился на основе [РД 52.24.309-2016...,

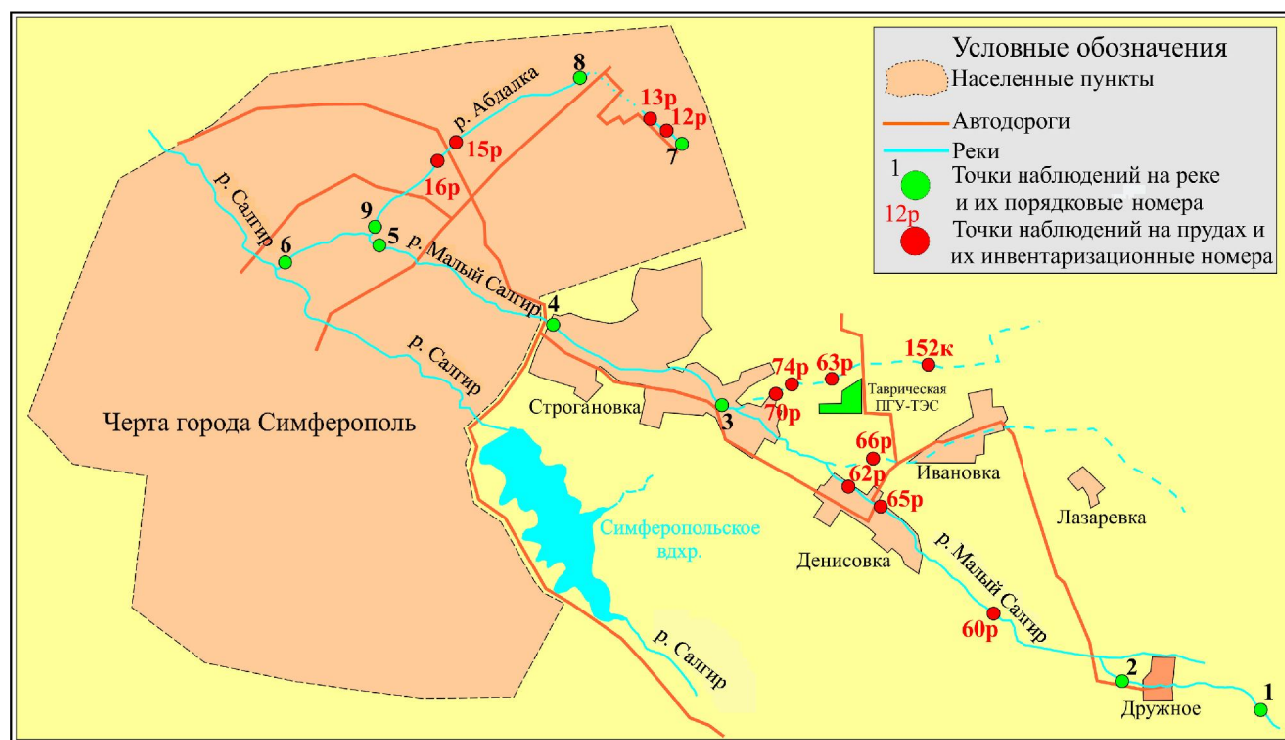


Рис. 1. Расположение точек наблюдений

Fig. 1. Location of observation points

Таблица 1

Краткая характеристика точек наблюдений

Название	Координаты		Расшифровка
	Широта	Долгота	
т. 1	44°53'46"	34°18'17"	р. Малый Салгир, 1 км выше с. Дружное (исток)
т. 2	44°53'46"	34°17'14"	р. Малый Салгир, 1 км после с. Дружное
60 р	44°54'28,7"	34°15'11"	пруд, р. Малый Салгир, 0,5 км восточнее с. Денисовка
65 р	44°55'31"	34°13'36,2"	пруд, р. Малый Салгир, 1 км севернее с. Денисовка
62 р	44°55'45,7"	34°13'7,1"	пруд, р. Малый Салгир, 0,2 км западнее с. Строгановка
т. 3	44°56'6"	34°12'24"	р. Малый Салгир, 500 м до с. Строгановка
т. 4	44°57'15"	34°09'14"	р. Малый Салгир, г. Симферополь, объездная дорога
т. 5	44°58'7"	34°6'53"	р. Малый Салгир, г. Симферополь, ул. Титова, до слияния с р. Абдалка
т. 6	44°57'60"	34°5'58"	р. Малый Салгир, г. Симферополь, Гагаринский парк, гидропост (устье)
т. 7	44°58'57"	34°11'11"	р. Абдалка, г. Симферополь, массив Каменка (исток)
12 р	44°59'2,3"	34°10'59"	пруд, р. Абдалка, г. Симферополь, микрорайон Каменка
13 р	44°59'8,5"	34°10'51,5"	пруд, р. Абдалка, г. Симферополь, микрорайон Каменка
т. 8	44°59'39"	34°9'43"	р. Абдалка, г. Симферополь, микрорайон Белое
15 р	44°58'55,7"	34°07'56,3"	пруд, р. Абдалка, г. Симферополь, микрорайон Загородный
16 р	44°58'47,2"	34°07'47,4"	пруд, р. Абдалка, г. Симферополь, микрорайон Загородный
т. 9	44°58'8"	34°6'54"	р. Абдалка, г. Симферополь, ул. Титова (устье)
152 к	44°56'51,1"	34°14'22,6"	пруд, приток р. Малый Салгир, 1 км с.-з. с. Ивановка
63 р	44°56'41,9"	34°13'4"	пруд, приток р. Малый Салгир, 1 км западнее с. Строгановка
74 р	44°56'33,5"	34°12'21,2"	пруд, приток р. Малый Салгир, 0,6 км с.-в. с. Строгановка
66 р	44°55'56,6"	34°13'34,4"	пруд, приток р. Малый Салгир, северная окраина с. Денисовка
70 р	44°56'39,2"	34°12'25,3"	пруд, приток р. Малый Салгир, 0,7 км с.-в. с. Строгановка

2016] с учетом размещения точек наблюдения действующей государственной мониторинговой сети. Схема расположения точек наблюдения и краткая информация по ним приведена на рис. 1 и в табл. 1.

