

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Обзорная статья

УДК 631.67:631.452

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-168-185

Особенности изменения мелиоративного состояния и почвенного плодородия при регулярном орошении и в постмелиоративный период земель юга России

Александр Николаевич Бабичев¹, Лидия Михайловна Докучаева²,
Рита Евгеньевна Юркова³

^{1, 2, 3}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹babichevan2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>

²dokuchaeva_lm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4831-7640>

³rita6161@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8275-5834>

Аннотация. Цель: установить особенности изменения мелиоративного состояния и почвенного плодородия земель юга России при регулярном орошении и в постмелиоративный период. **Обсуждение.** Рассмотрены причины поднятия уровня грунтовых вод (УГВ) при регулярном орошении: расположение систем в поймах рек или на I и II террасах, проектирование на оросительных системах крупных участков орошения площадью около 1000 га, проектирование и строительство каналов и оросительной сети в земляном русле и т. д. Основными факторами, влияющими на ухудшение мелиоративного состояния и снижение почвенного плодородия орошаемых земель (вторичное засоление, осолонцевание, переувлажнение, переуплотнение, дегумификация и др.), являются природные и техногенные. Природные – климат, геологическое строение, геоморфологические условия, рельеф, естественная дренированность земель, геохимические и гидрогеологические условия, типы и свойства почв (фильтрационные и др.), их природная засоленность и солонцеватость, плодородие и др. Техногенные – КПД оросительных систем и их водообеспеченность, способы орошения и техника полива, режим орошения, спланированность поливных карт, типы и параметры дренажных систем, качество поверхностных и дренажных вод, используемых для орошения, технический уровень эксплуатации гидромелиоративных систем. **Выводы.** Снижение водной нагрузки в постмелиоративный период способствовало при наличии естественной и искусственной дренированности понижению УГВ и частично вторичного засоления и осолонцевания, при этом почвы не достигают показателей фоновых уровней в целом. При реконструкции и строительстве новых оросительных систем должна соблюдаться комплексность и последовательность проводимых мероприятий, направленных на предотвращение повышения УГВ, засоления и осолонцевания почв.

Ключевые слова: мелиоративное состояние, почвенное плодородие, длительное орошение, уровень грунтовых вод, оросительная норма, минерализация, дренаж

Для цитирования: Бабичев А. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Особенности изменения мелиоративного состояния и почвенного плодородия при регулярном орошении и в постмелиоративный период земель юга России // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 2. С. 168–185. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-168-185>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Review article

Features of changes in the reclamative state and soil fertility by regular irrigation and in the post-reclamation period of the southern Russian lands

Alexandr N. Babichev¹, Lidiya M. Dokuchayeva², Rita Ye. Yurkova³

^{1, 2, 3}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹babichevan2006@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1146-7530>

²dokuchaeva_lm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4831-7640>

³rita6161@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8275-5834>

Abstract. Purpose: to reveal the features of changes in the reclamative state and soil fertility of the lands in the southern Russia by regular irrigation and in the post-reclamation period. **Discussion.** The reasons for raising the water table (GWL) by regular irrigation are considered: the location of systems in the floodplains of rivers or on terraces I and II, the design of large irrigation plots with an area of about 1000 hectares on irrigation systems, the design and construction of canals and an irrigation network in an earthen channel etc. The main factors influencing the deterioration of the reclamative state and the soil fertility decrease of irrigated land (secondary salinization, alkalization, waterlogging, overconsolidation, dehumification, etc.) are natural and technogenic factors. Natural ones are climate, geological structure, geomorphological conditions, relief, natural drainage of lands, geochemical and hydrogeological conditions, types and properties of soils (filtration, etc.), their natural salinity and alkalinity, fertility, etc. Technogenic ones are the efficiency of irrigation systems and their water supply, irrigation methods and technique, irrigation regime, irrigation map planning, types and parameters of drainage systems, quality of surface and drainage waters used for irrigation, technical level of operation of irrigation and drainage systems. **Conclusions.** The decrease in water load in the post-reclamation period, in the presence of natural and artificial drainage contributed to a decrease of water table and partially secondary salinization, alkalization, while the soils do not reach the background levels in general. During the reconstruction and construction of new irrigation systems, the complexity and sequence of the measures taken to prevent the increase in GWL, salinization and alkalization of soils should be observed.

Keywords: reclamative state, soil fertility, long-term irrigation, water table, irrigation rate, mineralization (salinity), drainage

For citation: Babichev A. N., Dokuchayeva L. M., Yurkova R. Ye. Features of changes in the reclamative state and soil fertility by regular irrigation and in the post-reclamation period of the southern Russian lands. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(2):168–185. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-168-185>.

Введение. Анализ мелиоративного состояния орошаемых земель Ростовской области за пятидесятилетний период (1952–2001 гг.), проведенный Почвенным институтом им. В. В. Докучаева, позволил установить три этапа состояния. На первом этапе (1952–1982 гг.) выявилось плохое техническое состояние оросительных систем (ОС), отсутствие дренажа (бездренажный вариант), массивированное орошение высокими нормами привело

к подъему уровня грунтовых вод (УГВ), вторичному засолению и осолонцеванию. Во втором периоде (1982–1990 гг.), когда реконструировались ОС посредством строительства дренажа на землях, не обладающих естественной дренированностью, проявилось улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель. Третий этап (1990–2001 гг.) связан с перестройкой в стране. В этот период произошло сокращение орошаемых площадей и вывод из орошения земель с неудовлетворительным мелиоративным состоянием. На этапе в постперестроечный период ситуация на орошаемых землях противоречивая, орошаемые площади сокращаются, грунтовые воды в долине рек остаются на уровне, близком к поверхности, сохраняется вторичная солонцеватость [1]. Аналогичные ситуации складывались и в других регионах России [2–10].

