

МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Обзорная статья

УДК 631.6:631.452:632.125

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-157-176

Влияние различных типов и видов мелиорации на восстановление и повышение плодородия деградированных почв

Александр Николаевич Бабичев¹, Алексей Александрович Бабенко²

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

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

²rosniipmshn@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7582-4907>

Аннотация. Цель: проанализировать опыт отечественных и зарубежных ученых в области применения различных видов мелиорации для восстановления и повышения плодородия деградированных почв в условиях орошения и на богаре. **Обсуждение.** В статье представлен обзор научно-исследовательских работ, отечественных и зарубежных литературных источников, касающихся влияния различных видов мелиорации на восстановление деградированных почв. В данной работе рассматриваются варианты применения различных видов мелиорации в зависимости от типа и степени деградации почвы. Своевременное применение различных типов мелиорации (гидромелиорации, химической, культуртехнической, агролесомелиораций) по отдельности и в комплексе мероприятий позволяет остановить протекающие в почве процессы деградации (засоление, окисление, заболачивание, уплотнение, опустынивание, разные виды эрозий) и способствует восстановлению и повышению почвенного плодородия. Применение различных типов мелиораций улучшало агрофизические, водно-физические и химические свойства почв, увеличивало содержание гумуса, способствовало стимулированию процессов накопления органического вещества в почве, повышало биометрические показатели возделываемых сельскохозяйственных культур, что отражалось в повышении урожайности данных культур. **Выводы.** Изучение результатов работ отечественных и зарубежных ученых позволяет сделать вывод, что сохранение и восстановление почвенного плодородия на используемых сельскохозяйственных площадях невозможно без применения мелиорации. Применение гидротехнической, биологической, химической, культуртехнической, агротехнической мелиораций как отдельно, так и в комплексе позволяет повысить уровень плодородия почв, подверженных засолению, окислению, заболачиванию, уплотнению, опустыниванию, разным видам эрозий.

Ключевые слова: деградированные почвы, комплексная мелиорация, химическая мелиорация, плодородие почвы, фитомелиорация, орошение

Для цитирования: Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Влияние различных типов и видов мелиорации на восстановление и повышение плодородия деградированных почв // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 1. С. 157–176. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-157-176>.

LAND RECLAMATION, RECULTIVATION AND LAND PROTECTION

Review article

The effect of various kinds and types of irrigation on restoration and increase of fertility of degraded soils

Alexandr N. Babichev¹, Alexey A. Babenko²

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

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

²rosniipmshm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7582-4907>

Abstract. Purpose: to analyze the experience of domestic and foreign scientists in using various types of land reclamation to restore and increase the fertility of degraded soils under irrigation and rainfed conditions. **Discussion.** The overview of research papers, domestic and foreign literary sources, concerning the impact of various types of reclamation on the restoration of degraded soils is presented. The options for using various types of land reclamation, depending on the type and degree of soil degradation are considered. The timely application of various types of reclamation (hydro-reclamation, chemical, cultural, technical, agroforestry reclamation), separately and in a complex of measures, makes it possible to stop the degradation processes occurring in soil (salinization, oxidation, waterlogging, compaction, desertification, various types of erosion) and contributes to the restoration and increasing soil fertility. The use of various types of reclamation improved the agrophysical, water-physical and chemical properties of soils, increased the content of humus, contributed to the stimulation of accumulation of organic matter in soil, and increased the biometric indicators of cultivated crops, which was reflected in an increase of the given crops yield. **Conclusions.** The study of the results of domestic and foreign scientists work allows conclude that the preservation and restoration of soil fertility in agricultural areas used is impossible without the use of land reclamation. The use of hydrotechnical, biological, chemical, cultural, agrotechnical reclamation, both separately and in complex, makes it possible to increase the level of soil fertility prone to salinization, oxidation, waterlogging, compaction, desertification, and various types of erosion.

Keywords: degraded soils, complex reclamation, chemical reclamation, soil fertility, phytomelioration, irrigation

For citation: Babichev A. N., Babenko A. A. The effect of various kinds and types of irrigation on restoration and increase of fertility of degraded soils. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(1):157–176. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-157-176>.

Введение. Увеличение процессов деградации почв (засоление, окисление, заболачивание, уплотнение, опустынивание, разные виды эрозий) оказывает отрицательное влияние на экономические показатели в сельскохозяйственном производстве и вынуждает ученых и работников данной отрасли искать новые методы и способы восстановления почв и повышения их плодородия.

В России, по данным государственного учета земель, в настоящее время 220,6 млн га сельскохозяйственных угодий (из которых 121,5 млн га – пашня), значительное количество которых подвержено различным процессам деградации (таблица 1) [1].

Таблица 1 – Характеристика деградации сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации
Table 1 – Characteristics of the agricultural land degradation in the Russian Federation

Вид деградированных земель / Type of degraded land	Сельскохозяйственные угодья / Farmland		В т. ч. пашня / Including arable land	
	млн га / mln ha	% от общей площади / % of total area	млн га / mln ha	% от общей площади / % of total area
Засоленные / Salty	16,3	8,9	4,5	3,7
Солонцеватые / Solonetz	22,9	12,5	9,9	8,2
Кислые / Acid	51,5	28,1	41,6	34,4
Переувлажненные / Wetland	16,1	8,8	6,8	5,6
Заболоченные / Waterlogged	9,6	5,2	2,2	1,8
Засоренные камнями / Clogged with stones	12,2	6,6	3,9	3,2
Источник: данные факультета почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова. Source: data of the Faculty of Soil Science of Moscow State University named after M. V. Lomonosov.				