Результаты исследований и их обсуждение. Визуальное обследование. В ходе визуального обследования водотоков бассейна р. Малый Салгир, аккумулирующих сток сооружений и прилегающих к ним территорий, был зафиксирован ряд нарушений водного кодекса РФ:

- несогласованное строительство прудов и запруд (рис. 2А). На территории бассейна р. Малый Салгир выявлено 37 водоемов, аккумулирующих поверхностный сток. Согласно справочным данным, только 23 из них имеют инвентаризационный номер и внесены в водный реестр. Суммарная площадь их водного зеркала при НПУ составляет 32,7 га, а объем наполнения – 710,7 тыс. м³ [Лисовский и др., 2011]. Остальные водоемы представляют собой небольшие пруды с площадью водного зеркала от 0,02 до 0,29 га и общим объемом наполнения, определенным расчетными методами, около 19 тыс. м³;

- отсутствие необходимых эксплуатационных мероприятий на водных объектах [Волкова и др., 2019];

- сброс в водные объекты неочищенных сточных вод с частных домовладений, автомоек и других объектов;

- замусоривание водотоков, водоемов и их водоохраных зон;

- размещение в водоохранной зоне хозяйственных или иных объектов (см. рис. 2Б).

Перечисленные выше нарушения оказывают негативное воздействие на экологическое состояние водотоков и водоемов бассейна р. Малый Салгир; могут привести к дисбалансу интересов водопользователей; снижают их рекреационную привлекательность, поэтому в первую очередь необходимо произвести постановку на государственный учет всех самовольно построенных прудов, вести учет объемов отбора воды на полив приусадебных участков и полей садово-огородных товариществ.

Результаты химического анализа проб воды.

Анализ химического состава отобранных проб воды показал, что основными загрязняющими веществами в водах реки и обследованных русловых прудах являются сульфаты, фосфаты и тяжелые металлы.

Концентрация сульфатов в водах р. Малый Салгир находилась в пределах нормы только в верхнем течении (рис. 3А, точки 1, 2). Максимальное содержание, до 3,4 ПДК, было зафиксировано после прохождения водотока через с. Строгановка. В русловых прудах 152 к, 63 р, 74 р, 70 р, 66 р, расположенных на притоках, концентрация сульфатов составила 1,8; 2,47; 3,5; 3,8; 4,9 ПДК соответственно. В водах р. Абдалка (рис. 3Б), содержание дан-

А



Б



Рис. 2. Примеры нарушения водного законодательства, зафиксированные в бассейне р. Малый Салгир

Fig. 2. Examples of water legislation violations recorded in the basin of the Maly Salgir River

ного вещества превышало значение ПДК по всем точкам наблюдения, включая пруды.

Превышение содержания фосфатов было зафиксировано по прудам 60 р, 65 р, 62 р, 152 к, 63 р, 66 р и составило 9,65; 12,25; 11,95; 11,8; 1,9; 10,75 ПДК, соответственно. В водах р. Абдалка фосфаты вы-

явлены не были. В летний период высокое содержание фосфатов может привести к развитию процессов эвтрофикации и ухудшению экологического состояния водоемов.

Тяжелые металлы были выявлены в т. 1 (Cu – 29 ПДК), т. 6 (Cu – 51 ПДК), т. 8 (Pb – 11,1 ПДК,

Zn – 1,7 ПДК), т. 9 (Zn – 7,6 ПДК, Cu – 3 ПДК) и прудах 62 р (Pb – 0,65 ПДК, Cd – 1,26 ПДК), 15 р (Zn – 1,2 ПДК), 63 р (Cu – 8,4 ПДК), 74 р (Pb – 2,1 ПДК, Cu – 1,5 ПДК).

Расчет комплексных показателей качества водных ресурсов. Покомпонентная оценка динамики содержания загрязняющих веществ в воде по длине водотока позволяет выделить основные возможные источники их поступления, но не определить уровень безопасности этой воды для различных групп пользователей или обитателей водной среды. Для этого целесообразно использовать комплексные показатели. В табл. 2 приведены результаты расчетов индекса загрязнения воды, комплексного показателя экологического состояния и класса пригодности воды для целей орошения.

Следует отметить, что расчет комплексных показателей ИЗВ и КПЭС основывается на оценке превышения содержания поллютантом ПДК, но при этом использование комплексного показателя экологического состояния водных ресурсов имеет существенный недостаток: чем больше показателей вводится в расчет (даже при условии, что они не превышают ПДК), тем хуже получается результат. Данная методика больше подходит для проведения комплексного сравнения качества воды на различных участках. Для оценки экологического состояния водотока по качеству водных ресурсов целесообразно использовать ИЗВ.

