

УПРАВЛЕНИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ НА МАЛЫХ ВОДОАККУМУЛИРУЮЩИХ СООРУЖЕНИЯХ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ

Волкова Н. Е., Захаров Р. Ю.

WATER MANAGEMENT IN SMALL WATER-ACCUMULATING FACILITIES IN THE REPUBLIC OF CRIMEA

Volkova N. E., Zakharov R. Yu.

Аннотация

Введение: несмотря на относительно небольшие объемы аккумулируемой воды, пруды являются неотъемлемой частью водохозяйственного комплекса. Однако неправильная организация процесса их эксплуатации может свести на нет пользу от строительства этих гидротехнических сооружений и привести к повышению риска аварий, снижению рекреационной привлекательности, ухудшению качества воды и санитарно-эпидемиологической обстановки и др. В настоящее время в Республике Крым стоит задача разработать подход, применение которого позволило бы на бассейновом уровне выделять пруды, на которых необходимо проведение первоочередных мер, направленных на улучшение их технического и экологического состояния с целью снижения негативного эффекта от нерациональной эксплуатации этих водных объектов и повышения их привлекательности в глазах водопользователей. **Методы:** для разработки решения данной проблемы в 2018–2019 гг. на примере бассейна р. Малый Салгир было проведено визуальное обследование малых водоаккумулирующих сооружений с отбором проб воды и оценкой ее пригодности для орошения, выделены основные показатели, которые необходимо учесть при оценке текущей ситуации на этих водных объектах, и на их основе произведен расчет интегрального показателя уровня их уязвимости. **Результаты:** в результате исследования было установлено, что наиболее негативная ситуация сложилась на прудах 64р, 65р, 151к, 191к и 252к. Именно с этих малых водоаккумулирующих сооружений необходимо начинать разработку и реализацию перечня мероприятий, направленных на стабилизацию текущей обстановки. **Заключение:** применение предложенного подхода хоть и не устранил все проблемы, связанные с неправильной организацией процесса эксплуатации прудов, но позволит комплексно оценить сложившуюся ситуацию, предупредить возможность возникновения аварий и сделать эти водные объекты более привлекательными для водопользователей.

Ключевые слова: пруд, техническое состояние, экологическое состояние, качество воды, интегральная оценка, уровень уязвимости, управление водохозяйственной деятельностью.

Введение

Согласно ГОСТ 19179–73 «Гидрология суши. Термины и определения» пруд — это мелковод-

Abstract

Introduction: Despite the relatively small amounts of accumulated water, ponds are an integral part of the water industry. However, improper operation of these hydraulic structures can negate the benefits from their construction, increase the accident risk, decrease recreational attractiveness, deteriorate water quality, worsen sanitary and epidemiological conditions, etc. Currently, the Republic of Crimea needs to develop an approach that would allow allocating ponds (at the basin level) requiring priority measures to improve their technical condition and ecological state in order to reduce the negative effect of their inefficient use and strengthen their attractiveness for water users. **Methods:** To solve the problem, in 2018–2019, using the case study of the Maly Salgir River, visual inspection of small water-accumulating facilities, water sampling, and assessment of water suitability for irrigation were conducted. Main indicators to be considered when analyzing the current situation in these water bodies were determined. Based on those indicators, the corresponding integral vulnerability index was calculated. **Results:** According to the results of the study, the most unfavorable situation developed in ponds: 64r, 65r, 151k, 191k, and 252k. Development and implementation of actions aimed to stabilize the current situation shall be started with these small water-accumulating facilities. **Conclusion:** Although the proposed approach will not eliminate all problems, it will allow assessing the current situation in full, preventing possible accidents, and making these water bodies more attractive for water users.

Keywords: pond, technical condition, ecological state, water quality, integral estimate, vulnerability level, water management.

ный искусственный водоем площадью не более 1 км², созданный с целью хранения воды и регулирования стока [24]. Несмотря на относительно

небольшие объемы аккумуляции воды, эти сооружения являются источником водных ресурсов, которые используются на различные цели. Особенно возрастает значение прудов в вододефицитных регионах, к которым относится и Республика Крым.

Начало массового строительства этих водных объектов на полуострове приходится на 1960–1980 гг. Причем значительная часть из них создавалась без подготовки проектной документации (в основном это касалось небольших прудов объемом до 100 тыс. м³). Проведение в 1980–1990 гг. инвентаризаций прудов позволило оценить общую обстановку, касающуюся этих водных объектов (их наличие, целевое использование, техническое состояние). Так, в конце 1990 г. на территории Крымского региона насчитывалось 843 пруда, из них 556 (66 %) использовалось для целей орошения [21]. Последующее реформирование агропромышленного комплекса привело к изменению собственников и пользователей сооружений, изменилось целевое назначение некоторых из них, были построены новые объекты. По результатам инвентаризации прудов 2003 г., нашедшей отражение в справочных данных «Поверхностные водные объекты Крыма (справочник)» [13], на территории Крымского региона насчитывалось уже 1595 объектов. Следует отметить, что часть этих водоаккумулирующих сооружений официально не использовалась (120 прудов). В 2011 г. была проведена работа по корректировке материалов инвентаризации водоемов Республики Крым, в результате которой было установлено, что на территории Крымского региона насчитывалось 1872 пруда [12], из них не использовалось 476 объектов. Ниже на рисунке 1 отражено изменение целевого использования этих водоаккумулирующих сооружений, произошедшее за период 2003–2011 гг.

Из анализа рис. 1 видно, что за период 2003–2011 гг. произошло существенное сокращение доли прудов, используемых для аккумуляции воды на орошение, и увеличение доли прудов, водные ресурсы которых официально не применялись для каких-либо целей.

Перекрытие внешнего водоисточника в 2014 г. существенно повлияло на наполняемость части этих водоемов. В табл. 1 приведена информация по источникам наполнения прудов Республики Крым.

Из анализа табл. 1 видно, что более 300 прудов заполнялось за счет днепровской воды и сбросных вод с орошаемых земель. В настоящее время в большинстве случаев данные водоаккумулирующие сооружения практически не наполняются.