Ухудшение плодородия почвы из-за различных видов деградаций приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур и уменьшению валового сбора сельскохозяйственной продукции, что с учетом роста численности населения планеты может привести к недостатку продуктов питания. Поэтому необходимо решать следующие экологические проблемы: загрязнение водного и воздушного бассейнов, сохранение генофонда экосистем, борьба с деградацией и опустыниванием, засолением и повышением кислотности почвы сельскохозяйственных земель [2].

Необходимость в проведении мелиорации возникает из потребностей развития сельского хозяйства. В зависимости от характера мелиоративных мероприятий различают следующие типы мелиорации земель: гидромелиорация, агролесомелиорация, культуртехническая мелиорация, химическая мелиорация. К этим типам мелиораций в свою очередь относят такие виды,

как гидро-, агротехническая, биологическая, климатическая, тепловая, водохозяйственная мелиорации.

Гидротехническая мелиорация включает в себя орошение или осушение сельскохозяйственных земель.

Агротехническая мелиорация состоит из глубоких рыхления и вспашки, кротования, щелевания, гребневания, профилирования поверхностей и т. д.

Биологическая мелиорация включает в себя фито-, лесомелиорацию и биологический дренаж.

Химическая мелиорация – известкование кислых почв, гипсование солонцов и солонцеватых почв, кислование щелочных (содовых) почв.

Культуртехническая мелиорация состоит из срезки кочек, раскорчевывания древесной и кустарниковой растительности, фрезерования почв.

Тепловая мелиорация – мульчирование, снегозадержание, полив термальными водами.

Водохозяйственная мелиорация включает в себя расчистку водоемов, создание водоохранных зон, борьбу с зарастанием и заилением водоемов.

Для восстановления и повышения плодородия деградированных почв наиболее значимы орошение, фитомелиорация и химическая мелиорация.

Орошение призвано существенно увеличивать урожайность сельскохозяйственных культур, но кроме улучшения условий увлажнения орошение оказывает значительное влияние на почвообразовательные процессы, присущие каждому типу почв. Опыт прошлых десятилетий орошения различных типов почв показал, что они претерпевают значительные изменения, и часто не в лучшую сторону – повсеместное снижение плодородия почвы (на черноземах содержание гумуса снизилось на 1–2 %).

При нерациональном применении орошения происходит вторичное засоление и осолонцевание почв, возможно переувлажнение и заболачива-

ние почв, подкисление, протекание процесса водной эрозии. На 1 января 2021 г. из общей площади 4614,3 тыс. га орошаемых земель в неудовлетворительном состоянии находится 1356,2 тыс. га, или 29 % [3].

В результате повышенных нагрузок при использовании тяжелой техники, а также в результате химических процессов на пахотных землях возникает уплотнение почвы. Кроме того, довольно часто происходит подъем уровня грунтовых вод, сопровождаемый вторичным засолением, ощелачиванием и осолонцеванием поверхностных слоев почвы. Все указанные выше процессы деградации почв приводят к снижению почвенного плодородия, что в дальнейшем негативно отражается на урожайности растений. Вышеперечисленные виды деградации почв характерны как для орошаемых массивов, так и для богарных почв, но только в меньшей степени.

Целью данного исследования являлось изучение опыта отечественных и зарубежных ученых в области применения различных видов мелиорации для восстановления и повышения плодородия деградированных почв в условиях орошения и на богаре.

Обсуждение. Важную роль в восстановлении и повышении плодородия деградированных почв играют фитомелиорация и химическая мелиорация, способствующие сохранению и обогащению природных и сельскохозяйственных экосистем.

Различные виды и экотипы растений способствуют рассолению почв, позволяют управлять интенсивностью процессов эрозии, обогащают почву органическими веществами, улучшают физические свойства почв (плотность, пористость, структурный состав).

Увеличение площадей деградированных орошаемых земель и снижение их продуктивности в основном связаны с повышением уровня грунтовых вод, вторичным засолением. Применение фитомелиорации является важным биологическим приемом предотвращения деградации почв.

М. Р. Мусаев, З. М. Мусаева, А. А. Магомедова провели исследова-

ния на территории Казбековского района Республики Дагестан, посвященные изучению влияния многолетних трав (люцерна посевная и пырей удлиненный) на содержание солей в почве [4]. Анализ данных выявил, что вынос солей люцерной посевной в верхнем почвенном горизонте составлял 6,2 ц/га, а в нижнем горизонте он уменьшился на 8 %. Показатели выноса солей из верхнего слоя почвы пыреем удлиненным были выше (0,91 ц/га), а в нижнем слое – 0,75 ц/га. Результаты проведенных исследований показали, что возделывание пырея удлиненного на сильнозасоленных почвах благоприятно сказывается на их структуре.

Т. Атакулов, Ж. Оспанбаев, К. Ержанова провели в 2016 г. на серо-бурых почвах Балхашского района Алматинской области исследования, посвященные изучению влияния фитомелиорантов (суданской травы, сорго, сои и сафлора) на динамику содержания солей в почве. Наблюдения, учеты и анализы осуществлялись общепринятыми методами. Влажность в почве поддерживалась на уровне 70 % наименьшей влагоемкости (НВ) с применением капельного орошения [5].

Анализ содержания солей перед посевом и перед уборкой выявил, что фитомелиоранты способствовали уменьшению количества солей в верхнем горизонте на 31–34 % в зависимости от культуры и на 20–23 % – в нижнем.

На уровень плодородия почв влияет растительный покров, накапливающий органические вещества в виде корневых остатков. Фитомелиорацию можно использовать как экологически чистый метод воспроизводства плодородия почв, улучшающий физико-химические свойства.