Из анализа табл. 2 наглядно видно, что качество стока р. Малый Салгир в 2019 г. по ИЗВ изменялось от II класса «чистая» до VI «очень грязная», а в русловых прудах от II класса до IV «загрязненная». Наиболее неблагоприятная обстановка зафиксирована в истоке реки, водоаккумулирующих сооружениях и по участку реки и ее основному притоку в черте г. Симферополя.

В отношении пригодности речного стока для целей орошения на момент обследования, воды были отнесены к I и II классам, что говорит о возможности их использования по данному комплексному показателю без ограничений. Однако следует отметить, что в зависимости от водности года и интенсивности использования водных ресурсов возможно существенное изменение солевого состава аккумулируемой воды в течение вегетационного периода. К примеру, в 2018 г. по пруду 62 р в конце поливного периода минерализация воды превысила 1 г/дм³ и соответствовала III классу «ограничено пригодная».

Фитотестирование. Так как водные ресурсы р. Малый Салгир в основном используются для целей орошения, следующим этапом исследований было определение токсичности вод с использованием метода фитотестирования. Результаты лабораторных опытов приведены на рис. 4.

Из анализа рис. 4 наглядно видно, что проявление ингибирующего эффекта было отмечено по всем створам рек Малый Салгир и Абдалка. На семена пшеницы воздействие оказалось менее сильным, что связано с избирательной чувствительностью различных культур к токсикантам, процент развития

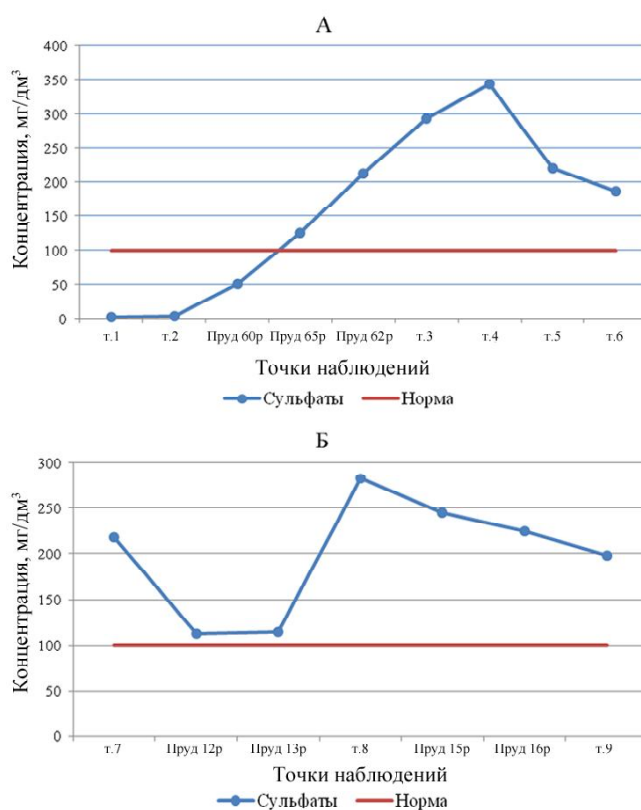


Рис. 3. Динамика содержания сульфатов в водах рек (мг/дм³): А – Малый Салгир; Б – Абдалка

Fig. 3. Dynamics of sulphate concentrations in the water (mg/dm³): А – Maly Salgir; Б – Abdalka rivers

корневой системы находился в пределах 59–96% от контроля, по кресс-салату данный показатель колебался в диапазоне 32–50% при норме – 70–120%. Это, в свою очередь, свидетельствует о том, что воды обследованных водотоков являются ограничено пригодными для орошения. Так как анализ солевого состава не выявил возможность негативного воздействия на почву и развитие сельскохозяйственных культур, то причиной острого ингибирующего влияния может являться суммарный эффект высокого содержания в воде тяжелых металлов и других неопределенных в ходе исследования поллютантов.

Водохозяйственные балансовые расчеты.

Немаловажной составляющей гидроэкологической оценки обстановки и разработки мероприятий по рационализации использования водоресурсного потенциала является анализ количественных показателей стока. В табл. 3 приведены результаты водохозяйственных балансовых расчетов по бассейну р. Малый Салгир, проведенных по формуле (1) [РД 52.24.309-2016..., 2016]:

$$B = W_{\text{вх}} + W_{\text{бок}} + W_{\text{пзв}} + W_{\text{вв}} + W_{\text{дот}} \pm \Delta V \pm W_{\text{л}} - W_{\text{исп}} - W_{\text{ф}} - W_{\text{у}} - W_{\text{пер}} - W_{\text{вдп}} - W_{\text{кп}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{вх}}$ – объем стока, поступающий за расчетный период с вышележащих участков рассматриваемого водного объекта, млн м³;

$W_{\text{бок}}$ – объем воды, формирующийся за расчетный период на водохозяйственном участке (боковая приточность), млн м³;

$W_{\text{пвз}}$ – объем водозабора из подземных водных объектов, осуществляемый в порядке, установленном законодательством, млн м³;

$W_{\text{вв}}$ – возвратные воды на водохозяйственном участке, млн м³;

$W_{\text{дот}}$ – дотационный объем воды, поступающий на водохозяйственный участок из систем территориального перераспределения стока (межбассейновые и внутрибассейновые переброски), млн м³;

$\pm \Delta V$ – сработка или наполнение прудов и водохранилищ на расчетном водохозяйственном участке, млн м³;

$W_{\text{л}}$ – потери воды при оседании льда на берега при зимней сработке водохранилища и/или возврат воды в результате таяния льда весной, млн м³;

