

ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 631.67.03

doi: 10.31774/2658-7890-2021-3-2-15-28

Перспективы сбора данных о качестве оросительных вод для формирования интерактивных геоинформационных карт оросительных систем

Лидия Анатольевна Воеводина

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация, rosniipm-lian@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5681-3807>

Аннотация. Цель: обосновать перечень необходимых показателей качества воды для оросительных систем, разработать форму для сбора данных о показателях качества воды и использования их при разработке интерактивных карт на основе географических информационных технологий (ГИС). **Материалы и методы:** для проведения исследований были использованы нормативные документы, данные отчетов федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский НИИ проблем мелиорации», открытые источники в сети Интернет, научно-техническая литература. Методами исследований были сбор, обработка, анализ и синтез данных. **Результаты:** анализ открытых информационных источников позволил обосновать перечень показателей качества воды; для сбора данных из федеральных государственных бюджетных учреждений (управлений мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения) была разработана форма и рекомендации по ее заполнению с указанием документов, используемых для ее заполнения; рассчитан предполагаемый объем финансовых затрат для проведения анализов воды согласно рекомендуемому перечню показателей, который для 669 оросительных систем, находящихся в федеральной собственности, составляет 55125600 руб.; предложено использовать собираемые данные для разработки интерактивных карт ГИС. **Вывод.** Разработанные интерактивные карты, отображающие различные показатели качества воды оросительных систем, могут быть эффективно применены в процессе управления, в т. ч. они способны улучшить результативность и оперативность принятия обоснованных решений. В ходе дальнейшего перспективного развития ГИС может быть предусмотрена интеграция интерактивных карт мелиоративных систем с другими автоматизированными системами, например SCADA.

Ключевые слова: оросительная гидромелиоративная система, оросительная вода, качество воды, форма сбора данных, географические информационные технологии, географические информационные системы, ГИС

ECOLOGY

Original article

Prospects for data collection on irrigation water quality for the formation of interactive geographic information irrigation maps

Lydia A. Voyevodina

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation, rosniipm-lian@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5681-3807>

Abstract. Purpose: to substantiate the list of necessary water quality indicators for irrigation systems, to develop a form for data collection on water quality indicators and their

use in the development of interactive maps based on geographic information technologies (GIS). **Materials and Methods:** regulatory documents, data from reports of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems”, open sources on the Internet, scientific and technical literature were used for the research. The research methods were data collection, processing, analysis and synthesis. **Results:** analysis of open information sources made it possible to substantiate the list of water quality indicators; for data collection from federal state budgetary institutions (land reclamation and agricultural water supply departments), a form and recommendations for filling it out were developed, indicating the documents used to fill it out; the estimated volume of financial costs for conducting water analyzes was calculated according to the recommended list of indicators, which is 55125600 rubles for 669 federal-owned irrigation systems; it is proposed to use the collected data for the development of interactive GIS maps. **Conclusions.** The developed interactive maps displaying various indicators of water quality in irrigation systems can be effectively applied in the management process, as well as they can improve the efficiency and performance of justified decision-making. In the course of further prospective development of GIS, the integration of interactive maps of reclamation systems with other automated systems, such as SCADA, may be envisaged.

Keywords: irrigation hydro-reclamation system, irrigation water, water quality, data collection form, geographic information technologies, geographic information systems, GIS

Введение. Вопросы качества воды имеют большое значение для эффективной работы мелиоративных систем. Воздействие оросительной воды в пределах гидромелиоративных систем распространяется на почвы, растения, оборудование, сельскохозяйственные машины, элементы конструкции гидротехнических сооружений, а также применяемые технологии внесения удобрений, мелиорантов и средств защиты растений.

Примером учета показателей качества воды служит существование различных документов и рекомендаций, рассматривающих вопросы влияния качества воды на различные элементы технологических процессов.