Л. Н. Пуртова, Л. Н. Щапова, А. Н. Емельянов, С. Н. Иншакова исследовали изменение уровня плодородия почв в связи с применением различных фитомелиорантов на агрообразцах Приморья [6]. Для исследований были выбраны поля Приморского научно-исследовательского института сельского хозяйства, сформированные в пределах суходольной части

мелиоративной системы. Содержание гумуса в исследуемых почвах низкое, в качестве фитомелиорантов использовались люцерна изменчивая, коострец безостый, клевер луговой.

После анализа результатов проведенных исследований было установлено положительное влияние используемых фитомелиорантов на гумусовое состояние агрообразцов Приморья. Гумус находился в более стабильном состоянии, увеличивалось его содержание и запасы, доминировали гуминовые кислоты. Возрастающее содержание гуминовых кислот в составе гумуса отражалось на улучшении его качества.

На агрофизические показатели почвы влияла длительность срока возделывания фитомелиорантов – увеличивалась плотность почвы и уменьшалась пористость. Для разуплотнения почвы необходимо применять агротехнические мероприятия. В результате полевых опытов было установлено, что наиболее эффективным фитомелиорантом на агрообразцах Приморья является люцерна изменчивая.

В последние годы на территории Узбекистана для приостановления тенденции активизации и расширения засоленности грунта и снижения уровня грунтовых вод стали уделять внимание использованию в качестве биологического дренажа различных фитомелиорантов.

И. Рахмонова, У. Ташбекова в своих исследованиях изучали эффективность солодкового корня в улучшении физических свойства почв, снижении их засоленности и понижении уровня грунтовых вод. Исследования проводились в Баяутском районе Сырдарьинской области Узбекистана на сероземно-луговых однородных, среднесуглинистых почвах со слабым и средним засолением по хлоридно-сульфатному, натриево-кальциевому типу. Наблюдения за режимом грунтовых вод и минерализацией почв проводились круглогодично. Обработка почвы осуществлялась на глубину 20–30 см, для поддержания влажности не менее 70–75 % проводились поливы, а минеральные удобрения вносились в мае [7].

В результате было установлено положительное влияние выращивания солодкового корня на общую порозность и пористость слабо- и среднезасоленных сероземно-луговых почв за счет накопления органических остатков в почве, уменьшилась плотность сложения почвы.

Засоленность почв на участках, где солодковый корень не возделывался, изменялась в течение года за счет увеличения испарения в летний период, а на участках с солодковым корнем накопления водорастворимых солей не наблюдалось из-за расхода влаги на транспирацию. Фитомелиоративный эффект солодкового корня проявляется на 2–3-й год жизни.

Результаты опыта показали, что возделывание солодкового корня в условиях засоленных почв улучшает их физические свойства, снижает степень их засоленности, а также повышает плодородие мелиорируемых почв.

На территории Калмыкии основная площадь пахотных земель представлена солонцами с солонцеватыми каштановыми и бурыми полупустынными почвами и их комплексами с содержанием солей, снижающим продуктивность используемых сельскохозяйственных угодий до 25 % при обычной агротехнике возделываемых культур.

С. Н. Зунгруева в своих исследованиях изучала влияние фитомелиорантов (пырей солончаковый и солодка голая) на восстановление деградированных почв. Полевые испытания пырея солончаковатого проводились на участке орошаемой пашни Черноземельской оросительно-обводнительной системы. Почвы опытного участка характеризуются низким содержанием гумуса и элементов питания, содержанием легкорастворимых солей 0,7–1,8 %, глубиной устойчивого залегания грунтовых вод 1,0–1,5 м (минерализация 5,5–6,0 г/л) [8].

Пырей солончаковатый высевался ранней осенью и весной нормами посева 20–22 кг/га с заделкой на глубину 2–4 см, внесение минеральных

удобрений проводилось с поливом в фазе кущения, фазе колошения и после укосов, влажность поддерживалась на уровне 60 %.

За время своего развития пырей солончаковатый образует мощную корневую систему, из-за чего в почве происходит непрерывный процесс биологического дренажа. Водно-физические и агрохимические свойства почв улучшались за счет накопления в верхних горизонтах до 5,0 т/га покосных и корневых остатков пырея солончаковатого. Травостой предотвращал дефляцию. В процессе жизнедеятельности пырея солончаковатого из почвенного поглощающего комплекса (ППК) вытеснялся поглощенный натрий (содержание снизилось на 55 %), а равномерное распределение катионов и анионов по слоям почвы снизило содержание токсичных солей до 65 %.

Изучение солодки голой как фитомелиорирующей культуры проводилось на двух различных опытных участках с низким содержанием гумуса и уровнем залегания грунтовых вод на различной глубине до 2 м. Закладку плантаций солодки голой проводили осенью и ранней весной с локальным внесением минеральных удобрений. В первый год вегетации предполивную влажность почвы поддерживали на уровне 75 % НВ. В результате проведенных опытов было установлено, что в одновидовых посевах солодки голой невозможно получение максимального эффекта рассоления почв.

Предложенный способ пырейно-солодкового агробиоценоза в качестве фитомелиоранта уменьшил содержание водорастворимых солей в пахотном горизонте на 0,5 % и снизил уровень грунтовых вод на 0,7 м, а также увеличил общую пористость и пористость аэрации по сравнению с первоначальным состоянием на 3 и 5 % соответственно.

Изучение теплофизических свойств почвы (теплоемкость, тепло- и температуропроводность), зависящих от гранулометрического и структур-

ного состава почвы, необходимо для оптимизации гидротермического режима почв и повышения почвенного плодородия.

С. В. Макарычев исследовал теплофизические свойства почв на солонцах луговых хлоридно-сульфатных, малонатриевых, со средним содержанием гумуса в севооборотах с сидеральным и черным парами. Опыт осуществлялся на территории Романовского района Алтайского края, в качестве фитомелиорантов использовались суданская трава и ломкоколосник ситниковый, а в качестве сидерального пара – донник, заделанный на глубину до 15 см [9].