$W_{\text{исп}}$ – потери на дополнительное испарение с акватории водоемов, млн м³;

$W_{\text{ф}}$ – фильтрационные потери из водохранилищ, каналов, других поверхностных водных объектов в

пределах расчетного водохозяйственного участка, млн м³;

$W_{\text{у}}$ – уменьшение речного стока, вызванное водозабором из подземных водных объектов, имеющих гидравлическую связь с рекой, млн м³;

$W_{\text{пер}}$ – переброска части стока (объема воды) за пределы расчетного водохозяйственного участка, млн м³;

$W_{\text{вдп}}$ – суммарные требования всех водопользователей данного расчетного водохозяйственного участка, млн м³;

$W_{\text{кп}}$ – требуемая величина стока в замыкающем створе расчетного водохозяйственного участка (транзитный сток или комплексный попуск, в котором суммированы санитарно-экологические и хозяйственные выпуски), млн м³;

B – результирующая составляющая (избыток или дефицит водных ресурсов) водохозяйственного участка, млн м³.

В 2019 г. экологический попуск по р. Малый Салгир был осуществлен в требуемом объеме. Среднегодовой сток реки в замыкающем створе

Таблица 2

Результаты комплексной оценки качественного состава стока р. Малый Салгир за 2019 г.

Точка наблюдения	Оценка по индексу загрязнения воды			Оценка по комплексному показателю экологического состояния			Оценка пригодности для целей орошения, класс пригодности
	ИЗВ	Класс по ИЗВ	Идентификация состояния	КПЭС _{среднее}	КПЭС _{min}	Идентификация состояния	
т. 1	6,07	VI	очень грязная	-6,91	-29,46	неустойчивое	I
т. 2	0,75	II	чистая	-0,19	0,33	с очагами неустойчивости	I
пруд 60 р	1,09	III	умеренно загрязненная	-0,42	-2,15	неустойчивое	I
пруд 65 р	2,77	IV	загрязненная	-1,29	-3,00	неустойчивое	II
пруд 62 р	2,94	IV	загрязненная	-1,65	-2,90	неустойчивое	I
т. 3	0,89	II	чистая	-0,60	-4,53	неустойчивое	II
т. 4	1,27	III	умеренно загрязненная	-0,77	-4,74	неустойчивое	II
т. 5	1,05	III	умеренно загрязненная	-0,33	-3,54	неустойчивое	II
т. 6	9,42	VI	очень грязная	-13,12	-50,45	неустойчивое	II
т. 7	1,07	III	умеренно загрязненная	0,05	-1,51	с очагами неустойчивости	II
пруд 13 р	0,90	II	чистая	-0,33	-2,17	неустойчивое	I
т. 8	3,10	IV	загрязненная	-4,09	-12,71	неустойчивое	II
пруд 15 р	1,53	III	умеренно загрязненная	-0,96	-4,13	неустойчивое	II
пруд 16 р	1,37	III	умеренно загрязненная	-0,62	-3,94	неустойчивое	II
т. 9	2,54	IV	загрязненная	-3,09	-10,15	неустойчивое	II
пруд 152 к	2,84	IV	загрязненная	-3,14	-10,80	неустойчивое	II
пруд 63 р	2,56	IV	загрязненная	-2,93	-7,49	неустойчивое	I
пруд 74 р	1,65	III	умеренно загрязненная	-1,65	-5,07	неустойчивое	II
пруд 66 р	3,22	IV	загрязненная	-3,81	-9,70	неустойчивое	I

составил 6,62 млн м³ [Доклад о состоянии..., 2020] при минимальном требуемом объеме, исходя из гидрологической обеспеченности года, которая составила около 60% – 3,35 млн м³.

Из анализа табл. 3 видно, что по бассейну р. Малый Салгир нет дефицита водных ресурсов, данные приведены с учетом дополнительного отбора воды на полив приусадебных участков и потерь на испарение и фильтрацию из прудов, в том числе не имеющих инвентаризационного номера. В ходе визуального обследования реки в 2017–2019 гг. было установлено, что ее сток активно используется для целей орошения прилегающих полей, теплиц и приусадебных участков местным населением (только на территории с. Денисовка было зафиксировано более 20 точек отбора воды), которые не учитываются в статистических данных. С точки зрения дальнейшей рационализации использования водоресурсного потенциала, к водным объектам бассейна р. Малый Салгир можно дополнительно привязать еще около 40 га площадей регулярного орошения, но при этом необходимо проведение ряда мероприятий, направленных на улучшени качественного состава водных ресурсов.

Основными причинами загрязнения стока рассмотренных водотоков являются:

- значительная урбанизация и сельскохозяйственная освоенность бассейна р. Малый Салгир;
- отсутствие централизованной системы водоотведения населенных пунктов.

