

**Проблемы орошаемого земледелия Поволжья и их решение**

**Нина Анатольевна Пронько**

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия  
e-mail: n\_pronko@mail.ru

**Аннотация.** В статье показаны проблемы орошаемого земледелия Поволжья на разных этапах его становления, начиная с зарождения широкой ирригации в регионе в 1966 г. и по настоящее время; выявленные автором совместно с его единомышленниками и учениками причины их возникновения и разработанные ими научные решения. Установлено, почему не была реализована изначальная социально-экономическая функция мелиорации «Создание в Поволжье зоны гарантированного производства зерна». Доказано, что решением данной проблемы могло бы быть возделывание карликовых не полегающих сортов пшеницы и применение ингибиторов роста, в частности хлорхолинхлорида. Для достижения высокой продуктивности поливного гектара, учитывая, что орошение изменяет условия произрастания сельскохозяйственных культур, были изучены региональные особенности потребления ими влаги и элементов питания, на базе чего разработаны и внедрены новые агротехнологии. Важнейшими проблемами орошаемого земледелия региона стали активно развивающиеся деградационные процессы: подъем грунтовых вод, вторичное засоление, дегумификация, уплотнение почв и разрушение почвенной структуры. Установлены объективные и субъективные причины данных процессов, закономерности их развития в поливных агроландшафтах Поволжья, разработаны эффективные приемы, предупреждающие развитие и снижающие степень выраженности деградации. Так доказано, что уменьшения инфильтрационного питания с полей и нормализации мелиоративной обстановки на них можно достичь применением разработанных дифференцированных поливных режимов культур; предотвращение дегумификации почв и увеличение содержания гумуса возможно только на основе органо-минеральной системы удобрений с использованием расчетных доз удобрений, определенных предложенным комплексным методом расчета по прогнозируемому ротационному балансу элементов питания. Установлено, что эффективным приемом предупреждения дегумификации, снижения плотности и восстановления почвенной структуры является сидерация. Первопричиной, обуславливающей развитие в поливных агроландшафтах Поволжья нежелательных почвенно-мелиоративных процессов и их низкую продуктивность, является неадаптивный природным условиям характер систем орошаемого земледелия. Для решения данной проблемы создан инструментарий адаптации региональных систем земледелия экологическим условиям конкретного поля, представляющий собой комплекс современных информационных технологий, в том числе локальный комплексный ГИС-мониторинг и три информационно-советующие системы по управлению водным режимом, потенциальным, эффективным плодородием и физической составляющей плодородия орошаемых почв. Орошаемое земледелие было и остается очень затратной отраслью. Это затрудняет его развитие, особенно в период экономических кризисов. Для увеличения урожайности овощных культур в этих условиях разработаны низкзатратные технологии: режимы орошения и системы минеральных удобрений при капельном поливе и технологии применения хелатных удобрений, включая виды, дозы, сроки и способы внесения. Важной проблемой является вовлечение заброшенных из-за засоления участков в земледелие. Для ее решения впервые на основании изучения почвенно-мелиоративных процессов, происходящих в бросовых землях, установлено, в каких условиях возможна их само мелиорация и разработан метод определения степени засоления по результатам геоботанического мониторинга.

**Ключевые слова:** ирригация; орошаемое земледелие; водный баланс территорий; деградация агроландшафтов; грунтовые воды; засоление; дегумификация; уплотнение; деструктуризация; режимы орошения; система удобрений; сидерация; способ полива; информационные технологии.

**Для цитирования:** Пронько Н.А. Проблемы орошаемого земледелия Поволжья и их решение // Аграрный научный журнал. 2022. № 11. С. 24–30. <http://10.28983/asj.y2022i11pp24-30>.

AMELIORATION

Original article

**Problems of irrigated agriculture in the Volga region and their solution**

**Nina Anatolievna Pronko**

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia  
e-mail: n\_pronko@mail.ru

**Abstract.** The article shows the problems of irrigated agriculture in the Volga region at different stages of its formation, starting from the emergence of widespread irrigation in the region in 1966 and up to the present; the reasons for their occurrence identified by the author, together with his like-minded people and students, and the scientific solutions developed by them. It was established why the initial socio-economic function of land reclamation “Creation of a zone of guaranteed grain production in the Volga region” was not implemented. It has been proven that the solution to this problem could be the cultivation of dwarf non-lodging wheat varieties and the use of growth inhibitors, in particular chlorocholine chloride. To achieve high productivity of an irrigated hectare, given that irrigation changes the conditions for the growth of agricultural crops, the regional characteristics of their consumption of moisture and nutrients were studied, on the basis of which new agricultural technologies were developed and introduced. The most important problems of irrigated agriculture in the region are actively developing degradation processes: groundwater rise, secondary salinization, dehumification, soil compaction and destruction of soil structure. The objective and subjective causes of these processes, the