Установлено, что применение фитомелиорации благоприятным образом отразилось на улучшении структуры почвы (свежеобразованные гуминовые кислоты способствовали созданию водопрочных агрегатов). Количество водопрочных агрегатов на полях с сидеральными удобрениями более чем в 2 раза превышало их количество на полях с черным паром. Отмечены уменьшение теплоемкости и возрастание температуропроводности пахотного слоя мелиорированного солонца. Из проведенных исследований можно сделать вывод, что сидеральный пар создает в почвенном профиле благоприятное теплофизическое состояние, положительно влияющее в начале вегетации на рост и развитие сельскохозяйственных культур.

Е. Б. Дедова, Б. А. Гольдварг и Н. Цаган-Манджиев разработали дифференцированные методы восстановления деградированных земель для каждого типа сельскохозяйственных угодий Республики Калмыкия. Для предотвращения опустынивания была разработана двухэтапная биогеоценотически обоснованная технология. Был сформирован пырейно-лико-рисовый агрофитоценоз для восстановления вторичных засоленных почв с близким залеганием уровня грунтовых вод [10].

Проведены исследования очистки почв способом фитомелиорации, основанным на избирательности отдельных видов растений выдерживать

высокие концентрации токсичных элементов и поглощать их в процессе жизнедеятельности [11].

А. М. Мисебо, С. Ф. Аяно, М. Пьетржиковский изучали естественное восстановление пастбищ в Эфиопии, подверженных деградации (опустынивание, снижение плодородия, усиление почвенной эрозии). Для опыта выбраны луга в северной и восточной частях Эфиопии. Было осуществлено шестилетнее выведение данных территорий из сельскохозяйственного оборота [12].

В результате анализа проведенных исследований установлено, что содержание влаги в почве, количество гумуса и доступного фосфора на изучаемых территориях увеличилось на 73, 51 и 55 % соответственно по сравнению с прилегающими пастбищами. Наблюдалось восстановление районированной кустарниковой и травянистой растительности, что способствовало снижению почвенной эрозии.

Данное исследование доказывает эффективность восстановления деградированных земель в результате краткосрочного их выведения из сельскохозяйственного оборота.

И. В. Гурина, Н. В. Михеев, А. А. Калашников разработали научно обоснованную технологию фитомелиорации грунтовой взлетно-посадочной полосы. Результаты исследований позволили создать качественный дерновый покров нормативной плотности, обеспечивающий соблюдение требований безопасности при эксплуатации аэродромов малой авиации. Данная технология включает в себя подготовку почвы, подбор трав, посев травосмеси, внесение удобрений, проведение уходных работ [13].

Химическая мелиорация регулирует состав катионов ППК путем замены водорода, алюминия, железа, марганца в кислых почвах или натрия и магния в щелочных почвах кальцием.

Мероприятия по химической мелиорации разрабатываются при выявлении земель, подверженных засолению, осолонцеванию, ощелачива-

нию, подкислению, уплотнению, дегумификации, превышающим безопасный уровень (ст. 3 Федерального закона № 78 «О землеустройстве») [14].

Химическая мелиорация солонцеватых почв, осуществляемая фосфогипсованием, снижает солонцеватость почв до 3–5 % обменного натрия от Σ ППК. Мелиорирующий эффект этого метода усиливается при сочетании его с внесением органики и проведением глубокого рыхления. При этом оптимизируются плотность сложения почв, структурное состояние, увеличивается содержание гумуса [15].

Для почвенного комплексного покрова характерны различные почвенные комбинации с чередованием контрастно различающихся почв. Различие свойств зональных почв и пятен солонцов отражается на неравномерности развития и созревания сельскохозяйственных культур, что снижает их продуктивность. Химическая мелиорация способствует сглаживанию разности в свойствах почв за счет нормализации реакции почвенной среды, снижает солонцеватость в верхних горизонтах почвы и ликвидирует переизбыток натрия в подпахотных слоях.

Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова изучали на черноземах южных (зональные почвы) и солонцах, составляющих комплексный почвенный покров с участием солонцов не менее 35 %, влияние способов и доз внесения фосфогипса на физико-химические свойства солонцов в комплексе с зональными почвами [16].

Орошение на опытном участке проводилось дождевальными машинами «Фрегат» водой с минерализацией 1,8–2,0 г/дм³ сульфатно-натриевого состава. Мелиорант вносили разбрасывателем МТТ-9 с последующим глубоким рыхлением специальным орудием ПЧ-2,5 на глубину 45 см. Агротехника общепринятая для данной территории. Образцы почв отбирались по слоям 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см строго по динамическим площадкам по всем вариантам опыта осенью после уборки сельскохозяйственных культур.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что доза 5 т/га мелиоранта на черноземах является достаточной для устранения щелочности и оптимизации ППК, а для мелиорации солонцов требуется доза мелиоранта не менее 10 т/га. После пятилетнего последействия мелиоранта тенденция к восстановлению щелочности и солонцеватости не проявилась.

Л. Н. Скипин, Д. Л. Скипин, В. С. Петухова и З. Н. Монахова в своих исследованиях определяли сравнительную эффективность различных мелиорантов-коагулянтов, полученных в результате деятельности горнодобывающей и химической промышленности, для улучшения химических и физических свойств солонцовых почв [17].

Для исследований были выбраны участки лугового солонца с различной степенью засоленности и различного химического состава. В результате было установлено, что для освоения засоленных почв вместе с традиционным мелиорантом – гипсом следует активно использовать отходы горно-химической промышленности в виде хлорида кальция, сульфата железа и алюминия, фосфогипса и негашеной извести.