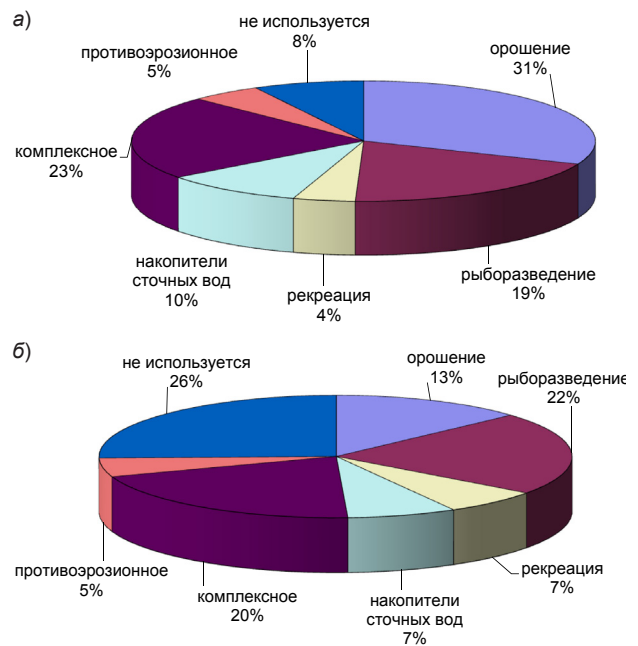


Рис. 1. Целевое использование прудов в Республике Крым: а — 2003 г., б — 2011 г. [12, 13]

Таблица 1

Источники наполнения прудов в Крымском регионе [12]

Источник наполнения	Количество прудов	Площадь водного зеркала, га	Проектный объем при НПУ, тыс. м ³
Поверхностный сток, родники	1377	6580	122837
Подземные воды	39	144	1900
СКК	168	3378	51262
Сбросные воды	147	2142	25214
Сточные воды	141	190	4657
Итого по РК	1872	12434	205870

Переход в законодательно-правовое поле РФ привел к изменению правил использования водных объектов, в том числе и прудов. Право пользования водоаккумулирующим сооружением или его частью можно получить на основании договора водопользования или решения о предоставлении водных объектов в пользование [10]. Чтобы получить разрешение на пользование водным объектом, нужно разработать и согласовать «Программу ведения регулярных наблюдений за водным объектом и его водоохранной зоной». Хотелось бы подчеркнуть, что данный документ, наряду с описанием места расположения водного объекта, его водоохранной зоны, цели использования, содержит информацию о расположении пунктов наблюдений за особенностями и режимом водного объекта, качественных и количественных показателях, которые будут отслеживаться. В результате таких изменений на начало июля 2018 г. по Республике Крым получены разрешения на использование 137 прудов [6].

В настоящее время большинство водопользователей не отчитываются об объемах воды, отбираемых из малых водоаккумулирующих сооружений, не отслеживают ее качественный состав, не проводят необходимые эксплуатационные мероприятия. Это может привести к тому, что вместо полезных эффектов гидротехнического строительства в виде дополнительных объемов воды для развития отраслей народного хозяйства, создания рекреационных зон и мест массового отдыха для людей, будут иметь место негативные проявления — увеличение вероятности наступления аварийных ситуаций, ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки, развитие процессов подтопления и т. п. Для большинства прудов Республики Крым единственным источником информации для принятия управленческих решений являются результаты инвентаризационных обследований.

Подобная ситуация характерна не только для Крымского региона, но и для многих стран постсоветского пространства. Исследования в области оценки общей ситуации, касающейся эксплуатации прудов, разработки подходов для принятия решений по управлению водохозяйственной деятельностью на них начаты в РФ давно. К примеру сотрудниками ФГБОУ ВО «Российский государственный университет — МСХА

имени К.А. Тимирязева» с 2002 по 2014 год было обследовано более 1250 водоемов. Результаты их исследований нашли отражение в ряде публикаций [1, 8, 19, 20], в которых авторы указывают проблемы, характерные для прудов (ухудшение технического состояния водоподпорных и водосбросных сооружений; природное истощение; наличие бесхозных объектов, хотя их количество уменьшается и т. п.), и подходы по улучшению сложившейся ситуации («организация совместного экологического и технического мониторинга с использованием современных инновационных технологий», «создание баз данных водоаккумулирующих сооружений, на основе которых можно разработать информационно-аналитическую систему принятия необходимых оперативных управленческих решений», «инвентаризация скважин и колодцев с установлением их дебита и общего объема отбора в районе водосбора малых водных объектов с последующей оценкой влияния отбора подземных грунтовых вод на водность водотока» и т.п.).

В 2006–2008 гг. Новиковой Н. М., Давыдовой Н. С. проводились обследования на прудах Воронежской области. В ходе работы основной упор делался на изучение гидрохимического режима водоемов различного целевого использования. Авторами было установлено, что все обследованные пруды испытали антропогенную трансформацию, вследствие чего качество воды водных объектов, в которые сбрасываются воды прудов, становится хуже [15].

При обследовании прудов Алтайского края, проводившегося на р. Алей и в г. Перми, основной упор делался на визуальное обследование и привязку этих водоемов на местности [7, 14].

Эти примеры являются только частью множества исследований, объектом изучения которых стали пруды, а предметом — их технические характеристики, гидрохимические показатели качества аккумулируемой воды, целевое использование. Следует подчеркнуть, что многие специалисты, занимающиеся разработкой данного направления, акцентируют внимание на необходимости создания баз данных по этим водным объектам [1, 3, 5, 7, 9, 14, 16, 25].

Отдельно хотелось бы остановиться на разработке, предложенной сотрудниками Российского научно-исследовательского института проблем

мелиорации, в отношении управления водохозяйственной деятельностью на малых водоаккумулирующих сооружениях. Это модель оценки целесообразности дальнейшего использования этих водных объектов. Принятие решения базируется на рассмотрении пяти основных вариантов: ГТС находится в хорошем техническом состоянии; необходим частичный или текущий ремонт; нужен капитальный ремонт плотины или водосброса; требуется полная реконструкция; целесообразна ликвидация. Расчеты основаны на соотношении величины возможной прибыли и ущерба в случае аварии с учетом капиталовложений, необходимых для проведения ремонта или реконструкции. Данная модель базируется на оценке технического состояния и заинтересованности пользователей в дальнейшей эксплуатации данного объекта [11].

В настоящее время в Республике Крым стоит задача не просто разработать базу данных по этим водоаккумулирующим сооружениям и провести оценку по единичным объектам, а разработать подход, применение которого позволило бы на бассейновом уровне выделять пруды, на которых необходимо проведение первоочередных мер, направленных на улучшение их технического и экологического состояния с целью снижения негативного эффекта от нерациональной эксплуатации этих гидротехнических сооружений и повышения их привлекательности в глазах водопользователей.

Методы и материалы

Исследования проводились в бассейне р. Малый Салгир на территории Трудовского сельского поселения. Объектом изучения стали пруды, расположенные на данной территории. Основной целью работы было изучение текущей обстановки на малых водоаккумулирующих сооружениях

с установлением объектов, по которым необходимо первоочередное принятие управленческих решений, направленных на устранение или смягчение проявления негативных последствий неправильной эксплуатации этих водных объектов.

В ходе исследования были проведены следующие работы:

- визуальное обследование прудов и прилегающих к ним территорий;
- оценка качественных показателей аккумулируемого стока;
- выделение перечня показателей, которые необходимо учитывать при организации рационального управления водохозяйственной деятельностью на данных водных объектах;
- определение уровня уязвимости этих водоаккумулирующих сооружений.