На настоящий момент разработана государственная программа, в которой огромное внимание уделяется вопросам организации рационального водопользования на ОС, а также сохранения и повышения плодородия орошаемых земель¹.

Для успешного решения этих вопросов важно принять в расчет опыт предшествовавшего периода. Опыт таков, что многие ученые и практики поставили под сомнение концепцию развития орошения в Средней Азии, взятую на вооружение после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС, так как не учитывались существенные различия между почвенно-климатическими условиями Средней Азии и юга России [11, 12].

Цель исследований – установить особенности изменения мелиоративного состояния и почвенного плодородия при регулярном орошении и в постмелиоративный период земель юга России.

¹О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации (с изменениями на 16 марта 2022 года) [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Рос. Федерации от 14 мая 2021 г. № 731. URL: <https://docs.cntd.ru/document/603604725> (дата обращения: 06.01.2023).

Обсуждение. В среднеазиатских республиках орошение развивается в полупустынной и пустынной зонах с высокими температурами, незначительным количеством осадков, с преобладанием легких суглинистых и супесчаных почв. В этих условиях постоянное орошение является неукоснительным требованием.

Орошение в России развивается в основном на юге – в степной и сухостепной зонах при наличии почв тяжелого гранулометрического состава. Н. Г. Минашина писала, что еще В. В. Докучаев утверждал: «...Одна из сложнейших задач – правильная организация в степи водного хозяйства». Он считал, что проблема искусственного орошения почв должна рассматриваться как дополнительное их увлажнение в комплексе со всеми природными условиями и с учетом качества оросительных вод. Но, к сожалению, эти и многие другие рекомендации В. В. Докучаева не были приняты к сведению при массовом развитии орошения [13].

В 50-х гг. прошлого столетия были сооружены первые ОС в Ростовской области (Азовская, Нижне-Донская, Пролетарская, Багаевско-Садковская) и в Ставропольском крае (Право-Егорлыкская и др.). Первая ошибка заключалась в расположении систем в поймах рек или на I и II террасах, что предопределило быстрый подъем грунтовых вод.

Так, например, режимные наблюдения на ключевых участках Ростовской области показали, что на участках: с. Самарское, х. Красный, Верхнесоленный, ст. Романовская, Хомутовская, Егорлыкская, г. Сальск, Пролетарск, с. Ремонтное, Песчанокопское, г. Волгодонск, с. Большая Мартыновка, г. Семикаракорск, внутригодовая амплитуда УГВ составляет 0,4–1,0 м. На участках: ст. Багаевская, п. Веселый, Зимовники, ст. Манычская, она колеблется от 1,0 до 1,5 м, а максимальная амплитуда 1,5 м и более отмечена на участках: г. Зерноград, Батайск, п. Целина, х. Елкин².

²Зубков Е. А. Грунтовые воды юга Ростовской области и их влияние на подтопление территорий населенных пунктов: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36. Ростов н/Д., 2016. 24 с.

Второй причиной пополнения грунтовых вод явилось проектирование на ОС крупных участков орошения площадью около 1000 га. Массивы орошения разделялись на следующие категории: 811 тыс. га – крупные, 760 тыс. га – средние и 374 тыс. га – мелкие. Увеличение размеров участков способствовало возрастанию водной нагрузки на собственно орошаемые почвы и оказывало отрицательное влияние на экологическую ситуацию прилегающих территорий в виде их подтопления. Это очень важно. Так, например, в Центрально-Черноземной области (ЦЧО) орошаемое земледелие рассредоточено локально небольшими участками площадью менее 500 га и их мелиоративное состояние в основном хорошее. Кроме этого, система орошения в этом регионе базировалась на машинном водоподъеме с наличием трубчатой оросительной сети с КПД 0,97–0,98 [14].

Следующей причиной поднятия УГВ к поверхности явилось проектирование и строительство каналов и оросительной сети в земляном русле и принятие при проектировании бездренажного варианта. Крупные оросительные каналы в земляных руслах, кроме непосредственного питания грунтовых вод, служат источником их «местного напора», так как поддерживают УГВ на высоких отметках. Практически все ОС юга России расположены в слабодренированных и бессточных условиях [12].

Картина изменения глубин залегания грунтовых вод на I и II надпойменных террасах Дона и Западного Маныча за период орошения (с 1949 по 1967 г.) на территории Азовской ОС наглядно представлена в работе Г. И. Андреева [15]. Подъем УГВ наблюдался как на I, так и на II террасе долин обеих рек. На I террасе их подъем произошел за 1–2 года, на II – за 5 лет. Затем подъем УГВ происходил более медленными темпами, а с началом строительства дренажа на этой территории с 1965 г. по Ростовской области в целом уровень понизился на 0,3–0,5 м.