Щелочные содово-засоленные почвы мелиорируют кислованием, а кислые почвы известкованием. Известкование способствует устранению кислотности почв, активизации процессов гумификации с преобладанием гуминовых кислот. Это подтверждает опыт с серыми лесными почвами Н. А. Ткаченко, В. Н. Шкляра [18].

Исследования показывают, что в результате изменения водного режима и подъема грунтовых вод, содержащих водорастворимый гипс, происходит образование гипсовых горизонтов в поверхностных слоях. Умеренное гипсовое засоление (менее 20 %) не оказывает влияния на свойства почв и развитие растений. Однако в сильногипсоносных почвах (более 20 %) ухудшаются физические свойства, подпахотные горизонты уплотняются, не пропуская вглубь воду и препятствуя развитию корневой системы. Такие почвы обогащены водорастворимыми солями, не поддающимися про-

мывкам из-за их связи с гипсом, относящимся к труднорастворимым солям. Они не поддаются мелиорации, и ученые предлагают их оставлять в ненарушенном состоянии [19, 20].

Но из-за возрастающей встречаемости таких почв среди черноземов возникает необходимость в тщательном изучении и разработке мероприятий по их улучшению, в первую очередь по ликвидации водоупорных гипсовых горизонтов и созданию условий для промывок.

Обзор литературных и научных работ ряда отечественных и зарубежных ученых указал на необходимость совмещения различных видов мелиорации (гидротехнической, биологической, химической, культуртехнической, агротехнической) для восстановления и повышения плодородия деградированных почв. Сочетания различных видов мелиораций улучшали водно-физические, физико-, агрохимические свойства почв, снижали их загрязнение и повышали биометрические показатели возделываемых сельскохозяйственных культур [21–32].

Выводы

1 Фитомелиорация уменьшает количество солей в верхнем слое почвы на 31–34 % в зависимости от культуры и на 20–23 % – в нижнем, увеличивает содержание гумуса на 25–30 %, а свежееобразованные гуминовые кислоты создают водопрочные агрегаты. Растения, используемые для фитомелиорации, очищают почвы от токсичных элементов, а такие, как, например, люцерна, понижают уровень грунтовых вод.

2 Химическая мелиорация солонцеватых почв, осуществляемая фосфогипсованием, снижает солонцеватость почв до 3–5 % обменного натрия от Σ ППК. Мелиорирующий эффект этого метода усиливается при сочетании его с внесением органики и проведением глубокого рыхления. При этом оптимизируются плотность сложения почв, структурное состояние, увеличивается содержание гумуса. Известкование способствует устранению

кислотности почв, активизации процессов гумификации с преобладанием гуминовых кислот.

3 Сочетания различных видов мелиораций улучшали водно-физические, физико-, агрохимические свойства почв, снижали их загрязнение и повышали биометрические показатели возделываемых сельскохозяйственных культур.

Список источников

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» [Электронный ресурс]. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyu_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2017/ (дата обращения: 11.01.2022).

2. Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Анализ использования химической мелиорации на различных типах почв // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 2(82). С. 63–71.

3. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения в 2020 году. М.: Росинформагротех, 2021. 404 с.

4. Мусаев М. Р., Мусаева З. М., Магомедова А. А. Деградация орошаемых земель равнинной зоны Дагестана и пути выхода из ситуации // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11, № 4. С. 226–230.

5. Атакулов Т., Оспанбаев Ж., Ержанова К. Агробиологический способ улучшения деградированных орошаемых земель Акдалинского массива орошения // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч. эколог. конф., посвящ. 95-летию Кубанского ГАУ. 2017. С. 183–184.

6. Влияние фитомелиорации на гумусное состояние, микрофлору и агрофизические показатели агрообразцов Приморья / Л. Н. Пуртова, Л. Н. Шапова, А. Н. Емельянов, С. Н. Иншакова // Аграрный вестник Урала. 2016. № 9(151). С. 51–56.

7. Рахмонов И., Ташбеков У. Фитомелиорация засоленных почв с помощью посевов солодкового корня (*Glycyrrhiza glabra*) // Владимирский земледелец. 2020. № 2(92). С. 33–39.

8. Зунгруева С. Н. Технологии фитомелиорации деградированных орошаемых земель в Республике Калмыкия растениями солодки голой и пырея солончакового // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: материалы междунар. науч.-практ. конф. 2016. С. 237–241.

9. Макарычев С. В. Влияние фитомелиорации на улучшение теплофизического режима солонцовых почв сухостепной зоны Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 9(143). С. 34–38.

10. Dedova E. B., Goldvarg B. A., Tsagan-Mandzhiev N. Land degradation of the Republic of Kalmykia: problems and reclamation methods // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10, iss. 2. P. 140–147. DOI: 10.1134/S2079096120020043.

11. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова, Г. И. Табала. Новочеркасск, 2017. 137 с.

12. Misebo A. M., Ayano S. F., Pietrzykowski M. Effects of natural rehabilitation of degraded land by enclosure on selected soil physicochemical properties in Eastern Ethiopia // *Agronomy*. 2021. Vol. 11, iss. 8. 1628. DOI: 10.3390/agronomy11081628.

13. Гурина И. В., Михеев Н. В., Калашников А. А. Технология фитомелиорации аэродрома малой авиации // *Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель юга России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Коргунова*. 2017. С. 24–30.

14. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Шалашова О. Ю. О правилах проведения мероприятий по химической мелиорации почв // *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия*. 2016. № 4(64). С. 177–182.

15. Мелиорация солонцовых почв в условиях орошения / Н. С. Скуратов, О. Ю. Шалашова, И. Н. Лозановская, Л. М. Докучаева, Т. В. Усанина. Новочеркасск, 2005. 180 с.

