ISSN 2618-8279

Сельскохозяйственный научно-производственный журнал

ОРОШАЕМОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

№ 2 (41)
июнь 2023

ЗАДАЧИ МЕЛИОРАЦИИ, ОЧЕРЕДНЫЕ И ГЛАВНЫЕ
стр. 5

БАШКОРТОСТАН ИДЕТ НА ОРОШЕНИЕ
стр. 63

№ 2 (41), июнь 2023 года
ОРОШАЕМОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
сельскохозяйственный научно-производственный журнал

ISSN 2618-8279
Издается с 2013 года. Выходит ежеквартально.

УЧРЕДИТЕЛИ
Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (ВНИИОЗ)
РЕГИОНИНВЕСТАГРО

Журнал включён в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание учёной степени кандидата и доктора наук по научным специальностям и отраслям науки:
4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки);
4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки);
4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки);
4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (сельскохозяйственные науки);
4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (сельскохозяйственные и технические науки);
4.1.6. Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

Журнал входит в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Полные тексты статей и информация о журнале доступны на сайте электронной научной библиотеки eLIBRARY.RU: https://www.elibrary.ru, и на сайте журнала: http://vniioz.ru
Научным статьям присваивается DOI.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС 77-79282 от 02 ноября 2020 г.

Редактор: Черников В.И.
Адрес редакции: 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9
E-mail: oz.vniioz@yandex.ru

Отпечатано на ПК «Офсет» АО «Альянс «Югполиграфиздат», 400001, г. Волгоград, ул. КИМ, 6.
Сайт: www.aypi.ru
Заказ
Подписано в печать 28 июня 2023 г.
Тираж 1000 экз. Цена свободная
Подписной индекс в каталоге Почта России ПМ089

При любом использовании материалов ссылка на журнал обязательна. За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

© Орошаемое земледелие, 2023
© ВНИИОЗ, 2023

Главный редактор: Мелихов В.В., чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук, проф.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:
Балгабаев Н.Н., акад. Академии сельскохозяйственных наук Республики Казахстан, д-р с.-х. наук (Республика Казахстан)
Василюк Д.И., канд. с.-х. наук
Дубенок Н.Н., акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф.
Жевора С.В., д-р с.-х. наук
Комарова О.П., канд. с.-х. наук
Кружилин И.П., акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф.
Кулик К.Н., акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф.
Лихацевич А.П., чл.-корр. НАН Беларуси, иностранный член РАН, д-р техн. наук (Республика Беларусь)
Новиков А.Е., чл.-корр. РАН, д-р техн. наук
Новиков А.А., д-р с.-х. наук
Овчинников А.С., акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф.
Семененко С.Я., д-р с.-х. наук, проф.
Тютюма Н.В., чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук
Якушев В.П., акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
Ахмедов А.Д., д-р техн. наук, проф.
Воронов С.И., чл.-корр. РАН, д-р биол. наук, проф.
Дубенок Н.Н., акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф.
Зеленев А.В., д-р с.-х. наук
Калмыкова Е.В., д-р с.-х. наук
Комаров Е.В., канд. биол. наук
Комарова О.П., канд. с.-х. наук
Кружилин И.П., акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф.
Кулик К.Н., акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф.
Кулик Д.К., д-р с.-х. наук
Лихацевич А.П., чл.-корр. НАН Беларуси, иностранный член РАН, д-р техн. наук (Республика Беларусь)
Новиков А.Е., чл.-корр. РАН, д-р техн. наук
Новиков А.А., д-р с.-х. наук
Овчинников А.С., акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф.
Панфилова О.Н., канд. с.-х. наук
Петров Н.Ю., д-р с.-х. наук, проф.
Подковыров И.Ю., д-р с.-х. наук
Плескачёв Ю.Н., д-р с.-х. наук, проф.
Семененко С.Я., д-р с.-х. наук, проф.
Сложенкина М.И., чл.-корр. РАН, д-р биол. наук, проф.
Тютюма Н.В., чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук
Фомин С.Д., д-р техн. наук
Фролова М.В., канд. биол. наук
Храмова В.Н., д-р биол. наук, проф.
Цепляев А.Н., д-р с.-х. наук, проф.
Юферев В.Г., д-р с.-х. наук
Якушев В.П., акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф.

No. 2 (41), June 2023
IRRIGATED AGRICULTURE
agricultural scientific and production journal

ISSN 2618-8279
Published since 2013. It is published quarterly.

FOUNDERS
All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (VNIIOZ)
REGIONINVESTAGRO

The journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications recommended for the publication of the main scientific results of dissertations for the degree of candidate and doctor of science in scientific specialties and branches of science:
4.1.1. General agriculture and crop production (agricultural sciences);
4.1.2. Breeding, seed production and plant biotechnology (agricultural sciences);
4.1.3. Agrochemistry, agrosoil science, plant protection and quarantine (agricultural sciences);
4.1.4. Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops (agricultural sciences);
4.1.5. Reclamation, water management and agrophysics (agricultural and technical sciences);
4.1.6 Silviculture, forestry, forest plantations, agroforestry, landscaping, forest pyrology and taxation (agricultural sciences).

The journal is included in the Russian Science Citation Index (RSCI).
Full texts of articles and information about the journal are available on the website of the electronic scientific library eLIBRARY.RU: https://www.elibrary.ru, and on the journal website: http://vniioz.ru
Scientific articles are assigned DOI.