Но в практике проектирования дренажной сети были следующие недостатки:

- недостаточная изученность баланса грунтовых вод, неучтенность их напора и количества атмосферных осадков привели к увеличению междренних расстояний, которые не обеспечили отток грунтовых вод;

- отсутствие прогнозов режима грунтовых вод затягивало сроки строительства дренажа, а его выполнение уже после возникновения негативных процессов (близкое залегание грунтовых вод, засоление и осолонцевание) очень сложно;

- эксплуатация дренажных систем также имеет много недостатков, а именно: несвоевременный ремонт и очистка дрен, наличие перемычек в открытой сети и т. д. Это приводит к повышению фактических горизонтов воды в открытых дренах. Дренаж утрачивает свое назначение и зачастую превращается в источник питания грунтовых вод;

- эффективность работы дренажа непосредственно зависит от КПД, водоподачи и качества эксплуатации ОС.

С поднятием УГВ начались процессы вторичного засоления и осолонцевания. При орошении пресными водами они проявлялись на уровне капиллярной каймы [16, 17]. Так, на Азовской ОС в орошение была вовлечена территория в геоморфологическом отношении бессточная, почвенный покров которой представлен черноземами обыкновенными глубокозасоленными (200–250 см). Глубина залегания грунтовых вод до орошения здесь составляла 4,5–5,0 м с минерализацией более 5 г/дм³. Через 30 лет было выявлено, что на этом участке почвы из разряда глубокозасоленных трансформировались в солончаковые и солончаковатые разновидности с УГВ 1,3–1,5 м.

Аналогичные результаты получены на черноземах Ставропольского края. В первые годы орошения ухудшение гидрологических условий ничем не предотвращалось. Земли осваивались без дренажа с орошением из открытых каналов в земляном русле. Под влиянием быстрого подъема УГВ, достигших критических глубин (1–2 м), начались процессы переувлажне-

ния, вторичного засоления, осолонцевания. Это проявилось на Азовской, Багаевско-Садковской, Донской, Нижне-Донской и других ОС Ростовской области, на Право-Егорлыкской и других системах Ставропольского края, на Кутулукской, Черновской, Толстовской ОС Поволжья.

Однако на технически оснащенных системах подъема грунтовых вод практически не происходит. Примером могут служить Миусская ОС в Ростовской области, Ольгинская ОС в Самарской области и ОС ЦЧО.

Примером неразумного орошения является Азовская ОС. Уже в момент проектирования возникли противоречия. Главное заключалось в том, что система должна была располагаться на тот момент на высокоплодородных остаточно-луговых обыкновенных черноземах, приуроченных к низким Донским и Манычским террасам с довольно близким расположением грунтовых вод (3–6 м), и планировалось для полива использовать воды Веселовского водохранилища с минерализацией более 1,4 г/дм³ сульфатно-натриевого состава. При эксплуатации системы почвенный покров подвергался двойному неблагоприятному воздействию со стороны как грунтовых вод, так и поливной воды. На настоящий момент Азовская ОС входит в состав систем с самым неблагоприятным мелиоративным состоянием в Ростовской области, если не считать рисовые [1].

Одной из причин снижения почвенного плодородия является орошение минерализованными водами. Так, на Миусской ОС, где грунтовые воды расположены глубже 16 м и не поднимаются к поверхности, благодаря полностью закрытой ОС лучшие черноземы России претерпели существенные изменения при длительном орошении слабоминерализованными водами (более 1,3 г/дм³) сульфатно-натриевого состава. В этих почвах обнаруживается щелочность (более 1,3 ммоль(экв)/100 г) и солонцеватость в пределах 7 % от суммы почвенного поглощающего комплекса (ΣППК). Почвами потеряна структурность, в ней отсутствуют водопрочные агрегаты. Плотность сложения почв (1,34 т/м³) характеризует пахотный слой как

сильно уплотненный. Количество гумуса составило 3,22 % при оптимальном его значении более 4,2 %, ухудшился его качественный состав, трансформировавшийся из фульватно-гуматного в гуматно-фульватный. Несмотря на поливы минерализованной водой, засоления этих почв не наблюдается, благодаря вымыванию осенне-зимними осадками [17]. Проведенные исследования на черноземах с длительным сроком орошения даже пресной водой показали существенные изменения их свойств, а именно: смещение карбонатов вглубь, перестройка ППК в сторону накопления магния, уменьшение содержания гумуса с трансформацией его качественного состава из фульватно-гуматного в гуматно-фульватный.

Одной из ошибок также было вовлечение в орошение земель комплексного покрова, обладающих природной солонцеватостью, без рекомендаций по проведению химической мелиорации, обогащению почв органикой. В результате орошения зональные почвы, занимающие большие площади, чем пятна солонцов, приобрели свойства, характерные для солонцовых почв. Их плодородие значительно снизилось. Так, например, черноземы южные, находящиеся в комплексе с солонцами, стали обладать большей щелочностью (1,2 ммоль(экв)/100 г), чем солонцы (0,94 ммоль(экв)/100 г). В 40-сантиметровом слое черноземов южных содержание обменного натрия составило 3 % (до орошения – менее 2 %), а на солонце 5 % (до орошения 7 %), т. е. в результате миграции почвенных процессов произошло перемещение ионов натрия, так же как и кальция [18]. В целом весь массив с комплексным покровом приобрел неблагоприятные свойства.