16. Юркова Р. Е., Докучаева Л. М. Изменения физико-химических свойств почв с комплексным покровом при различных способах и дозах внесения фосфогипса // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. 2016. № 4(24). С. 100–117. URL: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec1116-field12.pdf (дата обращения: 12.01.2022).

17. Efficiency of chemical ameliorants for reclamation of bore mud and solonetzic soils of Siberia and Ural / L. Scipin, D. Scipin, V. Petukhova, Z. Monakhova // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 337, iss. 1. 012030. DOI: 10.1088/1755-1315/337/1/012030.

18. Ткаченко Н. А., Шкляр В. Н. Влияние известкования при разных системах удобрения на качественный состав гумуса серой лесной почвы // *Почвоведение и агрохимия / Ин-т почвоведения и агрохимии*. Минск, 2016. № 1(56). С. 145–152.

19. Лопатовская О. Г., Сугаченко А. А. Мелиорация почв. Засоленные почвы: учеб. пособие. Иркутск: ИркутГУ, 2010. 101 с.

20. Зейдельман Ф. Р. Деградация мелиорируемых почв России и сопредельных стран в результате изменения их водного режима и способы защиты. Воронеж: Кварта, 2014. 269 с.

21. Аманбаева Б. Ш., Бекбаев Р. К., Джайсамбекова Р. А. Комплексная мелиорация деградированных орошаемых земель юга Казахстана // *Наука и мир*. 2017. Т. 1, № 11(51). С. 56–59.

22. Выбор приемов воспроизводства плодородия солонцовых почв при орошении / Р. С. Масный, С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, А. Н. Бабичев, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2021. 20 с.

23. Кизяев Б. М., Пулатов Э. Я., Юлдашев Х. У. Пути реабилитации засоленных орошаемых земель // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2017. № 1. С. 36–38.

24. Лунева Е. Н., Суровикина А. П. Совершенствование средств и технологий комплексной мелиоративной обработки засоленных орошаемых земель // *Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с междунар. участием*. 2018. С. 42–48.

25. Мирсаитов Р. Г. Снижение эффективности использования орошаемых земель вследствие ухудшения их мелиоративного состояния // *Наука и мир*. 2017. Т. 2, № 12(52). С. 33–37.

26. Опыт применения научно обоснованных режимов орошения на мелиорированных землях Ростовской области / И. В. Гурина, Н. В. Михеев, К. Г. Гурин, А. И. Щиренко // *Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с междунар. участием, посвящ. 130-летию со дня рождения акад. Б. А. Шумакова*. 2019. С. 32–36.

27. Романова Л. Г., Кижяева В. Е. Эксплуатационные и гидрогеологические требования и ограничения для повышения почвенного плодородия длительно орошаемых земель // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК: материалы V Междунар. науч.-практ. конф. Саратов, 2021. С. 214–221.

28. Семенова А. А., Сахнов А. Ю. Системы инженерной защиты орошаемых земель от подтопления и вторичного засоления // Энигма. 2020. № 17-1. С. 245–252.

29. Состояние и пути повышения продуктивности орошаемых земель в Ставропольском крае / Е. И. Годунова, Н. Н. Шаповалова, С. Н. Шкабарда, А. И. Хрипунов // Плодородие. 2017. № 5(98). С. 44–47.

30. Холов Т. А. Мировой опыт эффективного использования орошаемых земель // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия гуманитарных и экономических наук. 2019. № 1-1(59). С. 173–177.

31. Экологическое состояние и пути мелиоративного улучшения орошаемых земель в низовье реки Сырдарьи / А. М. Нургизаринов, Е. А. Назаров, А. Ж. Шарипова, Е. Ж. Арыстан // Гидрометеорология и экология. 2014. № 3(74). С. 185–187.

32. Vinay S., Heikham E. Strategies for reclamation of saline soils // *Microorganisms in Saline Environments: Strategies and Functions*. 2019. Vol. 56. P. 439–449. DOI: 10.1007/978-3-030-18975-4-1.

References

1. *Gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2017 godu"* [State Report "On the State and Protection of the Environment of the Russian Federation in 2017"], available: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2017/ [accessed 11.01.2022]. (In Russian).

2. Babichev A.N., Babenko A.A., 2021. *Analiz ispol'zovaniya khimicheskoy melioratsii na razlichnykh tipakh pochv* [Analysis of chemical reclamation use on various types of soil]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(82), pp. 63–71. (In Russian).

3. *Doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya v 2020 godu* [Report on the State and Use of Agricultural Land in 2020]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2021, 404 p. (In Russian).

4. Musaev M.R., Musaeva Z.M., Magomedova A.A., 2016. *Degradatsiya oroshayemykh zemel' ravninnoy zony Dagestana i puti vykhoda iz situatsii* [Degradation of irrigated lands in the flat zone of Dagestan and ways out of the situation]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye* [South of Russia: Ecology, Development], vol. 11, no. 4, pp. 226–230. (In Russian).

5. Atakulov T., Ospanbaev Zh., Yerzhanova K., 2017. *Agrobiologicheskiy sposob uluchsheniya degradirovannykh oroshayemykh zemel' Akdalinskogo massiva orosheniya* [Agrobiological way of improving degraded irrigated lands of the Akdaly irrigation massif]. *Problemy rekul'tivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: sb. nauch. tr. po materialam V Mezhdunarodnoy nauchno-ekologicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 95-letiyu Kubanskogo GAU* [Problems of Reclamation of Household Waste, Industrial and Agricultural Production: Proc. of the V International Scientific Ecological Conference, Dedicated to the 95th Anniversary of Kuban State Agrarian University], pp. 183–184. (In Russian).