Большинство прудов бассейна р. Малый Салгир на территории Трудовского сельского поселения строились и продолжают использоваться для орошения, поэтому при отслеживании качественных показателей основной упор делался на оценку ирригационной пригодности аккумулируемой воды. Для этого по обследованным объектам были рассчитаны ирригационный коэффициент, коэффициент ионного обмена, SAR (натриевое адсорбционное отношение) [23] и определен класс качества воды в соответствии с почвенно-мелиоративной классификацией [22]. Комплексный анализ по этим показателям позволяет теоретически оценить возможности развития негативных процессов в почве (общего и хлоридного засоления, осолонцевания, содообразования) на планируемом участке орошения.

Определение уровня уязвимости прудов выполнено на основе структуры (рис. 2), математической модели и классификации (табл. 2), предложенных в «Методических рекомендациях по

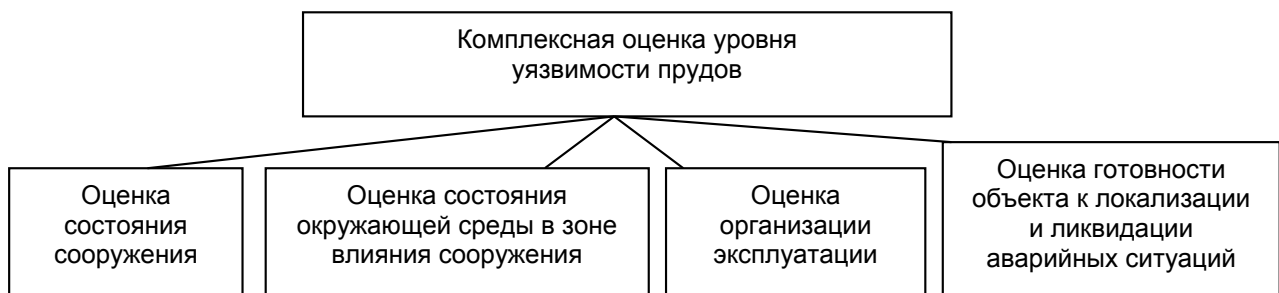


Рис. 2. Структура комплексной оценки уровня уязвимости малых водоаккумулирующих сооружений

оценке риска аварий на гидротехнических сооружениях водного хозяйства и промышленности» [18].

Расчет интегрального показателя уровня уязвимости прудов (V) выполнялся по формуле

$$V = 0,35V_1 + 0,15V_2 + 0,3V_3 + 0,2V_4, \quad (1)$$

где V_1 — показатель, характеризующий техническое состояние малого водоаккумулирующего сооружения;

V_2 — показатель, характеризующий состояния окружающей среды в зоне влияния пруда;

V_3 — показатель, характеризующий организацию эксплуатационных работ на участке;

V_4 — показатель, характеризующий возможность возникновения аварийной ситуации и готовность объекта к ее локализации и ликвидации [18].

Расчет вышеперечисленных показателей осуществляется по формуле

$$V_i = b_i V_0, \quad (2)$$

где b_i — значение кода i -го показателя; V_0 — нормирующий множитель, равный 0,33.

Значение кода по каждому показателю устанавливалось в соответствии с табл. 3.

Результаты исследования и обсуждение

Согласно справочным данным на обследуемой территории расположено 18 прудов общей площадью водного зеркала при НПУ 22,5 га, объемом — 539,7 тыс. м³ (табл. 4).

Из анализа табл. 4 наглядно видно, что изначально эти пруды строились для орошения (исключение 267к — рекреационного назначения). Эксплуатационный срок службы большинства из них превышает 40 лет. Согласно официальным статистическим данным на начало июля 2018 г только на 4 из них получено разрешение на пользование водным объектом или его частью (60р, 63р, 67р и 152к), на 3 объекта разработана паспортная документация (66р, 74р и 267к).

Таблица 2

Классификация уровня уязвимости малых водоаккумулирующих сооружений

Уровень уязвимости ГТС	Значение комплексного индекса
Малый	Не более 0,15
Умеренный	Свыше 0,15, но не более 0,30
Высокий	Свыше 0,30, но не более 0,50
Очень высокий	Свыше 0,50

Согласно результатам визуального обследования, в бассейне р. Малый Салгир на территории Трудовского сельского совета расположен 31 пруд. На рис. 3 приведена схема размещения водоаккумулирующих сооружений на рассматриваемом участке. Из анализа данного рисунка видно, что кроме 18 прудов, имеющих инвентаризационный номер, на территории бассейна р. Малый Салгир в Трудовском сельском поселении располагается еще 13 объектов. Это небольшие водоаккумулирующие сооружения (руслового типа и копани) с примерной площадью водного зеркала от 0,01 до 0,25 га, средней глубиной от 1 до 2 м и объемом наполнения от 0,08 до 4 тыс. м³. Если оценивать их суммарный вклад, то он составит около 15 тыс. м³. На момент обследования часть из них использовалась для орошения (пруды 1 и 6).

Следует отметить, что при организации процесса эксплуатации малых водоаккумулирующих сооружений на обследованной территории водопользователи в основном не отчитывались по объемам отбираемой воды, не оценивали ее качественный состав, не проводили необходимые мероприятия по уходу за данными водными объектами. Это в совокупности с ошибками, допущенными при строительстве этих гидротехнических сооружений, влечет за собой целый ряд негативных последствий, а именно:

– ухудшение технического состояния конструктивных элементов и, как следствие, возрастание возможности наступления аварийных ситуаций;

Таблица 3

Соотношение значения кода и отличительных признаков, характеризующих уровень уязвимости пруда

Код	Отличительный признак
0	Отсутствие каких-либо нарушений
1	Локальные нарушения или незначительные отступления от требований безопасной эксплуатации
2	Значительные нарушения, для устранения которых необходима разработка и проведение специальных мероприятий (ремонт, изменение режима эксплуатации и т. п.)
3	Наличие разрушений конструктивных элементов или грубые нарушения требований эксплуатации, в результате которых существенно повышается вероятность аварий

Таблица 4

Основные характеристики прудов бассейна р. Малый Салгир на территории Трудовского сельского поселения [12]

Инвентаризационный номер пруда	Год строительства	Площадь зеркала при НПУ, га	Объем при НПУ, тыс. м ³	Проектное назначение
60р	1980	8,40	350,00	орошение
61р	1978	0,20	2,80	орошение
62р	1978	0,30	12,00	орошение
63р	1966	0,30	3,20	орошение
64р	1948	1,00	1,10	орошение
65р	1966	0,40	15,00	орошение
66р	1962	2,52	47,41	орошение
67р	1963	0,50	20,00	орошение
70р	1948	1,80	22,00	орошение
74р	1969	1,44	26,00	орошение
148к	1988	0,20	0,60	орошение
149к	1972	0,50	2,00	орошение
150к	1966	0,30	1,20	орошение
151к	1983	0,10	1,00	орошение
152к	1978	0,90	9,50	орошение
191к	1980	2,60	13,50	орошение
252к	не опр.	0,90	9,50	орошение
267к	2007	0,19	2,87	рекреация
Итого по Трудовскому с/п 18 прудов		22,55	539,68	

- подтопление прилегающих территорий;
- повышение концентраций загрязняющих веществ в аккумулируемой воде;
- сработка берегов;
- развитие процессов деградации почвы;
- ухудшение общесанитарной обстановки и многое другое.