patterns of their development in the irrigated agrolandscapes of the Volga region have been established, effective methods have been developed to prevent development and reduce the severity of degradation. Thus, it has been proven that the reduction of infiltration nutrition from the fields and the normalization of the reclamation situation on them can be achieved by using the developed differentiated irrigation regimes for crops; prevention of soil dehumification and an increase in humus content is possible only on the basis of an organo-mineral fertilizer system using the calculated doses of fertilizers determined by the proposed complex calculation method according to the predicted rotational balance of nutrients. It has been established that green manure is an effective method for preventing dehumification, reducing density and restoring soil structure. The primary reason for the development of undesirable soil-reclamation processes in the irrigated agrolandscapes of the Volga region and their low productivity is the nature of irrigated agriculture systems that is not adaptive to natural conditions. To solve this problem, a toolkit has been created for adapting regional farming systems to the environmental conditions of a particular field, which is a set of modern information technologies, including local integrated GIS monitoring and three information-advising systems for managing the water regime, potential, effective fertility and the physical component of the fertility of irrigated crops. soils. Irrigated agriculture has been and remains a very costly industry. This hinders its development, especially during economic crises. To increase the yield of vegetable crops under these conditions, low-cost technologies have been developed: irrigation regimes and systems of mineral fertilizers with drip irrigation and technologies for the use of chelated fertilizers, including types, doses, timing and methods of application. An important problem is the involvement of areas abandoned due to salinization in agriculture. To solve it, for the first time, based on the study of soil-reclamation processes occurring in waste lands, it was established under what conditions their self-reclamation is possible and a method was developed for determining the degree of salinity based on the results of geobotanical monitoring.

**Keywords:** irrigation; irrigated agriculture; water balance of territories; degradation of agricultural landscapes; ground water; salinity; dehumification; seal; destructuring; irrigation regimes; fertilizer system; sideration; watering method; information technology.

**For citation:** Pronko N. A. Problems of irrigated agriculture in the Volga region and their solution // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(11):24–30. (In Russ.). <http://10.28983/asj.y2022i11pp24-30>.

**Введение.** Важнейшей проблемой АПК является обеспечение продовольственной безопасности страны и ее регионов. Ее обострение в настоящее время обусловлено целым рядом факторов. Одними из основных выступают сокращение орошаемых земель в засушливых регионах страны и усиление аридизации климата. Так площадь чл-сящихся на балансе поливных земель сократилась в РФ с 6,16 млн га в 1990 г. до 4,26 млн га, а реально поливаемая площадь с 4,88 млн до 2,04 млн га [1].

К аридным регионам страны, в котором произошло наиболее сильное сокращение площади орошаемых земель, относится Поволжье. В регионе в засушливые годы производство кормов и зерна нередко снижается в 5 и более раз, что и определило широкое развитие орошения, начиная с 1966 г. Становление орошаемого земледелия в Поволжье в течение своей более полувековой истории, как любой развивающейся системы, было сложным, и прошло несколько этапов. На каждом из них возникало много проблем, обусловленных и социально-экономическими, и природными, и технологическими условиями, в которых развивалась отрасль. Возникавшие проблемы требовали изучения: выяснения породивших их причин, разработки путей и способов решения. От результатов изучения зависела эффективность орошаемого земледелия, в том числе способность выполнения возложенных социально-экономических функций и сохранения природного потенциала поливных агроландшафтов.

Успешным возрождение ирригации в Поволжье может быть только, если оно будет опираться на исторический научный опыт. Поэтому целью настоящей работы было изучение становления орошаемого земледелия в регионе, в том числе этапов развития, отдельных наиболее важных проблем отрасли и обзор их авторского решения за практически полувековой период.

**Методика исследований.** Основным методом исследований являлся аналитический. Был выполнен анализ результатов разработок автора с единомышленниками и учениками элементов технологий выращивания (сорт, режимы орошения, система удобрений) при поливе зерновых колосовых, зернобобовых и кормовых культур в различных природно-климатических зонах Поволжья; исследований почвенных и мелиоративных процессов в орошаемых агроландшафтах региона; создания комплекса современных информационных технологий – инструментария адаптации систем орошаемого земледелия Поволжья экологическим условиям конкретного поля. Разработка технологий и изучение почвенно-мелиоративных процессов осуществлялось в полевых экспериментах, выполненных в типичных экологических условиях с соблюдением общепризнанных ГОСТированных методик, результаты экспериментов подвергнуты статистической обработке. При создании инструментария адаптации систем орошаемого земледелия использовались теоретические методы исследования – математическое моделирование, системный анализ, геоинформационное моделирование и геоинформационный анализ, математическая статистика.

**Результаты исследований.** После развертывания широкой ирригации в Поволжье, начатой после 1966 г., в истории орошаемого земледелия региона можно выделить три этапа. Первый (1966–1990 гг.) характеризовался интенсивным ростом площади орошаемых сельскохозяйственных угодий: со 170,6 тыс. га в 1966 г. до 1189 тыс. га в 1980 г., которые достигли максимума в 1990 г. – 1689 тыс. га. На втором этапе (1991 г. – по настоящее время) в связи с социально-экономической реорганизацией и глубоким экономическим кризисом в стране происходит уменьшение площадей существующих и прекращение ввода новых орошаемых земель. Третий этап пока только намечается, о чем свидетельствует большое внимание правительства нашей страны и органов управления субъектов Российской Федерации развитию мелиорации земель.