6. Purtova L.N., Shchapova L.N., Emelyanov A.N., Inshakova S.N., 2016. *Vliyanie fitomelioratsii na gumusnoe sostoyanie, mikrofloru i agrofizicheskie pokazateli agroabrazmova Primor'ya* [Influence of phytomelioration on humic condition of soil, microflora and ag-

rophysical indicators of agrogenic abrasive soil in Primorye]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], no. 9(151), pp. 51-56. (In Russian).

7. Rakhmonov I., Tashbekov U., 2020. *Fitomelioratsiya zasolennykh pochv s pomoshch'yu posevov solodkovogo kornya (Glycyrrhiza glabra)* [Phytomelioration of salty soils by licorice root (*Glycyrrhiza glabra*)]. *Vladimirskiy zemledelets* [Vladimirskiy Farmer], no. 2(92), pp. 33-39. (In Russian).

8. Zungrueva S.N., 2016. *Tekhnologii fitomelioratsii degradirovannykh oroshaemykh zemel' v Respublike Kalmykiya rasteniyami solodki goloy i pyreya solonchakovogo* [Phytomelioration technologies of degraded irrigated lands in the Republic of Kalmykia with plants of licorice and solonchak couch grass]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: problemy i puti resheniya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Irrigation and Water Management: Problems and Solutions: Proc. of the International Scientific-Practical Conference], pp. 237-241. (In Russian).

9. Makarychev S.V., 2016. *Vliyanie fitomelioratsii na uluchshenie teplofizicheskogo rezhima solontsovykh pochv sukhostepnoy zony Altayskogo kraya* [The effect of phytomelioration on improving the thermophysical regime of solonetz soils in the dry steppe zone of the Altai Territory]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], no. 9(143), pp. 34-38. (In Russian).

10. Dedova E.B., Goldvarg B.A., Tsagan-Mandzhiev N., 2020. Land degradation of the Republic of Kalmykia: problems and reclamation methods. *Arid Ecosystems*, vol. 10, iss. 2, pp. 140-147, DOI: 10.1134/S2079096120020043.

11. Shchedrin V.N., Balakay G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Shalashova O.Yu., Tabala G.I., 2017. *Rukovodstvo po kontrolyu i regulirovaniyu pochvennogo plodorodiya oroshaemykh zemel'* [Guidelines for Control and Regulation of Soil Fertility of Irrigated Lands]. Novochoerkassk, 137 p. (In Russian).

12. Misebo A.M., Ayano S.F., Pietrzykowski M., 2021. Effects of natural rehabilitation of degraded land by enclosure on selected soil physicochemical properties in Eastern Ethiopia. *Agronomy*, vol. 11, iss. 8, 1628, DOI: 10.3390/agronomy11081628.

13. Gurina I.V., Mikheev N.V., Kalashnikov A.A., 2017. *Tekhnologiya fitomelioratsii aerodroma maloy aviatsii* [Phytomelioration technology for a small aviation airfield]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. Puti povysheniya effektivnosti i ekologicheskoy bezopasnosti melioratsiy zemel' yuga Rossii: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konf. (Shumakovskiy chteniye)* [Irrigation and Water Management. Ways of Improving the Efficiency and Environmental Safety of Land Reclamation in the South of Russia: Proc. of All-Russian Scientific-Practical Conference (Shumakov Readings)]. Novochoerkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov, pp. 24-30. (In Russian).

14. Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Shalashova O.Yu., 2016. *O pravilakh provedeniya meropriyatiy po khimicheskoy melioratsii pochv* [On the rules for carrying out measures for chemical soil reclamation]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(64), pp. 177-182. (In Russian).

15. Skuratov N.S., Shalashova O.Yu., Lozanovskaya I.N., Dokuchaeva L.M., Usanina T.V., 2005. *Melioratsiya solontsovykh pochv v usloviyakh orosheniya* [Reclamation of Solonetz Soils under Irrigation]. Novochoerkassk, 180 p. (In Russian).

16. Yurkova R.E., Dokuchaeva L.M., 2016. [Changes in physical and chemical properties of integrated cover soils with different methods and rates of phosphogypsum application]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 4(24), pp. 100-117, available: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec1116-field12.pdf [accessed 12.01.2022]. (In Russian).

17. Scipin L., Scipin D., Petukhova V., Monakhova Z., 2018. Efficiency of chemical ameliorants for reclamation of bore mud and solonchic soils of Siberia and Ural. IOP Conf.

Series: Earth and Environmental Science, vol. 337, iss. 1, 012030, DOI: 10.1088/1755-1315/337/1/012030.

18. Tkachenko N.A., Shklyar V.N., 2016. *Vliyanie izvestkovaniya pri raznykh sistemakh udobreniya na kachestvennyy sostav gumusa seroy lesnoy pochvy* [Influence of chalking on with different fertilizer systems on the qualitative composition of gray forest soil humus]. *Pochvovedenie i agrokhimiya* [Soil Science and Agro-Chemistry]. Institute of Soil Science and Agrochemistry, Minsk, no. 1(56), pp. 145-152. (In Russian).

19. Lopatovskaya O.G., Sugachenko A.A., 2010. *Melioratsiya pochv. Zasolennye pochvy: uchebnoe posobie* [Soil Reclamation. Saline Soils: textbook]. Irkutsk, IrkGU Publ., 101 p. (In Russian).

20. Zeidelman F.R., 2014. *Degradatsiya melioriruyemykh pochv Rossii i sopredel'nykh stran v rezul'tate izmeneniya ikh vodnogo rezhima i sposoby zashchity* [Degradation of Reclaimed Soils in Russia and Neighboring Countries as a Result of Changes in Their Water Regime and Methods of Protection]. Voronezh, Quarta Publ., 269 p. (In Russian).