В «Рекомендациях по защите от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций водоподготовительной установки» [1] приведена классификация четырех основных видов коррозии бетона: выщелачивание, растворение, новообразования и электрокоррозия. В качестве агрессивных факторов рассматриваются:

- растворяющая способность воды (растворение гидрата окиси кальция и гидролиз гидросиликатов и других минералов цементного камня);
- содержание ионов водорода (растворение минералов цементного камня, усиленное действием кислот);

- содержание солей (растворение минералов цементного камня, сопровождающееся обменными реакциями с солями, в первую очередь с солями магния);
- содержание сульфатов (образование гидросульфатоалюмината кальция со значительным увеличением объема);
- содержание сульфатов при одновременном содержании хлоридов (образование водного гипса с тем же эффектом);
- высокое содержание солей при наличии испаряющей поверхности (накопление в порах бетона солей, способных переходить в другие кристаллогидратные формы с изменением объема);
- содержание щелочи (разрушение контактов заполнителя с цементным камнем);
- прохождение постоянного электрического тока (электролиз компонентов цементного камня с разрушением контактов) [1].

Согласно СП 28.13330.2017¹ и РД 153-34.2-21.544-2002² перечень подлежащих выявлению химических показателей, определяющих агрессивность жидких сред по отношению к бетону и арматуре, практически не зависит от состава цемента, марки бетона по водонепроницаемости, коэффициентов фильтрации грунтов основания сооружения, работы его в напорном или безнапорном режиме и включает следующие показатели: водородный показатель (рН), содержание агрессивной углекислоты; содержание магниевых солей в пересчете на ион Mg^{2+} ; содержание аммо-

¹ Защита строительных конструкций от коррозии: СП 28.13330.2017: утв. М-вом стр-ва и жилищ.-комму. хоз-ва Рос. Федерации 27.02.17: введ. в действие с 28.08.17. М., 2017. 115 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293745/4293745483.pdf> (дата обращения: 15.04.2021).

² Методические указания по химическому контролю коррозионных процессов при фильтрации воды через бетонные и железобетонные гидротехнические сооружения: РД 153-34.2-21.544-2002: утв. Департаментом науч.-техн. политики и развития РАО «ЕЭС России» 23.07.02: введ. в действие с 01.01.04. СПб., 2003. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/43/43757/> (дата обращения: 15.04.2021).

нийных солей в пересчете на ион NH_4^+ ; содержание едких щелочей в пересчете на ионы Na^+ и K^+ ; содержание сульфатов в пересчете на сульфат-ион; содержание хлоридов в пересчете на хлорид-ион; суммарное содержание сульфатов, хлоридов, нитратов и других солей при наличии испаряющих поверхностей.

По информации компании Valmont® Irrigation³, содержание в воде повышенных концентраций хлоридов и сульфатов приводит к уменьшению срока службы дождевальных машин, трубопроводы которых обычно сделаны из таких материалов, как оцинкованная сталь, алюминий, легированная сталь, устойчивая к атмосферной коррозии (кортеновская сталь), нержавеющая сталь. Так, трубы, изготовленные из легированной стали, устойчивой к атмосферной коррозии (кортеновской стали), служат немного дольше, чем трубы из углеродистой стали. Трубы из нержавеющей стали чувствительны к содержанию в поливной воде хлоридов выше 40 мг/дм^3 и сульфатов выше 100 мг/дм^3 , они также чувствительны к поливной воде, характеризующейся повышенными и пониженными значениями водородного показателя (рН выше 11 и ниже 4), которые могут иметь место при проведении фертигации и внесении химических мелиорантов для почвы. Алюминиевые трубы чувствительны к содержанию в воде хлоридов и сульфатов выше 50 мг/дм^3 и рН выше 8,2 и ниже 5,0, к химическим препаратам для защиты растений, содержащим серу и медь, а также к фосфорной кислоте и мелиорантам, содержащим серную кислоту.