В настоящее время практически невозможно существенно изменить устоявшуюся структуру землепользования без нарушения интересов населения, проживающего на территории бассейна р. Малый Салгир. Сельскохозяйственное производство явля-

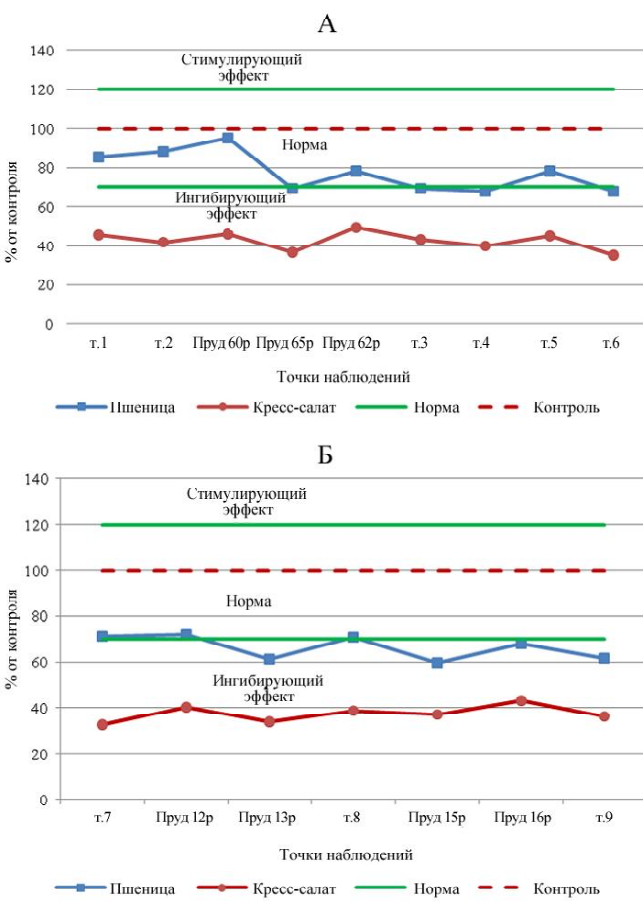


Рис. 4. Результаты фитотестирования вод рек: А – Малый Салгир; Б – Абдалка

Fig. 4. Phytotesting results for the water: А – Maly Salgir; Б – Abdalka rivers

Таблица 3
Результаты водохозяйственных балансовых расчетов по р. Малый Салгир

Составляющая водохозяйственного баланса	Величина показателя в зависимости от гидрологической водообеспеченности года, млн м ³		
	95%	75%	50%
$W_{вх}$	0,00	0,00	0,00
$W_{бок}$	4,50	6,34	8,05
$W_{пзв}$	0,20	0,20	0,20
$W_{вв}$	0,02	0,02	0,02
$W_{дот}$	0,00	0,00	0,00
ΔV	0,00	0,00	0,00
$W_{л}$	0,00	0,00	0,00
$W_{исп}$	0,30	0,26	0,25
$W_{ф}$	0,07	0,09	0,11
$W_{у}$	0,16	0,16	0,16
$W_{пер}$	0,00	0,00	0,00
$W_{вдп}$	2,35	2,35	2,35
$W_{кп}$	1,72	1,94	3,35
B	0,12	1,76	2,05

ется одним из основных видов деятельности в сельской местности Крымского региона и его ограничение, особенно на участках, где имеется источник воды для полива, может негативно сказаться на уровне доходов сельских жителей и снизить объем производства валовой продукции.

Для улучшения экологической обстановки на водных объектах бассейна р. Малый Салгир и рационализации использования имеющегося водоресурсного потенциала является целесообразным проведение следующих мероприятий:

- обустройство сельских населенных пунктов и частного сектора г. Симферополь, расположенных в долине реки, системами водоотведения, что позволит существенно снизить поступление загрязняющих веществ в водные объекты бассейна реки;
- исключение ведения запрещенных видов деятельности на территории водоохраной зоны водных объектов бассейна;
- инвентаризация всех водоаккумулирующих сооружений, в том числе построенных в последнее время;
- ведение учета отбора воды населением для орошения приусадебных участков, теплиц, садов и полей, расположенных вблизи реки.

В целом подобную оценку следует провести по всем основным водотокам Республики Крым. Это позволит реально охарактеризовать фактическую ситуацию, выделить проблемы, требующие первоочередного решения, разработать целесообразный перечень мероприятий по улучшению общей ситуации на водных объектах, т. е. будет способствовать реализации одного из основных принципов интегрированного управления водными ресурсами (общепризнанный мировой концептуальный подход организации процесса устойчивого водопользования) – достижение баланса между экологическим состоянием водотоков и водоемов и интересами общества и государства [Meyer, 2014; Apostolaki et al., 2019; Паштецкий и др., 2013; Тарасенко и др., 2020].

Выводы

В ходе проведенного исследования были сделаны следующие выводы:

– совместное использование ряда методик по оценке экологического состояния водотоков и водоемов, безопасности использования воды на различные нужды позволяет комплексно оценить фактическую водохозяйственную обстановку и обосновать выбор наиболее целесообразных мероприятий, направленных на снижение возможного негативного воздействия на водные объекты, орошаемые от них земли, интересы проживающего вблизи населения и других групп водопользователей;

– в целом экологическую обстановку в бассейне р. Малый Салгир, несмотря на обеспечение требуе-

емого объема экологического попуска в замыкающем створе, следует охарактеризовать как неблагоприятную. Значительная урбанизация территории, сельскохозяйственная освоенность, недостаточная канализованность, множественные нарушения водного законодательства привели к тому, что на момент обследования в речном стоке были зафиксированы концентрации загрязняющих веществ, превышающие предельно допустимые значения, а ряд водоемов утратили свою рекреационную значимость. Это, в свою очередь, свидетельствует, что данные водные ресурсы являются ограниченно пригодными для основных потребителей – проживающего вблизи населения и пользователей орошаемых земель. Данный результат был подтвержден итогами фитотестирования – почти по всей длине рек Малый Салгир и Абдалка был зафиксирован ингибирующий (токсический) эффект;

– для улучшения экологической обстановки и рационализации использования водоресурсного потенциала водотоков и водоемов бассейна р. Малый Салгир целесообразно предусмотреть следующий комплекс мероприятий: включение в государственный водный реестр прудов, не имеющих инвентаризационных номеров; организацию учета объемов воды, отбираемой непосредственно из поверхностных водных объектов, малолетних скважин и колодцев населением, садово-огородными и дачными товариществами; канализование сельских населенных пунктов и частного сектора г. Симферополь, расположенных в бассейне реки.