При развертывании широкой ирригации основной ее социально-экономических функций было «Создание в Поволжье зоны гарантированного производства зерна». Поэтому первые оросительные системы были запроектированы и построены на зерно-кормовые севообороты и характеризовались низким гидромодулем. К сожалению,





эта функция не была реализована, о чем свидетельствует тот факт, что проектная урожайность по зерновым так и не была достигнута [2].

Это было связано с тем, что на начало широкой ирригации в стране не было сортов адаптивных орошаемым условиям, и это было связано с отменой в 1950-х гг. в НИИ земледелия Юго-Востока СССР (позднее НИИСХ Юго-Востока) направления селекции яровой пшеницы для орошения. На орошаемых землях стали возделывать сорта пшеницы степного экотипа, которые при поливе сильно полегали, в силу чего их урожайность нередко была не только не выше, а даже ниже, чем при возделывании на богаре. Для исправления ситуации были закуплены в Америке, Канаде, Индии и изучены в орошаемых условиях региона карликовые сорта культуры. Так нашими исследованиями [3, 4] экспериментально подтверждена возможность получения на орошаемых землях Заволжья 6 т/га яровой пшеницы на базе короткостебельного сорта Верлд Сидз 1877, выявлены особенности сортогипа культуры, в наибольшей степени соответствующих орошаемым условиям региона. Данный сорт был районирован в Саратовской области. В других поволжских областях были районированы другие из закупленных карликовые сорта. Однако их семеноводство так и не было организовано, и они так и не стали возделываться на больших площадях.

Другое направление повышения урожайности сортов степного экотипа направлено на уменьшение их полегания путем применения ингибиторов роста. Так нашими исследованиями была доказана высокая эффективность хлорхлинхлорида (препарат ТУР) при возделывании склонных к полеганию сортов злаковых культур степного экотипа [5].

Со временем все очевиднее становилась неэффективность доминирующего использования на поливных землях региона злаковых колосовых культур. Кроме того, активно развивающееся животноводство требовало все больше кормов. Это обусловило смену социально-экономической функции орошаемого земледелия. Ею стало «Укрепление кормовой базы для животноводства».

Орошение, изменяя водный, а вместе с ним питательный и воздушный режимы почв, создавало принципиально отличные от богарных условия произрастания всех сельскохозяйственных культур. Поэтому поливное земледелие требовало изучения потребления сельскохозяйственными культурами влаги и элементов питания, разработки и внедрения новых агротехнологий при возделывании в поливных условиях региона. Нами были изучены особенности потребления и выноса элементов питания пшеницей [6], разработаны усовершенствованные технологии возделывания при орошении озимой и яровой пшеницы, сои, люцерны, кукурузы в Саратовской, а также в Самарской и Астраханской областях [7–11], экологически безопасные системы удобрений и поливов [12, 13], которые вошли в «Систему ведения агропромышленного производства Саратовской области на 1996–2000 гг.», «Концепцию развития АПК Саратовской области до 2005 года».

Уже на первом этапе ирригации в орошаемых агроландшафтах Поволжья стали активно развиваться деградационные процессы, в первую очередь подъем грунтовых вод и вторичное засоление, обусловившие рост площадей мелиоративно неблагоприятных по УГВ и засолению земель. К 1990 г. в Саратовской, Волгоградской, Астраханской областях их площадь составила соответственно 8,38, 14,00 и 19,23 % от общей площади орошаемых земель. Согласно [14] в первые 15 лет орошения в 10-километровой зоне к Волгоградскому водохранилищу грунтовые воды поднимались со скоростью 0,2–0,4, а далее от реки Волги – 0,5–0,7, на Прикаспийской низменности – 0,3 до 0,8 м в год. Эти процессы были связаны с увеличением приходной части водного баланса территорий на 30–60 % и усилением в связи с этим питания грунтовых вод. Выполненный нами анализ [15] показал, что объективными причинами неблагоприятных мелиоративных процессов стали: плохая естественная дренированность вовлеченных в орошение территорий: скорость оттока грунтовых вод в долине реки Волги 150–300, на Низкой Сыртовой равнине 50–150, в Прикаспийской низменности менее 50 м/год; слабая фильтрационная способность водовмещающих пород – коэффициент фильтрации пород от 1,0–0,2 в долине Волги до 0,01–0,10 м/сут. в Прикаспийской низменности; минерализация грунтовых вод – от 0,2–10 в долине Волги, 3–25 на Низкой Сыртовой равнине и более 10 г/л в Прикаспийской низменности. Важнейшими субъективными причинами подъема грунтовых вод и вторичного засоления в регионе стали: неправомерно низкая доля поливных земель, оборудованных дренажными системами (0,1 % в Саратовской и 5,5 % в Волгоградской области), доминирование (до 70 %) в орошаемых севооборотах водоемких культур; использование поливных норм, превышающих на 50–100 % нормативные зональные, приводящих к потере поливной воды за пределы корнеобитаемого слоя; широкое применение ранних весенних поливов многолетних трав и озимых культур.