С. Я. Бездниной [2] предложена классификация оросительной воды по степени минерализации и опасности развития негативных почвенных процессов: натриевого осолонцевания, магниевое осолонцевания, содообразования, хлоридного засоления. Согласно ее классификации в зависимо-

³ Valley® Corrosion Solutions [Electronic resource]. URL: http://az276019.vo.msecnd.net/valmontstaging/irrigation-documents-br/valleyirrigation_corrosionsolutionsoct2014_web.pdf (date of access: 14.04.2021).

сти от анионно-катионного состава, суммарного содержания солей в оросительной воде и гранулометрического состава почвы, которую поливают оцениваемой водой, оросительную воду можно отнести к одному из четырех классов, при этом первый класс – это наиболее благоприятная для полива вода, а вода четвертого класса оказывает негативное влияние как на почву, так и на урожайность возделываемых культур, ее применение требует специального улучшения воды и почвы.

Исследования качества воды для капельного орошения [3, 4] свидетельствуют, что показатели, приведенные в таблице 1, могут указывать на возможность возникновения и степень сложности проблем, связанных с засорением капельниц, воздействием на урожайность культур и токсичностью отдельных ионов. Например, содержание взвешенных веществ указывает на проблемы, связанные с физическим засорением капельниц; высокие значения минерализации, водородного показателя, содержания железа, марганца и сероводорода указывают на проблемы, обусловленные химическим засорением капельниц.

Таблица 1 – Показатели для оценки пригодности воды для систем капельного орошения

Компонент, содержащийся в воде	Степень сложности проблемы		
	Незначительная	Средняя	Высокая
1	2	3	4
Влияние на засорение капельниц			
Физическое засорение			
Взвешенные вещества, мг/л	< 50	50–100	> 100
Химическое засорение			
рН	< 7	7–8	> 8
Железо (Fe), мг/л	< 0,1	0,1–1,5	> 1,5
Марганец (Mn), мг/л	< 0,1	0,1–1,5	> 1,5
Сероводород (H ₂ S), мг/л	< 0,2	0,2–2,0	> 2,0
Минерализация, мг/л	< 500	500–2000	> 2000
Биологическое засорение			
Количество бактерий, шт./л	< 10000	10000–50000	> 50000
Влияние на урожайность культуры			
ЕС, дСм/см	< 0,75	0,75–3,0	> 3,0
Нитраты, мг/л	< 5	5–30	> 30

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Токсичность отдельных ионов			
Бор, мг/л	< 0,7	0,7–3,0	> 3,0
Хлорид, мг/л	< 4	4–10	> 10,0
Хлорид, мг-экв/л	< 142	142–355	> 355
Натрий (SAR)	< 3,0	3–9	> 9

Таким образом, показатели, приведенные в таблице 1, могут являться индикаторами, на основе которых принимаются решения о целесообразности проектирования новых систем капельного орошения и необходимых мерах водоподготовки для предотвращения возникновения проблем, вызванных качеством оросительной воды.

О необходимости комплексного подхода к этой проблеме свидетельствует существование действующего и в настоящее время ГОСТ 17.1.2.03-90⁴, в котором указано, что «для обеспечения комплексной оценки качества воды для орошения следует учитывать агрономические, технические и экологические критерии». Так, агрономические критерии «должны определять качество воды для орошения по ее воздействию на: 1) урожайность сельскохозяйственных культур по валовому сбору и интенсивности развития, 2) качество сельскохозяйственной продукции, в особенности на формирование ее полноценности, доброкачественности и сохранности, 3) почвы – с целью сохранения и повышения плодородия и предотвращения процессов засоления, осолонцевания, содообразования, слитизации и нарушения биологического режима. Технические критерии должны определять качество воды для орошения по воздействию на сохранность и эффективность эксплуатации гидромелиоративных систем и их составных частей. Экологические критерии должны определять качество воды для орошения с учетом необходимости обеспечения безопасной санитарно-гигиенической обстановки на данной территории и охраны окружающей среды».