Благодарности. Работы выполнены в рамках государственного задания № AAAA-A16-116022610115-4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Афанасьева М.И. Современное состояние качества воды малых рек центральной части Хабаровска в зимний период // Молодой ученый. 2018. № 46(232). С. 54–57.
- Веденева Н.В., Белячко А.А., Киященко С.А., Тихомирова Е.И. Малые реки Саратовской области как объект водопользования: мониторинг экологического состояния, комплексная оценка и повышение качества воды // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. № 2(3). Т. 18. С. 642–646.
- Волкова Н.Е., Захаров Р.Ю. Управление водохозяйственной деятельностью на малых водоаккумулирующих сооружениях в Республике Крым // Вода и экология: проблемы и решения. 2019. № 2(78). С. 68–81. DOI: 10.23968/2305-3488.2019.24.2.68-81.
- ГОСТ 32627-2014. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Наземные растения. Испытание на фитотоксичность. М.: Стандартинформ, 2015. 20 с.
- Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2019 году / под ред. В.Н. Васильева. Симферополь: Принт, 2020. 360 с.
- Дунаева Е.А., Попович В.Ф., Ляшевский В.И. Анализ динамики количественных и качественных характеристик водных ресурсов с использованием открытых ГИС и агрогидрологических моделей // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2015. № 1(17). С. 127–141.
- Иванютин Н.М., Подовалова С.В. Изучение трансформации качества вод реки Альма под влиянием антропогенной деятельности // Вода и экология: проблемы и решения. 2018. № 4(76). С. 9–19. DOI: 0.23968/2305-3488.2018.23.4.9-19.
- Иванютин Н.М., Подовалова С.В., Волкова Н.Е. Изучение пространственно-временной трансформации качественного состава вод реки Салгир // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 3. С. 65–71. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-3-65-71.
- Ковалева О.В. Таксономическое и трофическое разнообразие зоопланктона малой реки в условиях поступления в нее очищенных сточных вод // Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. 2014. № 6(87). С. 40–45.
- Лисовский А.А., Новик В.А., Тимченко З.В., Губская У.А. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: справочник. Симферополь: КРП Учпедгиз, 2011. 242 с.
- Наумова М.Э., Бухарина И.Л. Оценка качества воды малых рек Подборненка и Позелинка водосборной площади Ижевского водохранилища // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2017. № 4. С. 48–59.
- Паспорт реки Малый Салгир. Симферополь: Крымгипроводхоз, 1992. 85 с.
- Паштецкий В.С., Ляшевский В.И., Тарасенко В.С. Концепция программы интегрированного управления водными ресурсами в АР Крым // Таврический вестник аграрной науки. 2013. № 2. С. 5–11.
- Платонова Т.П., Пакулина А.П., Тарасенко О.В., Лобарев С.А. Эколого-химическая оценка состояния малой реки Зей-

ско-Бурейской равнины (на примере р. Гельчин) // Перспективы науки. 2013. № 10(49). С. 196–200.

Приказ № 552 от 13.12.2016 «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.: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2016. 153 с.

РД 52.24.309-2016. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. Ростов-на-Дону: ФГБУ ГХИ, 2016. 100 с.

СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. М.: Минздрав России, 1997. 55 с.

Сергеева В.Г. Биоиндикация экологического состояния реки Охта с помощью макрофитов // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2016. № 2(18). С. 32–38.

Тарасенко В.С., Волкова Н.Е., Иванютин Н.М. Интегрированное управление водными ресурсами – путь к улучшению водохозяйственной обстановки в Республике Крым // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 9. С. 64–71. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-9-64-71.

Тимченко З.В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма. Симферополь: Доля, 2002. 152 с.

Уманский С.А., Буйняченко П.П., Уманский А.С. Современное экологическое состояние бассейна реки Гурьевка. Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции, 2017. С. 120–124.

Шабанов В.В., Маркин В.Н. Методика эколого-водохозяйственной оценки водных объектов. М: ФГБОУ ВПО РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. 166 с.

Apostolaki S., Koundouri P., Pittis N. Using a systemic approach to address the requirement for Integrated Water Resource Management within the Water Framework Directive, *Science of the Total Environment*, 2019, vol. 679, p. 70–79, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.077.

Daminev R.R., Ovsyannikova I.V., Asfandiyarova L.R., Yunusova G.V., Zhukov D.A. Phytotesting as a method of determining the degree of eutrophication of water object, *Key Engineering Materials*, 2017, 743 KEM, p. 319–325, DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.743.319.

Meyer B.C., Lundy L. Integrated Water Cycle Management in Kazakhstan. Almaty: Al-Farabi Kazakh National University, 2014, 320 p.

Электронный ресурс

Приказ МПР РФ № 314 от 30 ноября 2007 г. «Об утверждении методики расчета водохозяйственных балансов водных объектов». URL: <http://voda.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=2833> (дата обращения 12.05.2019).