Исходя из объективных причин подъема грунтовых вод и вторичного засоления в регионе кардинальным способом предотвращения данных процессов должен был бы стать дренаж. Однако, как показано нами [16], его использование в современных экономических условиях не представляется возможным по причине высокой стоимости строительства, эксплуатации, а также неизбежного возникновения проблемы утилизации высокоминерализованного дренажного стока, который вовлек бы в круговорот поверхностных вод огромное количество солей, что привело бы к труднопреодолимой экологической катастрофе. Учитывая это, а также перечисленные выше субъективные причины роста в регионе площадей мелиоративно неблагоприятных по УГВ и засолению земель, считаем, что главным приемом, обеспечивающим предотвращение подъема грунтовых вод, является применение дифференцированных режимов орошения сельскохозяйственных культур. Разработанные нами дифференцированные по предполивному порогу влажности почвы – с сохранением усиленной водоподдачи только в критические периоды развития, и по мощности активного слоя – при постепенном ее увеличении по мере роста корневого системы и углубления зоны активного влагообмена, режимы орошения основных культур орошаемых севооборотов озимой пшеницы, люцерны, сои сокращают затраты поливной воды соответственно на 612, 634 и 1080 м<sup>3</sup>/га [17].



Не менее опасными деградационными процессами, которые развиваются в орошаемых агроландшафтах уже на первом этапе развертывания широкой ирригации в Поволжье, стали прогрессирующая дегумификация почв, уплотнение и разрушение почвенной структуры.

Нашими исследованиями закономерностей дегумификации орошаемых темно-каштановых почв сухостепного Заволжья, занимающих 30 % пахотных земель области и большую часть всего поливного клина, было установлено [18, 19], что процесс их дегумификации более выражен по сравнению с неорошаемыми, и он усиливается с увеличением периода орошения и интенсификации земледелия; уменьшение содержания и запасов гумуса при орошении сопровождается негативными изменениями его качественного состава, проявляющееся в уменьшении доли подвижных соединений гумусовых веществ и увеличении содержания консервативной части гумуса, снижении отношения суммы гуминовых кислот к сумме фульвокислот; дегумификация почв приводит к их уплотнению и разрушению почвенной структуры.

Изучение различных систем удобрений позволило доказать, что дегумификацию невозможно предотвратить, внося только минеральные удобрения. Более того, увеличение доз минеральных удобрений способствует усилению данного процесса [18]. Установлено, что предотвращение дегумификации почв и восстановление содержания гумуса возможно только на основе органо-минеральной системы удобрений с использованием расчетных доз удобрений, определенных предложенным комплексным методом расчета по прогнозному ротационному балансу элементов питания [20], которые обеспечивают формирование заданных в соответствии с почвенными условиями балансов углерода, азота, фосфора, калия. Так в орошаемой с 1948 г. темно-каштановой почве ОПХ ВолжНИИГиМ, потерявшей за более чем полувековой период использования 30 % гумуса, внесение среднегодовых доз навоза 26,6 т/га и минеральных удобрений N109P17K15 и N153P29K15 увеличивало содержание гумуса к концу шестилетней ротации зернотравопропашного севооборота на 0,07–0,17 % при разных системах поливов [21].

Эффективным приемом предупреждения дегумификации, снижения плотности и восстановления почвенной структуры является сидерация. Так запашка сидератов, в качестве которых мы использовали овес, горох, нуто-ячменную и вико-овсяную травосмеси, козлятник восточный, козлятник восточный в смеси с кострцом 6-го года жизни, обеспечивала за счет поступления до 11,53 т/га свежего органического вещества формирование положительного баланса гумуса в сильно дегумифицированной, уплотненной орошаемой темно-каштановой почве (до 2,02...2,83 т/га при использовании сидеральной массы многолетних трав и до 0,4...0,81 т/га однолетних культур), снижение ее плотности сложения на 5 % и повышение содержания агрономически ценных агрегатов на 6...12 %, водопрочных – 16–34 % [22].

Выполненный анализ региональных систем орошаемого земледелия показал, что серьезнейшей причиной, обуславливающей развитие в орошаемых агроландшафтах Поволжья нежелательных почвенно-мелиоративных процессов, и, как следствие, низкую продуктивность поливных земель, является их неадаптивный природным условиям характер. Следствием этого является низкое качество управления при принятии технологических решений, в том числе по системам поливов и удобрений, при выращивании сельскохозяйственных культур на отдельном поле. Для решения данной проблемы мы создали инструментарий адаптации систем орошаемого земледелия Поволжья экологическим условиям конкретного поля. Он представляет собой сложный комплекс современных информационных технологий [23–25]. Его базовой основой стал локальный комплексный ГИС-мониторинг, программные средства которого позволили собирать в атрибутивной базе данных информацию о почвенных, топографических, гидрогеологических условиях, мелиоративном и агрохимическом состоянии орошаемых земель хозяйства, отображать ее на тематических картах, анализировать тенденции изменения основных показателей почвенного плодородия. В инструментарий также вошли три информационно-советующие системы (ИСС): по управлению водным режимом (ИСС «Режимы орошения»), потенциальным и эффективным плодородием орошаемых почв (ИСС «Управление плодородием орошаемых почв») и физической составляющей почвенного плодородия (ИСС «Сидерация»).