Рассмотрим эти негативные проявления на конкретных примерах.

Ухудшение технического состояния конструктивных элементов. Обследованные пруды условно можно разделить на две основные группы:

- имеющие простейшую конструкцию, представленные в основном мелкими копанями, расположенными в выемке или полувыемке-полунасыпи, наполняются за счет поверхностного стока или механической подачей воды из другого водисточника. В силу своих небольших размеров и конструктивных особенностей с технической точки зрения эти пруды не представляют опасности;

- напорные гидротехнические сооружения, характеризующиеся наличием плотины или

дамбы высотой в среднем около 4 м. Разрушение этих конструктивных элементов может привести к затоплению прилегающих территорий. В табл. 5 приведена информация по техническому состоянию этих водоаккумулирующих сооружений (таблица составлена на основе итогов инвентаризации 2016 г. и результатов обследования прудов бассейна р. Малый Салгир, проведенного авторами в 2018–2019 гг.).

Из анализа табл. 5 видно, что техническое состояние конструктивных элементов обследованных напорных прудов в основном характеризуется как удовлетворительное. За последние 5 лет ремонт производился только на пруду 60р, где было построено новое водозаборное сооружение, заменена часть облицовочных плит.

Подтопление прилегающих территорий. В целом на обследованной территории строительство малых водоаккумулирующих сооружений не привело к развитию процессов подтопления. Исключением стали только пруды 6, 61р, 65р, 67р и 150к (УГВ — 1–3 м).

Таблица 5

Техническое состояние конструктивных элементов обследованных напорных водоаккумулирующих сооружений

Номер пруда	Плотина/дамба					Состояние		
	Тип	Длина, м	Ширина по гребню, м	Высота, м	Состояние	Водозаборного сооружения	Донного водовыпуска	Водоотводящего сооружения
148к	Земляная	50	4,0	3,0	уд.	-	неуд.	-
149к	То же	30	4,0	3,0	уд.	-	-	неуд.
150к	«»	40	6,0	4,0	уд.	-	-	уд.
151к	«»	40	6,0	4,0	уд.	-	неуд.	-
152к	«»	40	6,0	4,0	уд.	-	-	уд.
191к	«»	150	8,0	10,0	уд.	-	неуд.	-
252к	«»	100	3,0	3,0	уд.	-	-	уд.
60р	«»	470	6,0	4,0	уд.	хорошее	-	уд.
61р	«»	20	4,0	3,0	уд.	-	уд.	-
62р	«»	40	4,0	3,0	уд.	-	-	уд.
63р	«»	40	4,0	3,0	уд.	-	уд.	уд.
64р	«»	100	4,0	4,0	неуд.	-	неуд.	-
65р	«»	280	4,0	3,0	уд.	-	-	неуд.
66р	«»	182	17,5	4,2	уд.	-	-	уд.
67р	«»	32	5,0	4,0	уд.	-	-	уд.
70р	«»	52	4,0	4,0	уд.	-	уд.	уд.
74р	«»	140	8,0	4,1	уд.	-	-	уд.
1	«»	66	4,0	4,5	уд.	-	неуд.	уд.

Повышение концентраций загрязняющих веществ в аккумулируемой воде. Следует подчеркнуть, что согласно источникам [4, 17] за последние 20 лет в результате антропогенной деятельности произошло ухудшение гидрохимических показателей стока р. Малый Салгир, что оказало влияние на качество аккумулируемой в прудах воды. В 2018 г., чтобы сопоставить качественные показатели формирующегося и аккумулируемого стока, были отобраны пробы воды не только из прудов, но и по 4 створам р. Малый Салгир: 1 — исток реки, 2 — 1 км после с. Дружного, 3 — 0,5 км до с. Строгановки, 4 — вход в черту г. Симферополя (рис. 3). В результате было установлено, что содержание загрязняющих веществ в аккумулируемой воде русловых прудов выше, чем в самой реке. В качестве примера, на рис. 4 приведена динамика содержания нитратов и хлоридов в воде по длине р. Малый Салгир.

Основным источником загрязнения формирующегося поверхностного и аккумулируемого стока в бассейне р. Малый Салгир являются сточные воды, сбрасываемые напрямую в сам водоток/пруды или фильтрующиеся из сливных

ям, так как села, через которые протекает данная река, практически не обеспечены системами централизованного водоотведения.

Сработка берегов. В целом по обследованным водным объектам не было зафиксировано размыва берегов, развития оползневых процессов. Исключениями стали пруды 67р и 151к (рис. 5). Причем по последнему причиной стало выбранное конструктивное решение строительства этого гидротехнического сооружения (отсутствие водосброса). Гидроузел представлен только земляной плотиной и донным водовыпуском, который в настоящее время находится в неудовлетворительном состоянии. Следует отметить, что пруд 151к расположен в балке и наполняется за счет формирующегося поверхностного стока и родника. После достижения отметки форсированного подпорного уровня происходит переполнение пруда и, как следствие, начинается размыв верха плотины (рис. 5, б).

Развитие процессов деградации почвы. Республика Крым расположена в зоне рискованного земледелия. Ведение орошения позволяет снизить негативное воздействие на развитие