⁴ ГОСТ 17.1.2.03-90. Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения. Введ. 1991-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1991. 8 с.

Для оценки качества воды в ГОСТ 17.1.2.03-90 предлагается использовать следующие показатели, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Критерии и показатели качества оросительной воды (согласно ГОСТ 17.1.2.03-90)

Показатель качества оросительной воды	Критерий		
	Агрономический	Технический	Экологический
Температура, °С	+	+	–
Водородный показатель (рН)	+	+	+
Удельная электропроводность, мкСм·см ⁻¹ при 25 °С	+	+	–
Сумма растворенных веществ, мг/дм ³	+	+	+
Содержание катионов, мг/дм ³			
натрий	+	+	–
калий	+	–	–
кальций	+	+	–
аммоний	+	+	+
магний	+	+	–
Содержание анионов, мг/дм ³			
хлорид	+	–	–
сульфат	+	+	–
карбонат	+	+	+
гидрокарбонат	+	+	+
нитрат	+	+	+
нитрит	+	+	+
фосфат	+	+	+
Содержание микроэлементов, мг/дм ³			
марганец	+	+	+
железо	+	+	+
медь	+	–	+
бор	+	–	+
фтор	+	–	+
кобальт	+	–	+
цинк	+	–	+
молибден	+	–	+
Примечание – «+» – показатель подлежит нормированию; «–» – показатель не подлежит нормированию.			

Оценку качества воды проводят также с использованием широкого спектра расчетных показателей, вычисляемых по содержанию ионов в оросительной воде, к ним относятся SAR (показатель адсорбируемого натрия из оросительной воды) [5], CROSS [cation ratio for soil structural stability]

(соотношение катионов для структурной устойчивости почвы) [6], классы оросительной воды [2] и др. Для большинства показателей, в т. ч. интегральных, существуют классификации, определяющие диапазоны значений, которые являются основанием для принятия решений по управлению, проектированию, разработке мелиоративных мероприятий и др.

Кроме учета общепринятых и широко распространенных показателей качества воды разрабатываются шкалы и классификации, учитывающие особенности конкретной местности, примером могут служить разработанные Э. Б. Дедовой шкалы применительно к условиям Калмыкии [7].

Материалы и методы. Для проведения исследований были использованы нормативные документы, данные отчетов федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский НИИ проблем мелиорации», открытые источники в сети Интернет, научно-техническая литература. Методами исследований были сбор, обработка, анализ и синтез данных.

Обсуждение. На основе проведенного литературного обзора материалов предлагается осуществлять сбор данных о качестве воды, забираемой ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения», на основе документов, разрешающих использование воды, в т. ч. решений о предоставлении водных объектов в пользование, по форме, представленной в таблице 3.

Таблица 3 – Форма сбора данных о качестве воды

Наименование ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения»	Наименование водохозяйственной системы (ВХС)	Код ВХС в системе ведомственной (Министерства сельского хозяйства) кодировки
1	2	3

Продолжение таблицы 3

Договор (Д), лицензия (Л), решение (Р)		
Тип (Д, Л, Р)	Номер Д, Л, Р	Дата
4	5	6

Продолжение таблицы 3

Источник водоснабжения				
Водный объект	Код водного объекта	Расстояние от устья, км	Координата точки отбора	
			Широта	Долгота
7	8	9	10	11

Продолжение таблицы 3

Показатель качества воды 1			
Дата отбора пробы	Реквизиты протокола лаборатории, выполнившей определение показателя	Водородный показатель	Единицы pH
12	13	14	15

Продолжение таблицы 3

Показатель качества воды 2			
Дата отбора пробы	Реквизиты протокола лаборатории, выполнившей определение показателя	Удельная электропроводность	мкСм/см при 25 °С
16	17	18	19

В таблице 3 в качестве примера указаны только два контролируемых показателя; согласно ГОСТ 17.1.2.03-90 таких показателей, перечисленных в таблице 2, должно быть 24, что увеличит количество столбцов в форме до 107.