Неупорядоченное водопользование также привело к ухудшению мелиоративного состояния и почвенного плодородия орошаемых земель [19, 20]. Для получения высокой урожайности возделываемых культур поливы осуществлялись по требованию культур, т. е. нормы рассчитывались строго по дефициту влагозапасов по наименьшей влагоемкости (НВ). Они со-

ставляли 2500–3000 м³/га для пропашных культур и до 5000 м³/га для многолетних трав и овощей.

Такие нормы не соответствовали водопотребности почв, что ухудшало мелиоративное состояние земель и в целом экологическое состояние агроландшафтов. Завышение поливных норм приводило на участках с непромывным типом водного режима к застойному режиму, при котором начинают преобладать восстановительные условия (анаэробные). Переход почв к окислительному состоянию происходит очень медленно в течение 1–1,5 месяцев даже при создании аэробных условий. В данных условиях почвенные процессы приобретают необратимый характер. Особенно черноземные почвы утрачивают характерные для них свойства, появляется слитость, увеличивается подвижность органического вещества, возникают аморфные формы железа, вызывающие деструкцию почв. Ученые доказали, что экологически благоприятные оросительные нормы, сохраняющие хорошую мелиоративную ситуацию и почвенное плодородие, значительно ниже [21–23].

Безусловно, для получения запланированной урожайности растение должно получить определенное количество воды (~ 0,8 НВ), но для протекания естественных процессов почвообразования влаги требуется значительно меньше. В связи с этим необходимо искать пути снижения водной нагрузки, чтобы в определенное время создавать естественные условия почвообразования, позволяющие устранять риски возникновения негативных процессов.

Сама практика использования орошаемых земель после 1990 г. выявила новый подход к их освоению. Из-за сложившихся экономических условий, а также с отмиранием животноводческой отрасли освоение земель перестроилось в сторону высокодоходных культур, а именно зерновых (пшеница) и технических (подсолнечник), которые практически не поливаются. На орошении в Ростовской области возделывают в основном

сою, кукурузу на зерно, корнеплоды, овощи. Землепользователи на поливных землях вместо севооборотов придерживаются следующей схемы: два года выращиваются влаголюбивые культуры (картофель, капуста) с оросительными нормами 2200–3200 м³/га, на третий год – морковь и свекла с поливной нормой 350–400 м³/га для получения всходов, на четвертый – зерновые без поливов с последующей сидерацией, на пятый год – кукуруза на зерно или подсолнечник без поливов. Орошение земель начало осуществляться хаотично, приближаясь к циклическому, в котором чередуются орошаемые и неорошаемые режимы.

В среднем за 5 лет при таком виде орошения ежегодная оросительная норма составляет 1500–1200 м³/га, т. е. водная нагрузка на почвы снижена почти в 2 раза.

По данным РосНИИПМ, на Багаевско-Садковской системе Ростовской области при таком орошении, осуществляемом около 16 лет, понизились УГВ до 2,5 м, устранена щелочность в метровом слое, снизилась солонцеватость в 2 раза в слое 40–100 см, который находился при регулярном орошении под воздействием близкого залегания грунтовых вод [18].

На Миусской системе, где орошение проводилось слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава, при снижении водной нагрузки восстановительные процессы чернозема обыкновенного, протекающие в течение 13 лет, охватили 40-сантиметровый слой, в котором исчезла щелочность, солонцеватость снизилась в 2 раза и достигла 2 % от ΣППК, количество гумуса увеличилось на 0,04 %. Как видно из полученных результатов, восстановительные процессы затягиваются на долгий срок, а вторичная солонцеватость сохраняется, свойства почв не дотягивают до градаций фоновых значений черноземов. Это подтверждено в работе А. Ф. Новиковой [1].

Аналогичные результаты получены на Алейской ОС Алтайского края. Здесь при сокращении оросительных норм в связи с недофинансированием

мелиоративных работ с 1990 г. произошло снижение УГВ до 5,9 м [24]. Эти данные указывают на необходимость перехода в степной и сухостепной зонах на новый вид орошения – циклический, сочетающий неорошаемый и орошаемый режим [25].

Учитывая практику орошения прошлых лет, при реконструкции длительно используемых и строительстве новых ОС следует придерживаться следующих положений [26–31]:

- для обоснования проводимых работ использовать данные гидрогеолого-мелиоративных, почвенно-мелиоративных и инженерно-геологических наблюдений;

- повысить водообеспеченность посредством строительства водохранилищ, накопительных бассейнов, переустройства всех каналов и внутрихозяйственной сети, применения антифильтрационных покрытий, перейти на локальные участки орошения, поддерживать оптимальные мелиоративные режимы. Резервом повышения водообеспеченности территории является также использование для орошения местного стока, животноводческих стоков и очищенных сточных вод;

- придерживаться условий применения дренажа, а именно:

- а) развитие оросительных мелиораций возможно без применения дренажа при хорошей дренированности массива и глубоком исходном положении УГВ. В этом случае возможны два варианта: применение дренажа потребуется через 10–20 лет и применение дренажа не понадобится в ближайшие годы и в отдаленной перспективе;