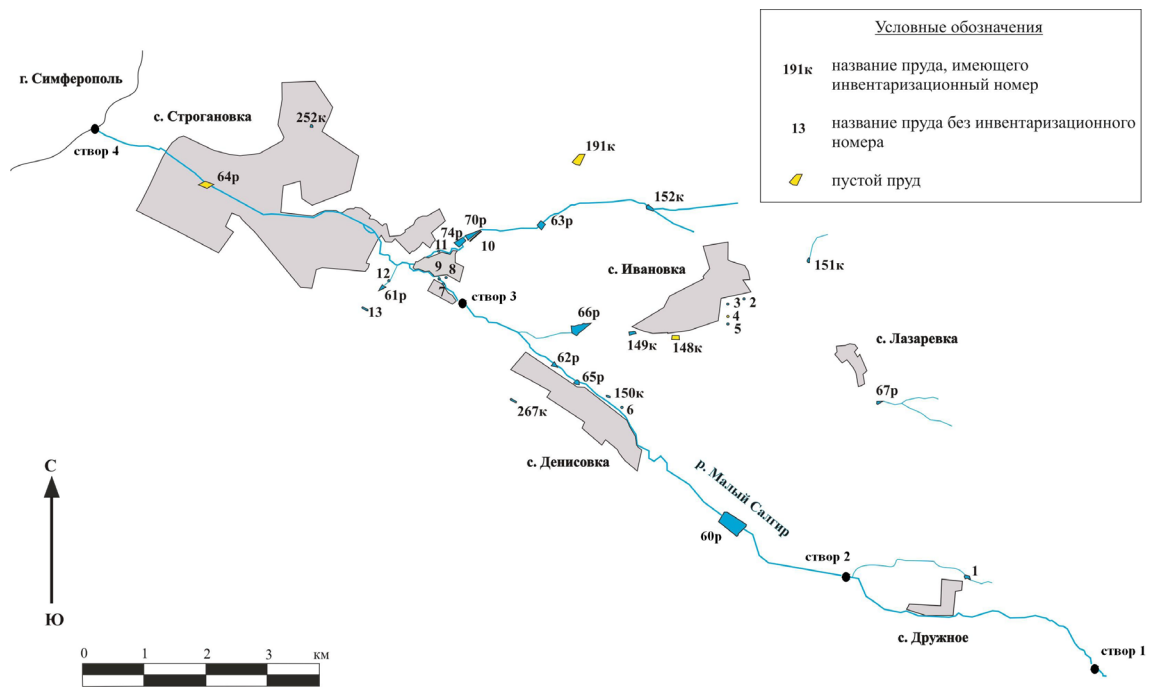


Рис. 3. Схема расположения водоаккумулирующих сооружений в бассейне р. Малый Салгир на территории Трудовского сельского поселения

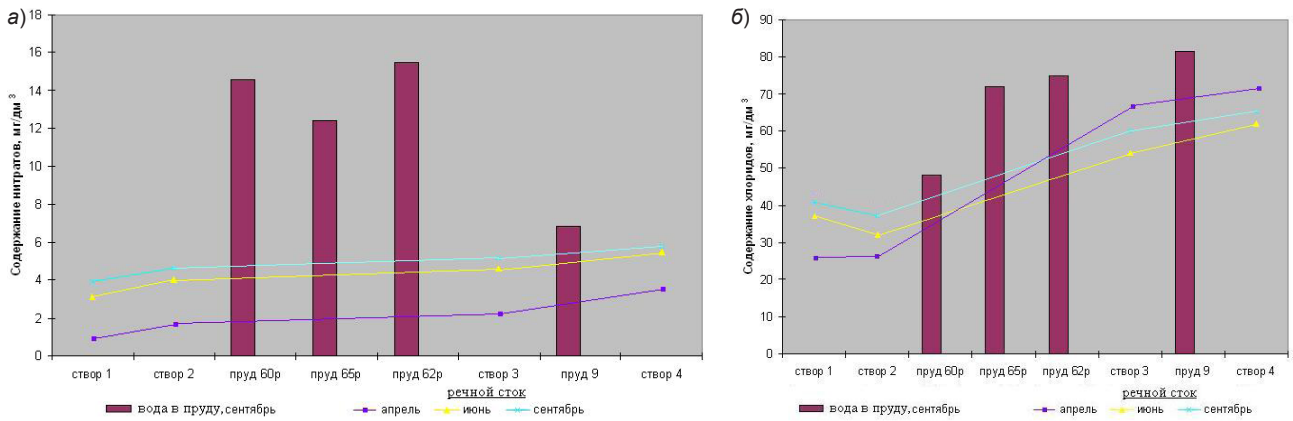


Рис. 4. Изменение содержания загрязняющих веществ в воде по длине р. Малый Салгир

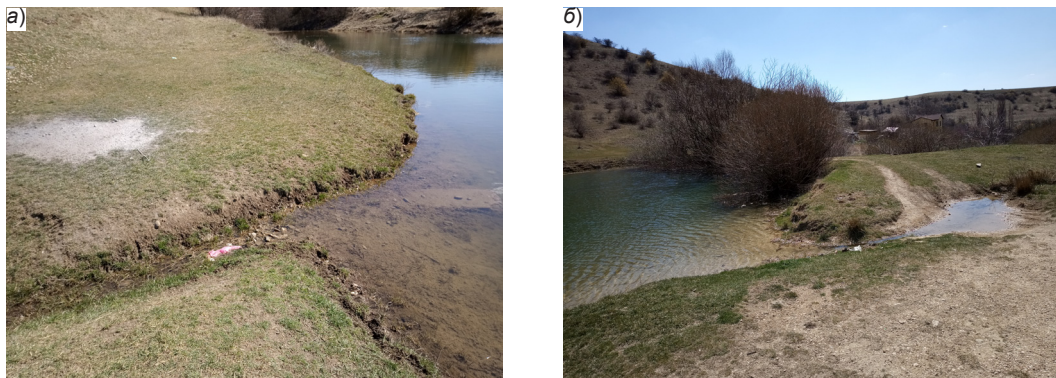


Рис. 5. Разрыв берега и верха плотины малых водоаккумулирующих сооружений:
а — пруд 67р, б — пруд 151к

сельскохозяйственной отрасли региона неравномерного распределения и нерегулярного выпадения осадков. Наряду с более крупными и гарантированными источниками воды, в последние годы широко стали использоваться и пруды. Однако следует отметить, что эффективность ведения орошаемого земледелия напрямую зависит от качества поливной воды. И в случае его несоответствия существующим требованиям может привести к развитию негативных последствий в виде засоления и осолонцевания почвы, снижения урожайности сельскохозяйственных культур. Для оценки ирригационной пригодности аккумулируемой в прудах воды в сентябре 2018 г. были отобраны пробы и проанализирован их химический состав. Расчет ирригационного коэффициента (от 20,3 до 58,7), коэффициента ионного обмена (от 1,2 до 25,6) и SAR (от 0,1 до 2,9) показал, что использование данной воды не должно оказать негативного воздействия на почву. Исключением стали пруды 5, 61р, 252к и 267к, вода которых по ирригационному коэффициенту была классифицирована как удовлетво-

рительная. Ее использование может привести к развитию процесса ощелачивания почвы.

Оценка по почвенно-мелиоративной классификации оросительной воды (табл. 6) показала, что развитие негативных почвенных процессов возможно при использовании для полива воды, аккумулируемой в прудах 6, 62р и 150к. По данным водоаккумулирующим сооружениям возможно развитие процессов засоления.