Сокращение на втором этапе развития орошаемого земледелия региона площади поливных земель негативно отразилось на объемах производства в нем растениеводческой продукции. Кроме того, отрасль продолжает оставаться весьма затратной, несмотря на значительное снижение водозабора и кратности поливов и объемов внесения удобрений [18]. В этих условиях для увеличения производства продовольствия и обеспечения продовольственной безопасности необходимо дальнейшее увеличение урожайности поливных культур без применения затратных технологий. Для решения обозначенной проблемы, а также для успешного возрождения мелиорации в регионе, мы развернули исследования по капельному орошению и применению при их возделывании хелатных удобрений в качестве технологических комплексов, основанных на максимальном ресурсоэнергосбережении, экологической безопасности, получении конкурентоспособной продукции.

Были изучены ранее не известные особенности водопотребления [26, 27], потребления и выноса элементов питания овощных культур на зональных почвах при капельном орошении [28], выноса NPK при применении хелатных удобрений [29]; разработаны режимы орошения и системы минеральных удобрений при капельном поливе томатов, огурца, капусты белокочанной, баклажан и других овощных культур [30–32]. Разработаны рациональные технологии применения хелатных удобрений, включая виды, дозы, сроки и способы внесения, при выращивании овощных культур [33–35]. При этом было показано, что в отличие от дождевания произведенные затраты на внедрение системы капельного орошения овощных культур окупаются при внесении удобрений в первый же год после ввода ее в эксплуатацию, а затраты при применении хелатных удобрений значительно ниже по сравнению с таковыми на минеральные туки.



На текущем этапе развития орошаемого земледелия в регионе для уменьшения дефицита продовольствия и, учитывая ограниченность земельных ресурсов, важной проблемой является вовлечение заброшенных из-за засоления участков в земледелии. Для этих целей были впервые изучены почвенно-мелиоративные процессы в бросовых почвах, установлено, что изменения водного и солевого режимов, делающих возможным их сельскохозяйственное использование, в большей мере зависит от степени дренированности территорий и весеннего снеготаяния; на основании изучения особенностей формирования растительных сообществ на заброшенных участках разработан метод определения степени засоления по результатам геоботанического мониторинга [36, 37].

**Заключение.** Для успешного возрождения в Поволжье мелиорации и функционирования орошаемого земледелия важно опираться на знания истории развития отрасли и опыт решения возникавших в период его становления проблем:

в условиях изоляции России коллективным западом для обеспечения посевных площадей семенами развивать отечественное семеноводство, учитывая первостепенную роль сорта в продуктивности орошаемого гектара, не забывая, что почти 100 % посевов овощных культур, более 70 % подсолнечника и 60 % сахарной свеклы засеивались импортными семенами. Перевод семеноводства только на местные сорта неизбежно приведет к снижению валовых сборов сельскохозяйственных культур;

при управлении производством растениеводческой продукции на поливных землях региона применять разработанный инструментарий, обеспечивающий адаптацию систем орошаемого земледелия региона экологическим условиям конкретного поля, что обеспечит предотвращение развития деградационных процессов, снизит затратность отрасли и повысит продуктивность поливного гектара;

для снижения инфильтрационного питания применять дифференцированные режимы орошения, для предотвращения дегумификации и снижения эффективного плодородия – метод расчета доз удобрений по прогнозируемому ротационному балансу элементов питания и активно использовать сидерацию;

в условиях экономического кризиса и для снижения затратности отрасли, увеличения урожайности овощных культур использовать низкзатратные технологии: режимы орошения и системы минеральных удобрений при капельном поливе и технологии применения хелатных удобрений;