Поступила в редакцию 06.08.2020

После доработки 10.09.2020

Принята к публикации 06.11.2020

N.E. Volkova¹, N.M. Ivanyutin²,
S.V. Podovalova³

ASSESSMENT OF THE HYDROECOLOGICAL STATE OF WATER BODIES IN THE MALY SALGIR RIVER BASIN

The integrated hydroecological research is especially relevant and actual for water-stressed regions, such as the Republic of Crimea. The purpose of the study is to use the example of the Maly Salgir River basin to make a comprehensive assessment of the hydroecological situation and develop a list of measures aimed at the rational use of its water resource potential. The studies were carried out in 2017–2019 and included visual observations of water bodies, measuring water discharges, studying chemical composition of water, calculation of water pollution index, assessment of water suitability for irrigation purposes, study of water toxicity and water balance calculation. The main pollutants of water resources are sulphates, phosphates and heavy metals (Cu, Cd, Pb, Zn). The quality of river water according to the WPI (water pollution index) varied from grade II "clean" to grade VI "very dirty", while the quality of channel ponds water was from grade II to grade IV "contaminated". Water balance calculations showed no water scarcity, as well as the possibility of additional water withdrawal for regular irrigation. Among the priority environmental measures there are the need for sewerage of villages located in the river basin, the inclusion of ponds that do not have inventory numbers in the state water register and the accounting of water resources use by the population.

Key words: hydroecological research, water pollution index, phytotesting, water balance calculations, water suitability for irrigation purposes

Acknowledgements. The study was carried out under the state task AAAA-A16-116022610115-4.

REFERENCES

Afanas'eva M.I. Sovremennoe sostoyanie kachestva vody malykh rek tsentral'noi chasti Khabarovska v zimnii period [The actual water quality of small rivers in the central part of Khabarovsk during winter], *Molodoi uchenyi*, 2018, no. 46(232), p. 54–57. (In Russian)

Apostolaki S., Koundouri P., Pittis N. Using a systemic approach to address the requirement for Integrated Water Resource Management within the Water Framework Directive, *Science of the Total Environment*, 2019, vol. 679, p. 70–79.

¹ Research Institute of Agriculture of Crimea, Senior Scientific Researcher; e-mail: volkova.natalya12@yandex.ua

² Research Institute of Agriculture of Crimea, Junior Scientific Researcher; e-mail: redkolya@mail.ru

³ Research Institute of Agriculture of Crimea, Junior Scientific Researcher; e-mail: podovalovas@list.ru

Daminev R.R., Ovsyannikova I.V., Asfandiyarova L.R., Yunusova G.V., Zhukov D.A. Phytotesting as a method of determining the degree of eutrophication of water object, *Key Engineering Materials*, 2017, 743 KEM, p. 319–325.

Doklad o sostoyanii i okhrane okruzhayushchei sredy na territorii Respubliki Krym v 2019 godu [Report on the state and protection of the environment in the Republic of Crimea in 2019], V.N. Vasil'ev (ed.), Simferopol, Print Publ., 2020, 360 p. (In Russian)

Dunaeva E.A., Popovich V.F., Lyashevskii V.I. Analiz dinamiki kolichestvennykh i kachestvennykh kharakteristik vodnykh resursov s ispol'zovaniem otkrytykh GIS i agrogidrologicheskikh modelei [Analysis of the dynamics of quantitative and qualitative characteristics of water resources using open GIS and agrohydrological models], *Nauchnyi zhurnal Rossiiskogo NII problem melioratsii*, 2015, no. 1(17), p. 127–141. (In Russian)

GOST 32627-2014. Metody ispytaniy khimicheskoi produktsii, predstavlyayushchei opasnost' dlya okruzhayushchei sredy. Nazemnye rasteniya. Ispytanie na fitotoksichnost' [Test methods for chemical products posing an environmental hazard. Terrestrial plants. Phytotoxicity test], Moscow: Standartinform Publ., 2015, 20 p. (In Russian)

Ivanyutin N.M., Podovalova S.V. Izuchenie transformatsii kachestva vod reki Al'ma pod vliyaniem antropogennoi deyatel'nosti [Study of the transformation of water quality of the Alma River under the influence of anthropogenic activities], *Water and Ecology*, 2018, no. 4(76), p. 9–19, DOI: 0.23968/2305-3488.2018.23.4.9-19. (In Russian)

Ivanyutin N.M., Podovalova S.V., Volkova N.E. Izuchenie prostranstvenno-vremennoi transformatsii kachestvennogo sostava vod reki Salgir [Study of the spatio-temporal transformation of water quality composition of the Salgir River], *Ecology and Industry of Russia*, 2020, vol. 24, no. 3, p. 65–71. (In Russian)

Kovaleva O.V. Taksonomicheskoe i troficheskoe raznoobrazie zooplanktona maloi reki v usloviyakh postupleniya v nee ochishchennykh stochnykh vod [Taxonomic and trophic diversity of zooplankton in a small river under the discharge of treated wastewater], *Izvestiya Gomel'skogo gos. un-ta im. F. Skoriny*, 2014, no. 6(87), p. 40–45. (In Russian)

Lisovskii A.A., Novik V.A., Timchenko Z.V., Gubskaya U.A. *Poverkhnostnye vodnye ob'ekty Kryma. Upravlenie i ispol'zovanie vodnykh resursov: spravochnik* [Surface water bodies of Crimea. Management and use of water resources: handbook], Simferopol, KRP Uchpedgiz Publ., 2011, 242 p. (In Russian)

Meyer B.C., Lundy L. *Integrated Water Cycle Management in Kazakhstan*. Almaty, Al-Farabi Kazakh National University Publ., 2014, 320 p.