Следует подчеркнуть, что качество воды в прудах меняется в течение года. На него влияет объем притока, качественный состав поверхностного стока. Так, к примеру, в апреле 2019 г. по прудам 6, 62р и 150к минерализация воды существенно понизилась на 880, 460 и 780 мг/дм³, соответственно. Исходя из этого показателя вода, аккумулируемая в этих сооружениях, уже относилась к I–II классам качества. Однако столь существенное колебание минерализации по прудам 6, 62р и 150к свидетельствует о необходимости проведения мониторинговых наблюдений за качеством воды в этих гидротехнических сооружениях. В дальнейшем в случае использования во-

Таблица 6

Оценка пригодности аккумулируемой в прудах воды для целей орошения согласно почвенно-мелиоративной классификации [22]

Место отбора пробы	Степень опасности развития процессов					Класс воды
	общего засоления	хлоридного засоления	натриевого осолонцевания	магниевого осолонцевания	содообразования	
Пруд 60р	I	I	I	I	I	I
Пруд 61р	II	II	II	I	I	II
Пруд 62р	III	II	I	I	I	III
Пруд 63р	I	II	I	I	I	II
Пруд 65р	II	II	II	I	I	II
Пруд 66р	I	I	I	II	I	II
Пруд 67р	I	I	I	I	I	I
Пруд 70р	I	I	II	I	I	II
Пруд 74р	II	II	II	I	I	II
Пруд 149к	I	I	I	I	I	I
Пруд 150к	III	I	I	I	I	III
Пруд 151к	I	I	I	II	I	II
Пруд 152к	I	I	I	I	I	I
Пруд 252к	II	II	I	I	I	II
Пруд 267к	I	II	III	I	I	III
Пруд 1	I	I	I	I	I	I
Пруд 6	IV	I	I	I	I	IV

дных ресурсов, аккумулируемых в этих прудах, для целей орошения, это позволит установить целесообразность проведения мероприятий, направленных на предупреждение развития негативных процессов в почве.

Ухудшение общесанитарной обстановки.

Хотя изначально большинство прудов бассейна р. Малый Салгир на территории Трудовского сельского поселения строилась для орошения. Эти водные объекты использовались и продолжают использоваться как зона отдыха и любительской рыбалки для проживающего рядом населения. Следует отметить, что по ряду малых водоаккумулирующих сооружений зафиксированы нарушения требований к свойствам воды водных объектов, расположенных в черте населенных пунктов или используемых для рекреационных целей [2], а именно:

- пруд 5 — в столбике воды 10 см просматривается зеленоватая окраска, что обусловлено массовым развитием фитопланктона (рис. 6, а);
- пруды 65р и 252к — на поверхности водоема обнаружены масляные пленки и скопление мусора (рис. 6, б);
- пруд 65р — вода имеет выраженный гнилостный запах.

Так как эти водные объекты продолжают использоваться как зона отдыха и любительской рыбалки для проживающего рядом населения, на них необходимо поддерживать благоприятную общесанитарную обстановку.

Перечисленные выше негативные последствия неправильной организации процесса эксплуатации на прудах были заложены в основу расчета интегрального показателя уровня уязвимости этих малых водоаккумулирующих сооружений.

При установлении кода по показателю, характеризующему состояние сооружения, учитывалось техническое состояние основных конструктивных элементов и эксплуатационный срок службы. При прочих равных условиях для прудов, находящихся в эксплуатации более 40 лет, код показателя повышался на 1.

При установлении кода по показателю состояние окружающей среды в зоне влияния сооружения учитывались: развитие процессов подтопления, сработки берегов, свойства и состав аккумулируемой воды.

При установлении кода по показателю организация процесса эксплуатации учитывались: наличие квалифицированного персонала, разрешительной и паспортной документации; проведение текущих и капитальных ремонтов конструктивных элементов; осуществление расчистки акватории водоема, подводящего русла и поверхностных водоотводящих сооружений от камыша; уход за территорией прибрежной защитной полосы.

При установлении кода по показателю готовность объекта к локализации и ликвидации аварийных ситуаций в основном учитывались состояние подъездов к этим водоаккумулирующим сооружениям и готовность русловых прудов к пропуску паводковых расходов. Обследованные водные объекты относятся к 4 классу опасности. Возникновение аварийных ситуаций на них не приведет к существенному материальному ущербу, поэтому в данной работе этому показателю



Рис. 6. Примеры нарушения требований, предъявляемых к свойствам воды, аккумулируемой в прудах: а — выраженная окраска; б — наличие масляной пленки и скопления мусора на поверхности водоема

Таблица 7

Результаты интегральной оценки уровня уязвимости прудов, расположенных в бассейне р. Малый Салгир на территории Трудовского сельского поселения

Номер пруда	Значение кода				Комплексный показатель, V	Уровень уязвимости
	Показатель v_1	Показатель v_2	Показатель v_3	Показатель v_4		
1	2	3	4	5	6	7
1	2	1	1	1	0,4500	Высокий
6	1	2	1	2	0,4500	Высокий
60р	1	0	0	1	0,1833	Умеренный
61р	2	1	1	1	0,4500	Высокий
62р	2	1	1	1	0,4500	Высокий
63р	2	1	1	1	0,4500	Высокий
64р	3	2	2	2	0,7833	Очень высокий
65р	2	2	2	1	0,6000	Очень высокий
66р	2	0	1	1	0,4000	Высокий
67р	2	2	0	1	0,4000	Высокий
70р	2	0	1	1	0,4000	Высокий
74р	2	0	1	1	0,4000	Высокий
149к	2	0	1	2	0,4667	Высокий
150к	2	2	1	1	0,5000	Высокий
151к	2	2	1	2	0,5667	Очень высокий
152к	2	0	1	1	0,4000	Высокий
191к	2	1	1	2	0,5167	Очень высокий
252к	2	1	2	1	0,5500	Очень высокий
267к	1	2	0	0	0,2167	Умеренный

в основном присваивался код 1. Исключением стали русловые пруды, не готовые к пропуску паводковых расходов по причине отсутствия водосбросных сооружений или их неудовлетворительного состояния.

Результаты оценки уровня уязвимости по основным прудам, расположенным в бассейне р. Малый Салгир на территории Трудовского сельского поселения, приведены в табл. 7 (исключением стал пруд 148к, который из-за отсутствия источника воды уже давно не наполняется, и требует ликвидации).

Из анализа табл. 7 видно, что пруды, расположенные в бассейне р. Малый Салгир на территории Трудовского сельского поселения, в основном характеризуются высоким и очень высоким уровнем уязвимости. Наиболее негативная ситуация сложилась на прудах: 64р, 65р, 151к, 191к и 252к. Именно с этих малых водоаккумулирующих сооружений необходимо начинать разработку и реализацию перечня мероприятий, направленных на стабилизацию текущей обстановки. Основными причинами, обуславливаю-

щими формирование неблагоприятной ситуации на прудах обследованной территории являются:

- неправильная организация процесса эксплуатации на этих малых водоаккумулирующих сооружениях, а именно не осуществление необходимых текущих и капитальных ремонтов, расчистки акватории, водоподводящего русла, водотовающих сооружений;
- влияние антропогенной деятельности на экологическое состояние этих водоемов;
- развитие процессов подтопления на прилегающих территориях.