с целью определения порядка очередности ввода бросовых из-за засоления земель в сельскохозяйственное использование использовать установленную зависимость возможности их само мелиорации от степени дренированности территорий и метод определения степени засоления по результатам геоботанического мониторинга.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. М., 2013. 66 с.
2. Шувалов А.Н., Фомин Г.И., Колчина Н.А. Современные системы орошаемого земледелия Поволжья и пути их реформирования. Саратов, 1994. 58 с.
3. Фокеев П.М., Колчина Н.А., Болотный В.Е. Орошение короткостебельной яровой пшеницы Верлд Сидз 1877 // Мелиорация земель Поволжья: сб. науч. тр. М., 1979. С. 36–44.
4. Фокеев П.М., Колчина Н.А. Роль сорта в программированном выращивании высоких урожаев яровой пшеницы на орошаемых землях // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 7. С. 3–9.
5. Фокеев П.М., Колчина Н.А., Кузнецов А.Н., Фомин Г.И. Тур на орошаемых посевах Саратовского Заволжья // Зерновое хозяйство. 1983. № 3. С. 36.
6. Фокеев П.М., Колчина Н.А. Влияние режимов орошения и удобрений на пищевой режим почвы, вынос элементов питания, урожай и качество зерна яровой пшеницы на темно-каштановых почвах Заволжья // Агротехника. 1984. № 11. С. 44–50.
7. Фокеев П.М., Кузнецов А.Н., Колчина Н.А., Фомин Г.И. Высокие сборы яровой пшеницы при орошении // Вестник сельскохозяйственной науки. 1979. № 1. С. 84–91.
8. Губанов П.Е., Колчина Н.А. Технология возделывания сои на орошаемых землях Поволжья и задачи по ее совершенствованию // Селекция, семеноводство и технология возделывания сои: сб. науч. тр. Тбилиси, 1983. С. 173–181.
9. Колчина Н.А. Совершенствование интенсивных технологий возделывания яровой пшеницы при орошении в Поволжье // Вестник сельскохозяйственной науки. 1987. № 6. С. 42–46.
10. Колчина Н.А., Муравлев А.П., Морковин В.Т., Силаев А.И. Интенсивные технологии возделывания зерновых на орошаемых землях Поволжья // Земледелие. 1989. № 4. С. 47–52.
11. Пронько Н.А., Панченко Ю.И. Водосберегающая технология возделывания новых и перспективных сортов сои на орошаемых землях Саратовского Заволжья // Вопросы мелиорации и водного хозяйства Саратовской области: сб. науч. тр. Саратов, 2002. С. 207–210.
12. Муравлев А.П., Колчина Н.А. Традиционные и экологически безопасные системы удобрений орошаемых культур в Поволжье // Совершенствование научного обеспечения применения средств химизации в земледелии: Тез. докл. науч.- практ. конф. М., 1989. С. 77–80.
13. Колчина Н.А., Муравлев А.П., Шадских В.А., Курашов А.А., Маликов А.А. Повышение эффективности использования оросительной воды // Совершенствование оросительных систем Поволжья: сб. науч. тр. М., 1988. С. 145–149.
14. Дубинский А.А., Фишман М.Я. Формирование минерализации грунтовых вод при орошении // Эксплуатация оросительных систем Поволжья: сб. науч. тр. М., 1987. С. 50–54.
15. Овчинников А.С., Бородычев В.В., Пронько Н.А., Фалькович А.С. Причины вторичного засоления орошаемых почв Нижнего Поволжья и его прогнозирование на основе математического моделирования влагопереноса // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2. С. 9–17.
16. Пронько Н.А., Корсаков В.В., Фалькович А.С., Загинацкий С.В. Пути решения проблемы борьбы с деградацией орошаемых земель Саратовской области // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2009. № 4. С. 38–45.



17. Пронько Н.А. Снижение негативного воздействия технологий на мелиоративные агроландшафты // *Аграрная наука*. 2001. № 9. С. 7–8.
18. Пронько Н.А., Романова Л.Г., Фалькович А.С. Изменение плодородия орошаемых каштановых почв Поволжья в процессе длительного использования и научные основы его регулирования. Саратов, 2005. 220 с.
19. Пронько Н.А., Корсак В.В., Корнева Т.В. Особенности дегумификации орошаемых темно-каштановых почв Саратовского Заволжья // *Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова*. 2009. № 10. С. 42–46.
20. Пронько Н.А., Корсак В.В. Метод расчета доз органических и минеральных удобрений по прогнозируемому ротационному балансу // *Агрохимия*. 2001. № 7. С. 66–71.
21. Пронько Н.А., Романова Л.Г. Изменение плодородия темно-каштановых почв Поволжья при длительном орошении и приемы его восстановления // *Плодородие*. 2005. № 4. С. 31–32.
22. Пронько Н.А., Корсак В.В., Фалькович А.С. Изменения агроландшафтов Саратовского Заволжья при широкомасштабных изменениях водного баланса территорий и способы предупреждения их деградации // *Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова*. 2013. № 8. С. 64–71.
23. Пронько Н.А., Корсак В.В., Холуденева О.Ю., Корнева Т.В. ГИС-технологии мониторинга плодородия орошаемых земель // *Плодородие*. 2006. № 1. С. 23–24.
24. Пронько Н.А., Корсак В.В., Корнева Т.В. ГИС-мониторинг мелиоративного состояния орошаемых земель (на примере сухостепного Заволжья) // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2008. № 6. С. 26–29.
25. Пронько Н.А., Корсак В.В., Холуденева О.Ю., Корнева Т.В. Информационные технологии рационального природопользования на орошаемых землях Поволжья. Саратов, 2009. 212 с.
26. Пронько Н.А., Голик К.С. Водопотребление баклажан в черноземной степи при капельном орошении // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2017. № 4. С. 52–58.
27. Пронько Н.А., Рябцева Т.Г. Водопотребление капусты белокочанной при капельном орошении в Саратовском Правобережье // *Аграрный научный журнал*. 2018. № 1. С. 27–30.
28. Пронько Н.А., Корсак В.В., Голик К.С., Рябова А.В., Новикова Ю.А. Закономерности влияния продуктивности овощей на вынос элементов питания при капельном поливе в сухостепном Поволжье // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2019. № 3 (35). С. 159–172.
29. Пронько В.В., Корсаков К.В., Пронько Н.А. Вынос и потребление элементов питания овощными и бахчевыми культурами на почвах Поволжья при внесении минеральных и гуминовых удобрений // *Плодородие*. 2022. № 2 (125). С. 67–70.
30. Пронько Н.А., Бикбулатов Е.И., Новикова Ю.А. Способ повышения эффективности капельного полива овощей в Нижнем Поволжье // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2015. № 3. С. 27–30.
31. Пронько Н.А., Бикбулатов Е.И. Повышение эффективности капельного орошения томатов в Саратовском Правобережье // *Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования*. 2015. № 7 (7). С. 163–166.
32. Пронько Н.А., Рябцева Т.Г., Голик К.С. Выращивание капусты белокочанной и баклажан при капельном поливе в Саратовском правобережье // *Аграрный научный журнал*. 2017. № 12. С. 45–48.
33. Пронько Н.А., Шушков Ю.С., Степанченко Д.А. Применение удобрений на основе гуминовых кислот при выращивании овощей в Саратовском Заволжье // *Плодородие*. 2015. № 4. С. 42–45.
34. Пронько Н.А., Корсаков К.В., Пронько В.В., Степанченко Д.А. Применение хелатных удобрений на орошаемых овощных культурах в Саратовском Заволжье // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 5. С. 41–45.
35. Пронько Н.А., Корсаков К.В., Пронько В.В., Степанченко Д.А. Сравнительная оценка отзывчивости орошаемых овощных культур на гуминовые удобрения в Саратовском Заволжье // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2020. № 3. С. 3–7.
36. Пронько Н.А., Фалькович А.С., Шевченко Е.Н., Бурунова В.С. Влияние ирригационного техногенеза на водно-солевой режим темно-каштановых почв и формирование растительных сообществ в Саратовском Заволжье. Саратов, 2006. 120 с.
37. Пронько Н.А., Овчинников А.С., Фалькович А.С., Бородычев В.В. Причины вторичного засоления орошаемых почв Нижнего Поволжья и его прогнозирование на основе математического моделирования влагопереноса // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2018. № 2 (50). С. 9–17.