- б) благоприятные условия применения дренажа складываются при наличии хорошо проницаемых водоносных пластов, возможности применения вертикального и комбинированного дренажа или создания бассейнов – накопителей грунтовых вод для развития орошения. В этом случае дренажные мероприятия будут необходимы через 5–10 лет, частично через

10–15 лет, и лучший вариант – дренаж необходимо построить одновременно с вводом в эксплуатацию оросительной сети;

- сложные условия применения мелиоративного дренажа связаны с преобладанием слабопроницаемых отложений и «напорного питания» из глубоких водоносных горизонтов. Такие условия могут быть характерны как для водораздельных равнин с относительно глубоким исходным залеганием водоупорных прослоек, так и для низин с близким их расположением или интенсивным напорным питанием. На таких территориях требуются дорогостоящие мелиоративные мероприятия;

- при наличии водоупорных покровных отложений применение дренажа либо трудноосуществимо, либо его строительство вообще нецелесообразно.

Все эти условия применения дренажа должны оцениваться на основе региональных гидрогеологических прогнозов и анализа особенностей геофильтрационного строения массивов, на которых предлагается развитие мелиораций. Для ориентированных прогнозных оценок необходима информация об исходных глубинах УГВ. Для зоны орошения можно воспользоваться следующими градациями:

- 0–5 м – дренаж необходим с начала орошения;
- 5–10 м – дренаж понадобится через 2–12 лет;
- 10–20 м – дренаж не требуется.

Далее следует привести в порядок земли, исключив засоление, солонцеватость, переувлажнение и т. д.

Выводы. Основными факторами, влияющими на ухудшение мелиоративного состояния и снижение почвенного плодородия орошаемых земель, являются природные и техногенные. Природные – климат, геологическое строение, геоморфологические условия, рельеф, естественная дренированность земель, геохимические и гидрогеологические условия, типы и свойства почв (фильтрационные и др.), их природная засоленность и со-

лонцеватость, плодородие и др. Техногенные – КПД ОС и их водообеспеченность, способы орошения и техника полива, режим орошения, спланированность поливных карт, типы и параметры дренажных систем, качество поверхностных и дренажных вод, используемых для орошения, технический уровень эксплуатации гидромелиоративных систем.

Снижение водной нагрузки в постмелиоративный период способствовало при наличии естественной и искусственной дренированности понижению УГВ и частично вторичного засоления и осолонцевания, при этом почвы не достигают показателей фоновых уровней в целом.

При реконструкции и строительстве новых ОС должна соблюдаться комплексность и последовательность проводимых мероприятий, направленных на предотвращение повышения УГВ, засоления и осолонцевания почв.

Список источников

1. Новикова А. Ф. Мелиоративное состояние орошаемых земель Ростовской области // Почвоведение. 2008. № 5. С. 599–613.
2. Гогмачадзе Г. Д., Гогмачадзе Л. Г. О некоторых результатах агроэкологического мониторинга почв и земельных ресурсов Российской Федерации в 2019 году // АгроЭкоИнфо [Электронный ресурс]. 2021. № 4. С. 1–27. URL: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/4/st_410.pdf (дата обращения: 16.01.2023).
3. Ольгаренко Г. В., Булгаков В. И., Мазурова И. С. Техничко-эксплуатационные параметры гидромелиоративных систем и экологическое состояние орошаемых земель юга России // Вестник мелиоративной науки. 2021. № 3. С. 83–92.
4. Ресурсный потенциал развития мелиорации в Поволжье / В. А. Шадских, Е. В. Кижаяева, Л. Г. Романова, О. Л. Рассказова // Вестник мелиоративной науки. 2019. № 3. С. 73–79.
5. Елисеев В. В., Рябцева Н. А. Мониторинг почв Ростовской области // Проблемы рационального природопользования и пути их решения: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 45-летию ФГБОУ ВО ДГТУ, г. Махачкала, 14–16 дек. 2017 г. / Дагест. гос. техн. ун-т. Махачкала, 2018. С. 118–120.
6. Сайб Е. А., Шапорина Н. А. Современное состояние и перспективы орошаемого земледелия юга Западной Сибири // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 4. С. 177–183. DOI: 10.17513/mjprfi.12719.
7. Курбанов С. А. Проблемы орошаемого земледелия Республики Дагестан // Орошаемое земледелие. 2021. № 1(32). С. 29–32. DOI: 10.35809/2618-8279-2021-1-4.
8. Анализ изученности эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель юга Западной Сибири / Н. А. Шапорина, Е. А. Сайб, С. В. Соловьев, Д. А. Филимонова, А. Н. Безбородова, Г. Ф. Миллер // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиора-

ции [Электронный ресурс]. 2020. № 4(40). С. 161–181. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1165> (дата обращения: 02.12.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-161-181.

9. Причины засоления и современное почвенно-экологическое состояние орошаемых земель низовьев Амударьи / М. И. Разметов, А. У. Ахмедов, А. Б. Мырзамбетов, Ж. М. Турдалиев // Научное обозрение. Биологические науки. 2019. № 3. С. 37–41.