Для заполнения соответствующих столбцов формы следует:

- в столбце 1 указать наименование ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения»;
- в столбце 2 указать наименование ВХС, проходящее по проектной документации и заявляемое при подаче сведений для паспортизации ВХС;
- в столбце 3 указать код ВХС в системе ведомственной (Министерства сельского хозяйства) кодировки, обычно указываемый при заполнении сведений для внесения в государственный водный реестр и государственный мониторинг водных объектов, используемых в целях мелиорации;
- в столбцы с 4 по 6 внести данные о документе, на основании которого осуществляется водопользование. Обычно эти сведения вносятся в форму статистической отчетности 2-ТП (водхоз) в разделе 1 «Забрано из природных источников, получено от поставщиков, использовано, передано и потеряно воды» в столбцах с 1 по 3;

- в столбцы с 7 по 11 внести данные об источнике водоснабжения. Эти данные обычно содержатся в документах, предоставляющих право пользования водным объектом;

- в столбцах с 13 по 15 содержатся данные из протоколов аналитических аккредитованных лабораторий по одному из показателей, так, в нашем примере это водородный показатель. В следующих четырех столбцах содержится информация о показателе «удельная электропроводность». Блок из четырех столбцов соответствует каждому из 24 показателей, предлагаемых для мониторинга.

Расчет стоимости анализов, предоставленный эколого-аналитической лабораторией ФГБНУ «РосНИИПМ» 15.04.2021, показал, что для одной пробы стоимость должна составлять порядка 10300 руб. При условии проведения ежемесячных анализов в период подачи оросительной воды, составляющий до 8 месяцев, для одной точки водозабора необходимо будет проводить анализов на сумму: $10300 \text{ руб.} \times 8 \text{ месяцев} = 82400 \text{ руб.}$ При условии, что каждое из функционирующих в настоящее время 79 ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения» будет проводить эти анализы для одной точки отбора по каждой оросительной системе, которых согласно «Научному докладу о результатах ведения государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации»⁵ за 2019 г. было 669 единиц, понадобится сумма 55125600 руб.

На основе собранных сведений могут быть разработаны карты, графически отображающие различные показатели, характеризующие качество воды, напрямую и посредством различных интегральных показателей,

⁵ Провести исследования и подготовить научный доклад о результатах ведения государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации: отчет о НИР (заключ.): 2.1.2.1 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Гостищев В. Д. Новочеркасск, 2019. 36 с. Исполн.: Гостищев В. Д. [и др.]. Рег. № НИОКТР АААА-А19-119021190088-2. Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219122790040-7.

а также градации в зависимости от применяемой классификации по показателям. Например, на основе показателя электропроводности оросительной воды можно осуществить подбор культур, возделывание которых будет осуществляться без снижения урожайности. Классификация оросительной воды по электропроводности представлена в таблице 4 [3]. На карте будут отображаться зеленым цветом те ВХС, которые используют для орошения воду с электропроводностью менее 0,65 дСм/м, что означает отсутствие ограничений при выборе сельскохозяйственных культур. Если электропроводность оросительной воды, применяемой на ВХС, будет находиться в диапазоне от 1,3 до 2,9 дСм/м, что будет соответствовать желтому цвету на карте, то для этой ВХС будет нецелесообразно возделывать чувствительные к повышенной электропроводности воды культуры, такие как фасоль, баклажан, морковь, земляника и др. При условии их возделывания урожай будет существенно снижен и получить максимальную эффективность функционирования данной ВХС не получится.