Заключение

По результатам проведенного исследования были сделаны следующие выводы:

- наличие неучтенных прудов, неофициальных водопользователей, отбирающих воду для покрытия своих нужд, ведет к погрешности (иногда существенной) при осуществлении водобалансовых расчетов и затрудняет управление водохозяйственной деятельностью на этих водных объектах;

– основным источником загрязнения формирующегося поверхностного и аккумулируемого стока в бассейне р. Малый Салгир являются сточные воды, сбрасываемые напрямую в сам водоток/пруды или фильтрующиеся из сливных ям, так как села, через которые протекает данная река и ее притоки, практически не обеспечены системами централизованного водоотведения;

– по прудам 5, 6, 62р и 150к, аккумулируемый сток которых используется для орошения, целесообразно организовать мониторинговые наблюдения за солевым составом воды. В дальнейшем это позволит установить целесообразность проведения мероприятий, направленных на предупреждение развития негативных процессов в почве поливаемых участков;

– часть прудов бассейна р. Малый Салгир на территории Трудовского сельского поселения используются как зоны отдыха и любительской рыбалки для проживающего рядом населения, поэтому на них необходимо поддерживать благоприятную общесанитарную обстановку;

– комплексная оценка уровня уязвимости прудов позволяет выделить объекты, по которым необходимо первоочередное принятие управленческих решений, и причины, устранение которых позволило бы улучшить обстановку в целом.

Пруды являются немаловажной составляющей водохозяйственного комплекса. Неправильная организация процесса эксплуатации на них ведет к ухудшению технического и экологического состояния, что в свою очередь может повлечь повышение риска аварий и формирование неблагоприятных ситуаций в зоне влияния этих сооружений. Реализация на практике предложенного в данной работе подхода хотя и не позволит решить все проблемы, но будет способствовать улучшению ситуации в целом. Создание баз данных по малым водоаккумулирующим сооружениям и выделение объектов, по которым необходимо первоочередное принятие управленческих решений, должно стать первым этапом организации процесса рационального управления водохозяйственной деятельностью на прудах Республики Крым.

Финансирование

Работы выполнены в рамках государственного задания № АААА-А16-116022610115-4.

Литература

1. Алтунин, В. И. и Черных, О. Н. (2014). Оценка безопасного состояния низконапорных гидроузлов в Москве. Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета, № 2 (37), сс. 81–88.
2. Библиотека нормативной документации (2000). Сан-ПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод [online] Доступно по ссылке: <http://files.stroyinf.ru/Data1/8/8514/> [Дата обращения 10.02.2018].
3. Вильданов, И. Р., Хасанов, Р. Р. и Садыков, Р. И. (2017). Принципы создания базы данных искусственных водных объектов лесостепной зоны Башкирского Предуралья. Заметки ученого, № 3, сс. 40–42.
4. Волкова, Н. Е. и Захаров, Р. Ю. (2017). Особенности водохозяйственной экосистемы реки Малый Салгир. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия, № 2 (66), сс. 11–17.
5. Волинов, М. А., Жезмер, В. Б. и Сидорова, С. А. (2017). Методы анализа и обработки данных мониторинга гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса. Природообустройство, № 1, сс. 79–87.
6. Государственный комитет по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым (2018). Информация о предоставлении водных объектов в пользование на основании договоров водопользования и решений о предоставлении водных объектов в пользование по Республике Крым по состоянию на 01 июля 2018 г. [online] Доступно по ссылке: https://gkvod.rk.gov.ru/uploads/gkvod/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpfNKbzM_1.pdf [Дата обращения 21.09.2018].
7. Губарев, М. С., Рыбкина, И. Д. и Стоящева, Н. В. (2017). Инвентаризация состояния прудов на притоках реки Алей в степной зоне Алтайского края. Вестник Алтайского государственного аграрного университета, № 6 (152), сс. 61–68.
8. Каганов, Г. М., Волков, В. И., Черных, О. Н. и Алтунин, В. И. (2008). Об опыте визуального контроля за состоянием гидротехнических комплексов столичных водоемов. Природообустройство, № 4, сс. 29–36.
9. Касперов, Г. И., Левкевич, В. Е., Пастухов, С. М., Малашевич, В. А. и Бузук, А. В. (2014). Учет технического состояния гидротехнических сооружений при предупреждении чрезвычайных ситуаций на водных объектах. Труды БГТУ. № 2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность, № 2 (166), сс. 146–149.
10. КонсультантПлюс (2006). «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 03.08.2018) [online] Доступно по ссылке: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683 [Дата обращения 10.02.2019].
11. Косиченко, Ю. М., Косиченко, М. Ю. и Савенкова, Е. А. (2012). Модель малого водохранилища как объекта проведения оценки целесообразности дальнейшего его использования. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 3 (7), сс. 123–136.

12. Лисовский, А. А., Новик, В. А., Тимченко, З. В. и Губская, У. А. (2011). Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: справочник. Симферополь: КРП Учпедгиз, 242 с.

13. Лисовский, А. А., Новик, В. А., Тимченко, З. В. и Мустафаева, З. Р. (2004). Поверхностные водные объекты Крыма: справочник. Симферополь: Республиканский комитет по водному хозяйству АРК, 113 с.

14. Морозова, Г. В., Китаев, А. Б. и Ларченко, О. В. (2012). Состояние водных объектов города Перми и вопросы качества их вод. Географический вестник, № 1, сс. 64–75.

15. Новикова, Н. М. и Давыдова, Н. С. (2010). Гидрохимический режим прудов при их разном использовании на территории Воронежской области. Вода: химия и экология, № 4, сс. 2–8.

16. Петина, М. А. (2010). Использование геоинформационных технологий в системах поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами (на примере Белгородской области). Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, № 21 (92), сс. 150–156.

17. Подовалова, С. В., Иванюгин, Н. М., Манжос, А. А., Зубоченко, А. А., Бояркина, Л. В. и Резник, Н. Ф. (2018). Использование современных методов при оценке экологического состояния малых водотоков в пределах урбанизированных территорий. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия, № 3 (71), сс. 79–89.

18. Федеральное агентство Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (2009). Методические рекомендации по оценке риска аварий на гидротехнических сооружениях водного хозяйства и промышленности. 2-е изд. М.: ДАР/ВОДГЕО, 64 с.

19. Черных, О. Н. и Алтунин, В. И. (2015). Особенности технического мониторинга прудов территории центра Москвы. Природообустройство, № 1, сс. 66–71.

20. Черных, О. Н., Волков, В. И. и Алтунин, В. И. (2015). Проблемы и пути решения вопросов обмеления малых водоемов Московского региона. Природообустройство, № 5, сс. 51–58.

21. Шавин, А. Ф. (1991). Орошаемое земледелие и водное хозяйство Крымской АССР. Симферополь: Государственный комитет Украины по водному хозяйству, 264 с.

22. Шумаков, Б. Б. (ред.) (1990). Мелиорация и водное хозяйство. Т. 6. Орошение: справочник. М.: Агропромиздат, 415 с.

23. Шуравилин, А. В. (2011). Практикум по мелиорации сельскохозяйственных земель: учебное пособие. Рязань: РГАТУ, 213 с.

24. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации (1988). ГОСТ 19179–73. Гидрология суши. Термины и определения [online] Доступно по ссылке: <http://docs.cntd.ru/document/gost-19179-73> [Дата обращения 11.03.2019].