Naumova M.E., Bukharina I.L. Otsenka kachestva vody malykh rek Podbornenka i Pozelinka vodosbornoi ploshchadi Izhevskogo vodokhranilishcha [Assessment of water quality of the Podbornenka and Poselinka small rivers (catchment area of the Izhevsk reservoir)], *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*, 2017, no. 4, p. 48–59. (In Russian)

Pashetskii V.S., Lyashevskii V.I., Tarasenko V.S. Kontseptsiiy programmy integrirovannogo upravleniya vodnymi resursami v AR Krym [Conception of an integrated water resources management program in the Autonomous Republic of Crimea], *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*, 2013, no. 2, p. 5–11. (In Russian)

Pasport reki Malyi Salgir [The Maly Salgir River passport], Simferopol, Krymgiprovdokhoz Publ., 1992, 85 p. (In Russian)

Platonova T.P., Pakusina A.P., Tarasenko O.V., Lobarev S.A. Ekologo-khimicheskaya otsenka sostoyaniya maloi reki Zeisko-Bureiskoi ravniny (na primere r. Gel'chin) [Ecological-chemical assessment of the state of a small river in the Zeya-Bureya Plain (case study of the Gelchin River)], *Perspektivy nauki*, 2013, no. 10(49), p. 196–200. (In Russian)

Prikaz MPR RF no 314 of 30.11.2007 g. "Ob utverzhdenii Metodiki rascheta vodokhozyaistvennykh balansov vodnykh ob'ektov" [On the Approval of the Methodology for Calculating Water Management Balances of Water Bodies], URL: <http://voda.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=2833> (access date 12.05.2019). (In Russian)

Prikaz no 552 ot 13.12.2016 "Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob'ektov rybnokhozyaistvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh kontsentratsii vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'ektov rybnokhozyaistvennogo znacheniya" [On the approval of standards for the quality of water bodies of fishery significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in waters of water bodies of fishery significance], 2016, Moscow, Ministry of Agriculture of the Russian Federation Publ., 153 p. (In Russian)

RD 52.24.309-2016. *Organizatsiya i provedenie rezhimnykh nablyudenii za sostoyaniem i zagryazneniem poverkhnostnykh vod sushi* [Organization and conduct of routine observations on the state and contamination of land surface waters], Rostov-na-Donu, FSBI GHI Publ., 2016, 100 p. (In Russian)

SanPiN 2.1.7.573-96. *Gigienicheskie trebovaniya k ispol'zovaniyu stochnykh vod i ikh osadkov dlya orosheniya i udobreniya* [Hygienic requirements for the use of wastewater and its sediments for irrigation and fertilization], Moscow, Ministry of Health of Russia Publ., 1997, 55 p. (In Russian)

Sergeeva V.G. Bioindikatsiya ekologicheskogo sostoyaniya reki Okhta s pomoshch'yu makrofitov [Bioindication of the ecological state of the Okhta River using macrophytes], *Informatsionnye tekhnologii i sistemy: upravlenie, ekonomika, transport, pravo*, 2016, no. 2(18), p. 32–38. (In Russian)

Shabanov V.V., Markin V.N. *Metodika ekologo-vodokhozyaistvennoi otsenki vodnykh ob'ektov* [Methodology of environmental and water management assessment of water bodies], Monograph, Moscow, FSBOU VPO RGAU Timiryazev MSHA Publ., 2014, 166 p. (In Russian)

Tarasenko V.S., Volkova N.E., Ivanyutin N.M. Integrirovannoe upravlenie vodnymi resursami – put' k uluchsheniyu vodokhozyaistvennoi obstanovki v Respublike Krym [Integrated water resources management as a way to improve the water use situation in the Republic of Crimea], *Ecology and Industry of Russia*, vol. 24, no. 9, p. 64–71, DOI: 10.18412/1816-0395-2020-9-64-71. (In Russian)

Timchenko Z.V. *Vodnye resursy i ekologicheskoe sostoyanie malykh rek Kryma* [Water resources and the ecological state of the small rivers of Crimea], Simferopol, DOLYA Publ., 2002, 152 p. (In Russian)

Umanskii S.A., Buinyachenko P.P., Umanskii A.S. [The present-day ecological state of the Guryevka River basin], *Prirodnye resursy, ikh sovremennoe sostoyanie, okhrana, promyshlennoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie* [Natural resources, their actual state, protection, industrial and technical use], Materialy VIII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, 2017, p. 120–124. (In Russian)

Vedeneeva N.V., Belyachko A.A., Kiyashchenko S.A., Tikhomirova E.I. Malye reki Saratovskoi oblasti kak ob'ekt vodopol'zovaniya: monitoring ekologicheskogo sostoyaniya, kompleksnaya otsenka i povyshenie kachestva vody [Small rivers of the Saratov region as an object of water use: environmental monitoring, integral assessment and improvement of water quality], *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2016, no. 2(3), vol. 1, p. 642–646. (In Russian)

Volkova N.E., Zakharov R.Yu. Upravlenie vodokhozyaistvennoi deyatel'nost'yu na malykh vodoakkumuliruyushchikh sooruzheniyakh v Respublike Krym period [Water management of small water storage facilities in the Republic of Crimea], *Voda i ekologiya: problemy i resheniya*, 2019, no. 2(78), p. 68–81. (In Russian)

Received 06.08.2020

Revised 10.09.2020

Accepted 06.11.2020