21. Amanbaeva B.Sh., Bekbaev R.K., Dzhaysambekova R.A., 2017. *Kompleksnaya melioratsiya degradirovannykh oroshaemykh zemel' yuga Kazakhstana* [Integrated reclamation of degraded irrigated lands in the south of Kazakhstan]. *Nauka i Mir* [Science and World], vol. 1, no. 11(51), pp. 56-59. (In Russian).

22. Masny R.S., Vasiliev S.M., Balakay G.T., Babichev A.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2021. *Vybor priemov vosproizvodstva plodorodiya solontsovykh pochv pri oroshenii* [Choice of Techniques for Reproducing the Fertility of Solonetz Soils under Irrigation]. Novocheerkassk, RosNIIPM Publ., 20 p. (In Russian).

23. Kizyaev B.M., Pulatov E.Ya., Yuldashev Kh.U., 2017. *Puti reabilitatsii zasolennykh oroshaemykh zemel'* [Ways of rehabilitation of saline irrigated lands]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 1, pp. 36-38. (In Russian).

24. Luneva E.N., Surovikina A.P., 2018. *Sovershenstvovanie sredstv i tekhnologiy kompleksnoy meliorativnoy obrabotki zasolennykh oroshaemykh zemel'* [Improving the means and technologies of integrated reclamation treatment of saline irrigated lands]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Shumakovskie chteniya) s mezhdunarodnym uchastiem* [Irrigation and Water Management: Proc. of All Russian Scientific-Practical Conference (Shumakov's Readings) with International Participation], pp. 42-48. (In Russian).

25. Mirsaitov R.G., 2017. *Snizhenie effektivnosti ispol'zovaniya oroshaemykh zemel' vsledstvie ukhudsheniya ikh meliorativnogo sostoyaniya* [The efficiency decrease of irrigated land use due to deterioration of its ameliorative state]. *Nauka i mir* [Science and World], vol. 2, no. 12(52), pp. 33-37. (In Russian).

26. Gurina I.V., Mikheev N.V., Gurin K.G., Shchirenko A.I., 2019. *Opyt primeneniya nauchno obosnovannykh rezhimov orosheniya na meliorirovannykh zemlyakh Rostovskoy oblasti* [Science-based irrigation regimes use in reclaimed lands of Rostov region]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Shumakovskie chteniya) s mezhdunar. uchastiem, posvyashchennoy 130-letiyu so dnya rozhdeniya akad. B. A. Shumakova* [Irrigation and Water Management: Proc. of All Russian Scientific-Practical Conference (Shumakov's Readings) with International Participation, dedicated to the 130th Anniversary of Academician B.A. Shumakov], pp. 32-36. (In Russian).

27. Romanova L.G., Kizhaeva V.E., 2021. *Ekspluatatsionnye i gidrogeologicheskie trebovaniya i ogranicheniya dlya povysheniya pochvennogo plodorodiya dlitel'no oroshaemykh zemel'* [Operational and hydrogeological requirements and restrictions for increasing soil fertility in long-term irrigated lands]. *Ekonomiko-matematicheskie metody analiza deyatel'nosti predpriyatiy APK: materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konf.* [Economic and Mathematical Methods for Analyzing the Activities of Agricultural Enterprises: Proc. of the V International Scientific-Practical Conference]. Saratov, pp. 214-221. (In Russian).

28. Semenova A.A., Sakhnov A.Yu., 2020. *Sistemy inzhenernoy zashchity oroshayemykh zemel' ot podtopleniya i vtorichnogo zasoleniya* [Systems of engineering protection of irrigated lands from flooding and secondary salinization]. *Enigma* [Enigma], no. 17-1, pp. 245-252. (In Russian).

29. Godunova E.I., Shapovalova N.N., Shkabarda S.N., Khripunov A.I., 2017. *Sostoyanie i puti povysheniya produktivnosti oroshayemykh zemel' v Stavropol'skom krae* [Status and methods of increasing the productivity of irrigated land in Stavropol Territory]. *Plodородие* [Fertility], no. 5(98), pp. 44-47. (In Russian).

30. Kholov T.A., 2019. *Mirovoy opyt effektivnogo ispol'zovaniya oroshayemykh zemel'* [World experience in the effective use of irrigated lands]. *Vestnik Bokhtarskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Nosira Khusrava. Seriya gumanitarnykh i ekonomicheskikh nauk* [Bulletin of Bokhtar State University named after Nosir Khusrav. Humanities and Economics Series], no. 1-1(59), pp. 173-177. (In Russian).

31. Nurgizarinov A.M., Nazarov E.A., Sharipova A.Zh., Arystan E.Zh., 2014. *Ekologicheskoe sostoyanie i puti meliorativnogo uluchsheniya oroshayemykh zemel' v nizov'ye reki Syrdar'i* [Ecological state and ways of reclamation improvement of irrigated lands in the lower reaches of the Syrdarya River]. *Gidrometeorologiya i ekologiya* [Hydrometeorology and Ecology], no. 3(74), pp. 185-187. (In Russian).

32. Vinay S., Heikham E., 2019. Strategies for reclamation of saline soils. *Microorganisms in Saline Environments: Strategies and Functions*, vol. 56, pp. 439-449, DOI: 10.1007/978-3-030-18975-4-1.

Информация об авторах

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

А. А. Бабенко – младший научный сотрудник.

Information about the authors

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

A. A. Babenko – Junior Researcher.

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 interest.

Статья поступила в редакцию 17.01.2022; одобрена после рецензирования 08.02.2022; принята к публикации 09.02.2022.

The article was submitted 17.01.2022; approved after reviewing 08.02.2022; accepted for publication 09.02.2022.