25. Dunaieva, I., Popovych, V. V., Vechev, V. V., Golovastova, E. S., Pashtetsky, V. S., Melnichuk, A. Yu., Mirschel, W., Terleev, V. V., Nikonorov, A. O., Togo, I. A., Volkova, Yu. V. and Shishov, D. A. (2019). Water quality analysis and simulation. В: MATEC Web of Conferences, с. 06005.

References

1. Altunin, V. I. and Chernich, O. N. (2014). Assessment of a safe condition of low-head water power development in Moscow. *Vestnik MADI*, No. 2 (37), pp. 81–88.

2. Library of standards and regulations (2000). *Sanitary Rules and Regulations SanPiN 2.1.5.980-00. Hygienic requirements for surface water protection*. [online] Available at: <http://files.stroyinf.ru/Data1/8/8514/> [Date accessed 10.02.2018].

3. Vildanov, I. R., Khasanov, R. R. and Sadykov, R. I. (2017). The principles for artificial water bodies the forest-steppe zone of Bashkortostan. *Zametki Uchyonogo*, No. 3, pp. 40–42.

4. Volkova, N. E. and Zaharov, R. Yu. (2017). Features of water management ecosystem of the river Small Salgir. *Puti Povysheniya Effektivnosti Oroshayemogo Zemledeliya*, No. 2 (66), pp. 11–17.

5. Volynov, M. A., Zhezmer, V. B. and Sidorova, S. A. (2017). Methods of the analysis and processing of the monitoring data of hydraulic structures of the reclamation complex. *Prirodoobustroystvo*, No. 1, pp. 79–87.

6. State Committee for Water Management and Land Reclamation, Crimea (2018). *Information on the provision of water bodies for use based on water use agreements and decisions on the provision of water bodies for use in the Republic of Crimea as of 01.07.2018*. [online] Available at: https://gkvod.rk.gov.ru/uploads/gkvod/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpfHKbzM_1.pdf [Date accessed 21.09.2018].

7. Gubarev, M. S., Rybkina, I. D. and Stoyashcheva, N. V. (2017). Inspection of ponds and small reservoirs at Aley River tributaries in the steppe zone of the Altai Region. *Bulletin of Altai State Agricultural University*, No. 6 (152), pp. 61–68.

8. Kaganov, G. M., Volkov, V. I., Chernykh, O. N. and Altunin, V. I. (2008). About the experience of visual control over the hydrotechnical complexes of the metropolitan ponds. *Prirodoobustroystvo*, No. 4, pp. 29–36.

9. Kasperov, G. I., Levkevich, V. E., Pastuxov, S. M., Malashevich, V. A. and Buzuk, A. V. (2014). Accounting for the technical condition of hydraulic structures in prevention of emergency situations in water bodies. *Proceedings of BSTU. No 2. Forest and Woodworking Industry*, No. 2 (166), pp. 146–149.

10. ConsultantPlus (2006). *Water Code of the Russian Federation No. 74-FZ dated 03.06.2006 (amended on 03.08.2018)*. [online] Available at: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683 [Date accessed 10.02.2019].

11. Kosichenko, Yu. M., Kosichenko, M. Yu. and Savenkova, Ye. A. (2012). Small reservoir model as an object of assessment for its further use suitability. *Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*, No. 3 (7), pp. 123–136.

12. Lisovsky, A. A., Novik, V. A., Timchenko, Z. V. and Gubskaya, U. A. (2011). *Surface water bodies of Crimea. Management and use of water resources: reference book*. Simferopol: KRP Uchpedgiz, 242 p.

13. Lisovsky, A. A., Novik, V. A., Timchenko, Z. V. and Mustafayeva, Z. R. (2004). *Surface water bodies of Crimea: reference book*. Simferopol: Republic Committee for Water Management of the Autonomous Republic of Crimea, 113 p.

14. Morozova, G. B., Kitaev, A. B. and Larchenko, O. V. (2012). Condition of water objects of the Perm city and question of their water quality. *Geographical Bulletin*, No. 1, pp. 64–75.

15. Novikova, N. M. and Davydova, N. S. (2010). Hydrochemical conditions of ponds in Voronezh region. *Water: Chemistry and Ecology*, No 4, pp. 2–8.
16. Petina, M. A. (2010). Using geoinformation technologies in expert systems of decision-making support in water resources management (by the example of Belgorod region). *Belgorod State University Scientific Bulletin. Issue: Natural Sciences*, No. 21 (92), pp. 150–156.
17. Podovalova, S. V., Ivanyutin, N. M., Manzhos, A. A., Zubochenko, A. A., Boyarkina, L. V. and Reznik, N. F. (2018). The application of modern methods in estimating the ecological condition of small watercourses within the urbanized territories. *Puti Povysheniya Effektivnosti Orosheyemogo Zemledeliya*, No. 3, pp. 79–89.
18. Federal Agency for Construction, Housing and Communal Infrastructure of the Russian Federation (2009). *Guidelines for assessing the risk of accidents at hydraulic facilities of water management and industry*. 2nd edition. Moscow: DAR/VODGEO, 64 p.
19. Chernykh, O. N. and Altunin, V. I. (2015). Special features of technical monitoring of ponds on the territory of the center of Moscow. *Prirodoobustroystvo*, No. 1, pp. 66–71.
20. Chernykh, O. N., Volkov, V. I. and Altunin, V. I. (2015). Problems and ways of solutions of the questions of small ponds shallowing in the Moscow region. *Prirodoobustroystvo*, No. 5, pp. 51–58.
21. Shavin, A. F. (1991). *Irrigation agriculture and water management in the Crimean ASSR*. Simferopol: State Committee of Ukraine for Water Management, 264 p.
22. Shumakov, B. B. (ed.) (1990). *Land improvement and water management. Volume 6. Irrigation: reference book*. Moscow: Agropromizdat, 415 p.
23. Shuravilin, A. V. (2011). *Practical guide on farmland improvement: study guide*. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University, 213 p.
24. Repository for legal documents, standards, regulations and specifications (1988). *State Standard GOST 19179-73. Hydrology of land. Terms and definitions* [online] Available at: <http://docs.cntd.ru/document/gost-19179-73> [Date accessed 11.03.2019].
25. Dunaieva, I., Popovych, V. V., Veчерkov, V. V., Golovastova, E. S., Pashtetsky, V. S., Melnichuk, A. Yu., Mirschel, W., Terleev, V. V., Nikonorov, A. O., Togo, I. A., Volkova, Yu. V. and Shishov, D. A. (2019). Water quality analysis and simulation. In: MATEC Web of Conferences, p. 06005.

Авторы

Волкова Наталья Евгеньевна

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма

E-mail: volkova_n@niishk.ru

Захаров Роман Юрьевич

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

E-mail: zakharovr@mail.ru

Authors

Volkova Natalya Evgenyevna

Research Institute of Agriculture of Crimea

E-mail: volkova_n@niishk.ru

Zakharov Roman Yuryevich

V.I. Vernadsky Crimean Federal University

E-mail: zakharovr@mail.ru