Таблица 4 – Классификация оросительной воды по электропроводности

Электропроводность воды, дСм/м	Классификация оросительной воды по минерализации (уровень содержания растворимых солей)	Цвет на карте
< 0,65	Низкий	Зеленый
0,65–1,30	Средний	Синий
1,3–2,9	Высокий	Желтый
2,9–5,2	Очень высокий	Оранжевый
> 5,2	Экстремально высокий	Красный

Реализация данного предложения возможна при использовании технологий географических информационных систем (ГИС). ГИС – это интерактивная система сбора, отображения пространственно-организованных данных и доступа к ним, ориентированная на возможность принятия научно обоснованных управленческих решений [8]. ГИС-технологии активно развиваются в настоящее время. Сегмент рынка, нацеленный на предоставление ГИС-компьютерных технологий, включает такие фирмы, как Au-

todesk, Bentley Systems, ENVI ERDAS IMAGINE, Esri, Intergraph, MapInfo, Smallworld [9]. В российском сегменте имеется отечественная разработка ГИС компании ЦСИ «Интегро» «ИнГЕО» [10].

Анализ используемых геоинформационных программных продуктов, применение которых позволит реализовать данное предложение, показывает, что для создания ГИС в области мелиорации наиболее распространенным и хорошо себя зарекомендовавшим является семейство программных продуктов ArcGIS, разработанное американской компанией Esri [11].

Выводы. Разработанные интерактивные карты, отображающие различные показатели оросительных систем, могут быть эффективно применены в процессе управления, в т. ч. они способны улучшить результативность и оперативность принятия обоснованных решений. В ходе дальнейшего перспективного развития ГИС может быть предусмотрена интеграция интерактивных карт мелиоративных систем с другими автоматизированными системами, например SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных). Разработанные карты могут быть полезны не только министерствам и департаментам сельского хозяйства федерального и регионального уровней, но и широкому кругу заинтересованных в развитии оросительных мелиораций сельскохозяйственных товаропроизводителей и инвесторов, планирующих строительство или реконструкцию ВХС.

Список источников

1. Олимпиев Б. Г. Рекомендации по защите от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций водоподготовительной установки [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200035522> (дата обращения: 14.04.2021).
2. Безднина С. Я. Экологические основы водопользования. М.: ВНИИА, 2005. 224 с.
3. Воеводина Л. А. Оценка качества воды для систем капельного орошения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. / ФГНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск: Геликон, 2009. Вып. 42. С. 174–179.
4. Rogers D. H., Lamm F. R., Alam M. MF-2575. Subsurface Drip Irrigation (SDI) Systems Water Quality Assessment Guidelines [Electronic resource]. URL: <https://www.ksre.k-state.edu/sdi/reports/2003/mf2575.pdf> (date of access: 16.04.2021).

5. Water quality for agriculture [Electronic resource]. URL: <http://www.fao.org/3/t0234e/t0234e01.htm> (date of access: 20.04.2021).
6. Rengasamy P. Irrigation water quality and soil structural stability: A perspective with some new insights // *Agronomy*. 2018. 8(5). 72. <https://doi.org/10.3390/agronomy8050072>.
7. Дедова Э. Б. Зональная шкала оценки качества поливных вод Республики Калмыкия // *Синергия*. 2018. № 1. С. 88–95.
8. Бандюк А. В. Оценка эффективности функционирования геоинформационной системы // *Современные научные исследования и инновации* [Электронный ресурс]. 2017. № 9. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/09/84303> (дата обращения: 16.04.2021).
9. Шарапов Н. Р. Эффективность применения ГИС-технологий [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-gis-tehnologiy> (дата обращения: 16.04.2021).
10. Опыт создания пилот-проекта ГИС территории горнопромышленного комплекса в среде «ИнГео» [Электронный ресурс] / В. Е. Коновалов, М. О. Синегубова, Т. А. Булыгина, В. В. Реннер. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-sozdaniya-pilot-proekta-gis-territorii-gornopromyshlennogo-kompleksa-v-srede-ingeo/viewer> (дата обращения: 16.04.2021).
11. Использование результатов геодезической съемки ГТС при формировании геоинформационных баз данных / Д. А. Осипенко, А. А. Кузьмичёв, А. Н. Рыжаков, Д. В. Мартынов // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. 2020. № 1(77). С. 132–136.