10. Заносова В. И., Макарычев С. В., Лимонов К. А. Особенности изменений степени засоления и агрохимических показателей почвенного покрова под воздействием орошения // Вестник Алтайского государственного университета. 2021. № 1(195). С. 42–48.

11. Шумаков Б. Б. Научные основы ресурсосбережения и охраны природы в мелиорации и водном хозяйстве (избранные статьи и доклады). М.: ВНИИГиМ, 1998. 305 с.

12. Айдаров И. П. Очерки по истории развития орошения в СССР и России. М.: Изд-во МГУП, 2006. 269 с.

13. Минашина Н. Г. Проблемы орошения почв степей юга России и возможности их решения (на основе анализа производственного опыта 1950–1990 гг.) // Почвоведение. 2009. № 7. С. 867–876.

14. Мелиоративное состояние поливных земель в ЦЧО / Б. П. Ахтырцев, И. А. Лепилин, В. Г. Семкин, Ю. Н. Белинская // Гидротехника и мелиорация. 1981. № 1. С. 18–24.

15. Андреев Г. И., Козлячков Г. А., Андреев А. Г. Экологическое состояние орошаемых почв на Нижнем Дону: монография. М.; Днепропетровск; Новочеркасск, 2007. 262 с.

16. Щедрин В. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Негативные почвенные процессы при регулярном орошении различных типов почв // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 2(30). С. 1–21. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=543> (дата обращения: 12.12.2022).

17. Бабичев А. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Факторы, усиливающие отрицательное воздействие длительного орошения на свойства чернозема обыкновенного // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 4(40). С. 1–22. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1156> (дата обращения: 10.01.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-1-22.

18. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Изменение направленности почвенных процессов при снижении водной нагрузки на орошаемые земли: науч. обзор / ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2012. 54 с. Деп. в ВИНТИ 07.07.12, № 292-B2012.

19. Горохова И. Н., Хитров Н. Б., Кравченко Е. И. Изменение засоленности орошаемых почв участка Червленое за четверть века (Волгоградская область) // Почвоведение. 2020. № 4. С. 463–472. DOI: 10.31857/S0032180X20040061.

20. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Изменение свойств лугово-черноземных почв под влиянием регулярного орошения // От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение сельского хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф., Персиановский, 21–22 сент. 2020 г. / Донской ГАУ. Персиановский, 2020. С. 10–16.

21. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587–596. DOI: 10.7868/S0032180X15030065.

22. Манукьян Д. А., Карпенко Н. П. Оценка экологической безопасности функционирования гидромелиоративных систем с использованием термодинамических показателей // Природообустройство. 2008. № 2. С. 45–50.

23. Щедрин В. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. К обоснованию экологических норм водопотребности различных типов почв для оптимизации мелиоративного состояния и почвенного плодородия // Научный журнал Российского НИИ проблем мелио-

рации [Электронный ресурс]. 2018. № 1(29). С. 105–121. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=526&id=533> (дата обращения: 14.12.2022).

24. Шуравилин А. В., Никифоров П. М., Воробьева Р. П. Мелиоративное состояние земель в зоне действия Алейской оросительной системы // Мелиорация и водное хозяйство. 2007. № 3. С. 26–28.

25. Новый подход к сохранению плодородия орошаемых земель юга России / Р. С. Масный, С. М. Васильев, В. Н. Щедрин, А. Н. Бабичев, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2021. 22 с.

26. Теория и практика альтернативных видов орошения черноземов юга европейской территории России: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, А. В. Акопян, Т. П. Андреева, П. Н. Балабко, В. Д. Гостищев, Л. М. Докучаева, А. В. Колганов, А. Л. Кожанов, Г. А. Сенчуков, Н. И. Сафарова. Новочеркасск: Лик, 2011. 435 с.

27. Ortiz F. C., Jin L. Chemical and hydrological controls on salt accumulation in irrigated soils of southwestern U.S // *Geoderma*. 2021. Vol. 391. 114976. DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.114976.

28. Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф., Яшин В. М. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России / под науч. ред. Л. В. Кирейчевой. М.: ВНИИ агрохимии, 2017. 296 с.

29. Ресурсы агромелиоративных систем: науч.-практ. изд. М.: Росинформагротех, 2021. 312 с.

30. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. изд. М.: Росинформагротех, 2020. 304 с.

31. Ильинская И. Н., Клименко А. И., Батищев И. В. Состояние и оценка мелиорированных земель Ростовской области // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 4. С. 86–103. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1314> (дата обращения: 17.03.2023). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-86-103>.

References

1. Novikova A.F., 2008. *Meliorativnoe sostoyanie oroshaemykh zemel' Rostovskoy oblasti* [Ameliorative status of irrigated lands in Rostov region]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 5, pp. 599-613. (In Russian).

2. Gogmachadze G.D., Gogmachadze L.G., 2021. *O nekotorykh rezul'tatakh agroekologicheskogo monitoringa pochv i zemel'nykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2019 godu* [On some results of agroecological monitoring of soils and land resources of the Russian Federation in 2019]. *AgroEkoInfo* [AgroEcoInfo], no. 4, pp. 1-27, available: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/4/st_410.pdf [accessed 16.01.2023]. (In Russian).