## REFERENCES

1. Report on the state and use of agricultural land. – Moscow, 2013. 66 p. (In Russ).
2. Shuvalov A.N., Fomin G.I., Kolchina N.A. Modern systems of irrigated agriculture of the Volga region and ways of their reform. Saratov, 1994. 58 p. (In Russ).
3. Fokeev P.M., Kolchina N.A., Bolotny V.E. Irrigation of short-stemmed spring wheat Verld Sids 1877. *Land reclamation of the Volga region*. Moscow, 1979: 36–44. (In Russ).
4. Fokeev P.M., Kolchina N.A. The role of the variety in the programmed cultivation of high yields of spring wheat on irrigated lands. *Agricultural biology*. 1984; 7: 3–9. (In Russ).
5. Fokeev P.M., Kolchina N.A., Kuznetsov A.N., Fomin G.I. Tour on irrigated crops of the Saratov Volga region. *Grain farming*. 1983; 3: 36. (In Russ).
6. Fokeev P.M., Kolchina N.A. Influence of irrigation and fertilizer regimes on the nutritional regime of the soil, removal of nutrients, yield and quality of spring wheat grain on dark chestnut soils of the Volga region. *Agrochemistry*. 1984; 11: 44–50. (In Russ).
7. Fokeev P.M., Kuznetsov A.N., Kolchina N.A., Fomin G.I. High yields of spring wheat during irrigation. *Bulletin of Agricultural Science*. 1979; 1: 84–91. (In Russ).
8. Gubanov P.E., Kolchina N.A. Technology of soybean cultivation on irrigated lands of the Volga region and tasks for its improvement. *Breeding, seed production and soybean cultivation technology*. Tbilisi, 1983: 173–181. (In Russ).
9. Kolchina N.A. Improvement of intensive technologies of spring wheat cultivation during irrigation in the Volga region. *Bulletin of Agricultural Science*. 1987; 6: 42–46. (In Russ).
10. Kolchina N.A., Muravlev A.P., Morkovin V.T., Silaev A.I. Intensive technologies of grain cultivation on irrigated lands of the Volga region. *Agriculture*. 1989; 4: 47–52. (In Russ).