References

1. Olimpiev B.G. *Rekomendatsii po zashchite ot korrozii betonnykh i zhelezobetonnykh stroitel'nykh konstruksiy vodopodgotovitel'noy ustanovki* [Recommendations for corrosion protection of concrete and reinforced concrete constructions of a water treatment plant], available: <https://docs.cntd.ru/document/1200035522> [accessed 14.04.2021]. (In Russian).
2. Bezdina S.Ya., 2005. *Ekologicheskiye osnovy vodopol'zovaniya* [Ecological Bases of Water Use]. Moscow, VNIIA, 224 p. (In Russian).
3. Voevodina L.A., 2009. *Otsenka kachestva vody dlya sistem kapel'nogo orosheniya* [Assessment of water quality for drip irrigation systems]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya: sbornik statey FGBNU "RosNIIPM"* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture: Collection of Articles of Russian Research Institute of Land Improvement Problems]. Novocherkassk, Helikon Publ., iss. 42, pp. 174-179. (In Russian).
4. Rogers D.H., Lamm F.R., Alam M. MF-2575. Subsurface Drip Irrigation (SDI) Systems Water Quality Assessment Guidelines, available: <https://www.ksre.k-state.edu/sdi/reports/2003/mf2575.pdf> [accessed 16.04.2021].
5. Water Quality for Agriculture, available: <http://www.fao.org/3/t0234e/t0234e01.htm> [accessed 20.04.2021].
6. Rengasamy P., 2018. Irrigation water quality and soil structural stability: A perspective with some new insights. *Agronomy*, 8(5), 72, <https://doi.org/10.3390/agronomy8050072>.
7. Dedova E.B., 2018. *Zonal'naya shkala otsenki kachestva polivnykh vod Respubliki Kalmykiya* [Zonal scale for assessing the quality of irrigation water in the Republic of Kalmykia]. *Sinergiya* [Synergy], no. 1, pp. 88-95. (In Russian).
8. Bandyuk A.V., 2017. *Otsenka effektivnosti funktsionirovaniya geoinformatsionnoy sistemy* [Efficiency assessment of the geoinformation system functioning]. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii* [Modern Scientific Research and Innovations], no. 9, available: <https://web.snauka.ru/issues/2017/09/84303> [accessed 16.04.2021]. (In Russian).
9. Sharapov N.R. *Effektivnost' primeneniya GIS-tehnologiy* [Efficiency of GIS-technologies application], available: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-gis-tehnologiy> [accessed 16.04.2021]. (In Russian).

10. Konovalov V.E., Sinegubova M.O., Bulygina T.A., Renner V.V. *Opyt sozdaniya pilot-proekta GIS territorii gornopromyshlennogo kompleksa v srede "InGeo"* [Experience of creating a pilot project for GIS of the territory of a mining complex under the InGeo environment], available: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-sozdaniya-pilot-proekta-gis-territorii-gornopromyshlennogo-kompleksa-v-srede-ingeo/viewer> [accessed 16.04.2021]. (In Russian).

11. Osipenko D.A., Kuzmichev A.A., Ryzhakov A.N., Martynov D.V., 2020. *Ispol'zovanie rezul'tatov geodezicheskoy s"emki GTS pri formirovanii geoinformatsionnykh baz daniykh* [Using the results of geodetic survey of the GTS in the formation of geoinformation databases]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(77), pp. 132-136. (In Russian).

Информация об авторе

Л. А. Воеводина – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the author

L. A. Voyevodina – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 28.04.2021; одобрена после рецензирования 31.05.2021; принята к публикации 10.06.2021.

The article was submitted 28.04.2021; approved after reviewing 31.05.2021; accepted for publication 10.06.2021.