3. Olgarenko G.V., Bulgakov V.I., Mazurova I.S., 2021. *Tekhniko-ekspluatatsionnye parametry gidromeliorativnykh sistem i ekologicheskoe sostoyanie oroshaemykh zemel' yuga Rossii* [Technical and operational parameters of irrigation and drainage systems and the ecological state of irrigated lands in the south of Russia]. *Vestnik meliorativnoy nauki* [Bulletin of Land Reclamation Science], no. 3, pp. 83-92. (In Russian).

4. Shadskikh V.A., Kizhaeva E.V., Romanova L.G., Rasskazova O.L., 2019. *Resursnyy potentsial razvitiya melioratsii v Povolzh'e* [Resource potential for the development of land reclamation in the Volga region]. *Vestnik meliorativnoy nauki* [Bulletin of Land Reclamation Science], no. 3, pp. 73-79. (In Russian).

5. Eliseev V.V., Ryabtseva N.A., 2018. *Monitoring pochv Rostovskoy oblasti* [Monitoring of soils in Rostov region]. *Problemy ratsional'nogo prirodopol'zovaniya i puti ikh resheniya: materialy Vseros. nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 45-letiyu FGBOU VO DGTU* [Problems of Rational Nature Management and Ways to Solve Them: Collection of Materials of All-Russian Scientific and Practical Conference, Dedicated to the

45th Anniversary of FGBOU VO DSTU]. Dagestan State Technical University, Makhachkala, pp. 118-120. (In Russian).

6. Saib E.A., Shaporina N.A., 2019. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy oroshaemogo zemledeliya yuga Zapadnoy Sibiri* [Current state and prospects of irrigated agriculture in the south of Western Siberia]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], no. 4, pp. 177-183, DOI: 10.17513/mjpf.12719. (In Russian).

7. Kurbanov S.A., 2021. *Problemy oroshaemogo zemledeliya Respubliki Dagestan* [Problems of irrigated agriculture in the Republic of Dagestan]. *Orosshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 1(32), pp. 29-32, DOI: 10.35809/2618-8279-2021-1-4. (In Russian).

8. Shaporina N.A., Saib E.A., Soloviev S.V., Filimonova D.A., Bezborodova A.N., Miller G.F., 2020. [State of knowledge analysis of the ecological and reclamation state of irrigated lands in the South of Western Siberia]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 4(40), pp. 161-181, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1165> [accessed 02.12.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-161-181. (In Russian).

9. Razmetov M.I., Akhmedov A.U., Myrzambetov A.B., Turdaliev Zh.M., 2019. *Prichiny zasoleniya i sovremennoe pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie oroshaemykh zemel' nizov'ev Amudar'i* [Causes of saturation and modern soil-ecological condition of the irrigated lands of the Lowlands of the Amudarya]. *Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki* [Scientific Review. Biological Sciences], no. 3, pp. 37-41. (In Russian).

10. Zanosova V.I., Makarychev S.V., Limonov K.A., 2021. *Osobennosti izmeneniy stepeni zasoleniya i agrokhimicheskikh pokazateley pochvennogo pokrova pod vozdeystviem orosheniya* [Features of changes in the salinity degree and agrochemical indices of soil cover under the influence of irrigation]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Altai State University], no. 1(195), pp. 42-48. (In Russian).

11. Shumakov B.B., 1998. *Nauchnye osnovy resursosberezheniya i okhrany prirody v melioratsii i vodnom khozyaystve (izbrannye stat'i i doklady)* [Scientific Foundations of Resource Saving and Nature Protection in Land Reclamation and Water Management (selected articles and reports)]. Moscow, VNIIGiM, 305 p. (In Russian).

12. Aidarov I.P., 2006. *Ocherki po istorii razvitiya orosheniya v SSSR i Rossii* [Essays on the History of Irrigation Development in the USSR and Russia]. Moscow, MGUP Publ., 269 p. (In Russian).

13. Minashina N.G., 2009. *Problemy orosheniya pochv stepey yuga Rossii i vozmozhnosti ikh resheniya (na osnove analiza proizvodstvennogo opyta 1950–1990 gg.)* [Irrigation of steppe soils in the south of Russia: Problems and solutions (Analysis of Irrigation Practices in 1950–1990)]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 7, pp. 867-876. (In Russian).

14. Akhtyrtsev B.P., Lepilin I.A., Semkin V.G., Belinskaya Yu.N., 1981. *Meliorativnoe sostoyanie polivnykh zemel' v TSCHO* [Ameliorative state of irrigated lands in the Central Chernozem region]. *Gidrotekhnika i melioratsiya* [Hydraulic Engineering and Land Reclamation], no. 1, pp. 18-24. (In Russian).

15. Andreev G.I., Kozlyachkov G.A., Andreev A.G., 2007. *Ekologicheskoe sostoyanie oroshaemykh pochv na Nizhnem Donu: monografiya* [Ecological State of Irrigated Soils on the Lower Don: monograph]. Moscow, Dnepropetrovsk, Novocherkassk, 262 p. (In Russian).

16. Shchedrin V.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2018. [Negative soil processes under regular irrigation of various types of soil]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 2(30), pp. 1-21, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=543> [accessed 12.12.2022]. (In Russian).

17. Babichev A.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2020. [Factors enhancing the adverse effects of long-term irrigation on the ordinary chernozem properties]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 4(40), pp. 1-22, available: <http://www.ros->

niipm-sm.ru/article?n=1156 [accessed 10.01.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-1-22. (In Russian).

18. Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2012. *Izmenenie napravlenosti pochvennykh protsessov pri snizhenii vodnoy nagruzki na oroshaemye zemli: nauchnyy obzor* [The Change of Orientation of Soil Processes by Water Load Reduction on the Irrigated Lands: review]. Novochoerkassk, 54 p., deposited in VINITI on 07.07.2012, no. 292-B2012. (In Russian).

19. Gorokhova I.N., Khitrov N.B., Kravchenko E.I., 2020. *Izmenenie zasolennosti oroshaemykh pochv uchastka Chervlenoe za chetvert' veka (Volgogradskaya oblast')* [Changes in soil salinity at the Chervlenoe irrigation massive (Volgograd region) in a quarter of century]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 4, pp. 463-472, DOI: 10.31857/S0032180X20040061. (In Russian).

20. Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2020. *Izmenenie svoystv lugovo-chernozemnykh pochv pod vliyaniem regul'yarnogo orosheniya* [Changing properties of meadow-chernozem soils under the influence of regular irrigation]. *Ot inertsii k razvitiyu: nauchno-innovatsionnoe obespechenie sel'skogo khozyaystva: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [From Inertia to Development: Scientific and Innovative Support of Agriculture: Proc. of the International Scientific-Practical Conference]. Persianovskiy, pp. 10-16. (In Russian).

21. Kireycheva L.V., Karpenko N.P., 2015. *Otsenka effektivnosti orositel'nykh melioratsiy v zonal'nom ryadu pochv* [Evaluation of the effectiveness of irrigation melioration in the zonal soil series]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 5, pp. 587-596, DOI: 10.7868/S0032180X15030065. (In Russian).

22. Manukyan D.A., Karpenko N.P., 2008. *Otsenka ekologicheskoy bezopasnosti funktsionirovaniya gidromeliorativnykh sistem s ispol'zovaniem termodinamicheskikh pokazateley* [Evaluation of the ecological safety of functioning of irrigation and drainage system using thermodynamic indices]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 2, pp. 45-50. (In Russian).

23. Shchedrin V.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2018. [To substantiate the ecological norms of water demand for various types of soils for optimizing the reclamation state and soil fertility]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(29), pp. 105-121, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=526&id=533> [accessed 14.12.2022]. (In Russian).

24. Shuravilin A.V., Nikiforov P.M., Vorob'eva R.P., 2007. *Meliorativnoe sostoyanie zemel' v zone deystviya Aleyskoy orositel'noy sistemy* [Reclamative state of lands in the zone of action of the Aleiskaya irrigation system]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 3, pp. 26-28. (In Russian).

25. Masny R.S., Vasiliev S.M., Shchedrin V.N., Babichev A.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2021. *Novyy podkhod k sokhraneniyu plodorodiya oroshaemykh zemel' yuga Rossii* [A New Approach to Preserving the Fertility of Irrigated Lands in the South of Russia]. Novochoerkassk, RosNIIPM, 22 p. (In Russian).

26. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Akopyan A.V., Andreeva T.P., Balabko P.N., Gostishchev V.D., Dokuchaeva L.M., Kolganov A.V., Kozhanov A.L., Senchukov G.A., Safarova N.I., 2011. *Teoriya i praktika al'ternativnykh vidov orosheniya chernozemov yuga evropeyskoy territorii Rossii: monografiya* [Theory and Practice of Alternative Types of Irrigation of Chernozems in the South of the European Territory of Russia: monograph]. Novochoerkassk, Lik Publ., 435 p. (In Russian).

27. Ortiz F.C., Jin L., 2021. Chemical and hydrological controls on salt accumulations in irrigated soils of southwestern U.S. *Geoderma*, vol. 391, 114976, DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.114976.

28. Kireycheva L.V., Yurchenko I.F., Yashin V.M., 2017. *Nauchnye osnovy sozdaniya i upravleniya meliorativnymi sistemami v Rossii* [Scientific Foundations for Creation and Management of Reclamation Systems in Russia]. Moscow, VNII Agrochemistry, 296 p. (In Russian).

29. *Resursy agromeliorativnykh sistem: nauch.-prakt. izd.* [Resources of Agro-Reclamation Systems: Scientific-Practical ed.]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2021, 312 p. (In Russian).

30. *Meliorativnyy kompleks Rossiyskoy Federatsii: inform. izd.* [Reclamation Complex of the Russian Federation: inform. ed.]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2020, 304 p. (In Russian).

31. Ilyinskaya I.N., Klimenko A.I., Batishchev I.V., 2022. [The state and assessment of reclaimed lands in Rostov region]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 4, pp. 86-103, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1314> [accessed 17.03.2023], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-86-103>. (In Russian).

Информация об авторах

А. Н. Бабичев – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук;

Л. М. Докучаева – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;

Р. Е. Юркова – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the authors

A. N. Babichev – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences;

L. M. Dokuchayeva – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;

R. Ye. Yurkova – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 31.01.2023; одобрена после рецензирования 17.03.2023; принята к публикации 25.04.2023.

The article was submitted 31.01.2023; approved after reviewing 17.03.2023; accepted for publication 25.04.2023.