11. Pronko N.A., Panchenko Yu.I. Water-saving technology of cultivation of new and promising soybean varieties on irrigated lands of the Saratov Volga region. *Issues of land reclamation and water management of the Saratov region*. Saratov, 2002: 207–210. (In Russ).
12. Muravlev A.P., Kolchina N.A. Traditional and environmentally safe systems of fertilizers of irrigated crops in the Volga region. *Improvement of scientific support for the use of chemicals in agriculture*. Moscow, 1989: 77–80. (In Russ).
13. Kolchina N.A., Muravlev A.P., Shadskikh V.A., Kurashov A.A., Malikov A.A. Improving the efficiency of irrigation water use. *Improving irrigation systems of the Volga region*. Moscow, 1988: 145–149. (In Russ).
14. Dubinsky A.A., Fishman M.Ya. Formation of groundwater mineralization during irrigation // Operation of irrigation systems of the Volga region. Moscow, 1987: 50–54. (In Russ).
15. Ovchinnikov A.S., Borodychev V.V., Pronko N.A., Falkovich A.S., Causes of secondary salinization of irrigated soils of the Lower Volga region and its prediction based on mathematical modeling of moisture transfer. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education*. 2018; 2: 9–17. (In Russ).
16. Pronko N.A., Korsak V.V., Falkovich A.S., Zatinatsky S.V. Ways to solve the problem of Countering the degradation of irrigated lands of the Saratov region. *Bulletin of Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov*. 2009; 4: 38–45. (In Russ).
17. Pronko N.A. Reduction of the negative impact of technologies on reclamation agricultural landscapes. *Agrarian Science*. 2001; 9: 7–8. (In Russ).
18. Pronko N.A., Romanova L.G., Falkovich A.S. Changes in the fertility of irrigated chestnut soils of the Volga region in the process of long-term use and the scientific basis of its regulation. Saratov, 2005. 220 p. (In Russ).
19. Pronko N.A., Korsak V.V., Korneva T.V. Features of loss of humus of irrigated dark chestnut soils of the Saratov Volga region. *Bulletin of Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov*. 2009; 10: 42–46. (In Russ).
20. Pronko N.A., Korsak V.V. Method of calculating of doses of organic and mineral fertilizers according to the forecast rotational balance. *Agrochemistry*. 2001; 7: 66–71. (In Russ).
21. Pronko N.A., Romanova L.G. Change in fertility of dark chestnut soils of the Volga region during prolonged irrigation and techniques of its recovery. *Soil Fertility*. 2005; 4: 31–32. (In Russ).
22. Pronko N.A., Korsak V.V., Falkovich A.S. Changes in agricultural landscapes of the Saratov Volga region with large-scale changes in the water balance of territories and ways to prevent their degradation. *Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov*. 2013; 8: 64–71. (In Russ).
23. Pronko N.A., Korsak V.V., Kholudeneva O.Yu., Korneva T.V. GIS-technologies for monitoring the fertility of irrigated lands. *Soil Fertility*. 2006; 1: 23–24. (In Russ).
24. Pronko N.A., Korsak V.V., Korneva T.V. GIS- monitoring of the reclamation status of irrigated lands (on the example of the dry-steppe Volga region). *Melioration and water management*. 2008; 6: 26–29. (In Russ).
25. Pronko N.A., Korsak V.V., Kholudeneva O.Yu., Korneva T.V. Information technologies of rational nature management on irrigated lands of the Volga region. Saratov, 2009. 212 p. (In Russ).
26. Pronko N.A., Golik K.S. Water consumption of eggplant in the chernozem steppe with drip irrigation. *News of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education*. 2017; 4: 52–58. (In Russ).
27. Pronko N.A., Ryabtseva T.G. Water consumption of white cabbage with drip irrigation in the West Part of Saratov Region. *The agrarian Scientific Journal*. 2018; 1: 27–30. (In Russ).
28. Pronko N.A., Korsak V.V., Golik K.S., Ryabova A.V., Novikova Yu.A. Regularities of the effect of vegetable productivity on the removal of nutrients during drip irrigation in the dry-steppe Volga region. *Scientific Journal of the Russian Research Institute of Problems of Land Reclamation*. 2019; 3 (35): 159–172. (In Russ).
29. Pronko V.V., Korsakov K.V., Pronko N.A. Removal and consumption of food elements by vegetable and melon crops on the soils of the Volga region when applying mineral and humic fertilizers. *Soil Fertility*. 2022; 2 (125): 67–70. (In Russ).
30. Pronko N.A., Bikbulatov E.I., Novikova Yu.A. A way to increase the efficiency of drip irrigation of vegetables in the Lower Volga region. *Melioration and water management*. 2015; 3: 27–30. (In Russ).
31. Pronko N.A., Bikbulatov E.I. Improving the efficiency of drip irrigation of tomatoes in the West Part of Saratov Region. *Bulletin of the educational and methodological association for education in the field of environmental management and water use*. 2015; 7 (7): 163–166. (In Russ).
32. Pronko N.A., Ryabtseva T.G., Golik K.S. Growing white cabbage and eggplant with drip irrigation in the Saratov right bank. *The agrarian Scientific Journal*. 2017; 12: 45–48. (In Russ).
33. Pronko N.A., Shushkov Yu.S., Stepanchenko D.A. Application of fertilizers based on humic acids when growing vegetables in Saratov Zavolzhye. *Soil Fertility*. 2015; 4: 42–45. (In Russ).
34. Pronko N.A., Korsakov K.V., Pronko V.V., Stepanchenko D.A. Application of chelated fertilizers on irrigated vegetable crops in the Saratov Volga region. *The agrarian Scientific Journal*. 2021; 5: 41–45. (In Russ).
35. Pronko N.A., Korsakov K.V., Pronko V.V., Stepanchenko D.A. Comparative assessment of the responsiveness of irrigated vegetable crops to humic fertilizers in the Saratov Volga region. *Problems of agrochemistry and ecology*. 2020; 3: 3–7. (In Russ).
36. Pronko N.A., Falkovich A.S., Shevchenko E.N., Burunova V.S. The influence of irrigation technogenesis on the water-salt regime of dark chestnut soils and the formation of plant communities in the Saratov Volga region. Saratov, 2006. 120 p. (In Russ).
37. Pronko N.A., Ovchinnikov A.S., Falkovich A.S., Borodychev V.V. Causes of secondary salinization of irrigated soils of the Lower Volga region and its prediction based on mathematical modeling of moisture transfer. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: Science and higher professional education*. 2018; 2 (50): 9–17. (In Russ).

Статья поступила в редакцию 04.08.2022; одобрена после рецензирования 30.08.2022; принята к публикации 15.09.2022.  
The article was submitted 04.08.2022; approved after reviewing 30.08.2022; accepted for publication 15.09.2022.