The journal is registered with the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications. Certificate PI No. FS 77-79282 dated November 2, 2020.

Editor: Chernikov V.I.
Editorial address: 400002, Volgograd, st. Timiryazev, 9
E-mail: oz.vniioz@yandex.ru

Printed on PC «Offset» JSC «Alliance «Yugpolygraphizdat»
400001, Volgograd, st. KIM, 6. Website: www.aypi.ru
Order 0000/0000np
Signed for publication June 28, 2023

Order No. **Circulation** 1000 copies.
Free price
Subscription index in the Russian Post catalog PM089

For any use of materials, a link to the journal is required.
The advertiser is responsible for the content of advertising materials.

© Irrigated agriculture, 2023
© VNIIOZ, 2023

Chief editor: V.V. Melikhov,
Corresponding Member of RAS, Dr. Sc. Agr., Prof.

EDITORIAL COUNCIL:
Balgabaev N.N., Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan,
Dr. Sc. Agr. (Republic of Kazakhstan)
Vasilyuk D.I., Cand. Sc. Agr.
Dubenok N.N., Academician of RAS, Dr. Sc. Agr., Prof.
Zhevora S.V., Dr. Sc. Agr.
Komarova O.P., Cand. Sc. Agr.
Kruzhilin I.P., Academician of RAS, Dr. Sc. Agr., Prof.
Kulik K.N., Academician of RAS, Dr. Sc. Agr., Prof.
Likhatsevich A.P., Corresponding Member of NASB, foreign member of RAS, Dr. Sc. Techn.
(Republic of Belarus)
Novikov A.E., Corresponding Member of RAS, Dr. Sc. Techn.
Novikov A.A., Dr. Sc. Agr.
Ovchinnikov A.S., Academician of RAS, Dr. Sc. Agr., Prof.
Semenenko S.Ya., Dr Sc. Agr., Prof.
Tyutyuma N.V., Corresponding Member of RAS, Dr. Sc. Agr.
Yakushev V.P., Academician of RAS, Dr. Sc. Agr., Prof.

EDITORIAL BOARD:
Akhmedov A.D., Dr. Sc. Techn., Prof.
Voronov S.I., Corresponding Member of RAS, Dr. Sc. Biol., Prof.
Dubenok N.N., Academician of RAS, Dr. Sc. Agr., Prof.
Zelenev A.V., Dr. Sc. Agr.
Kalmykova E.V., Dr. Sc. Agr.
Komarov E.V., Cand. Sc. Agr.
Komarova O.P., Cand. Sc. Agr.
Kruzhilin I.P., Academician of RAS, Dr. Sc. Agr., Prof.
Kulik K.N., Academician of RAS, Dr. Sc. Agr., Prof.
Kulik D.K., Dr. Sc. Agr.
Likhatsevich A.P., Corresponding Member of NASB, foreign member of RAS, Dr. Sc. Techn.
(Republic of Belarus)
Novikov A.E., Corresponding Member of RAS, Dr. Sc. Techn.
Novikov A.A., Dr. Sc. Agr.
Ovchinnikov A.S., Academician of RAS, Dr. Sc. Agr., Prof.
Panfilova O.N., Cand. Sc. Agr.
Petrov N.Yu., Dr. Sc. Agr., Prof.
Podkovyrov I.Yu., Dr. Sc. Agr.
Pleskachev Yu.N., Dr. Sc. Agr., Prof.
Semenenko S.Ya., Dr Sc. Agr., Prof.
Slozhenkina M.I., Corresponding Member of RAS, Dr. Sc. Biol., Prof.
Tyutyuma N.V., Corresponding Member of RAS, Dr. Sc. Agr.
Fomin S.D., Dr. Sc. Techn.
Frolova M.V., Cand. Sc. Agr.
Khramova V.N., Dr. Sc. Biol., Prof.
Tseplyaev A.N., Dr. Sc. Agr., Prof.
Yuferev V.G., Dr. Sc. Agr.
Yakushev V.P., Academician of RAS, Dr. Sc. Agr., Prof.

СОДЕРЖАНИЕ:

Без формата

Задачи мелиорации, очередные и главные
А. Е. Новиков 5

Инновации

Использование инновационной биотехнологии, обеспечивающей экологические условия для выращивания белого амура
С. Я. Семененко, М. В. Московец, М. К. Тихонова, А. Ю. Торопов 7

Растениеводство

Изменение влагообеспеченности чернозёмных почв под различными компонентами агроландшафта
Ю. И. Чевердин, В. А. Беспалов, Т. В. Титова 12

Оценка тенденций изменения климата в зоне недостаточного увлажнения юга европейской части России и их учёт при обосновании орошения
Л. В. Кирейчева, И. В. Корнеев 19

Применение гиббереллиновой кислоты в технологии возделывания сои (на примере Рязанской области)
Е. В. Гуреева, М. В. Овсянникова, В. А. Гвоздев, В. Е. Маркова 27

Приёмы повышения урожайности сои при орошении в условиях сухостепного Заволжья
К. Е. Денисов, А. А. Андрейщев 31

Влияние количества осадков за вегетационный период на фракционный состав зерна кукурузы
В. Н. Титов, О. И. Болотова, И. А. Сазонова, Ю. В. Бочкарёва 35

Кормопроизводство

Оптимизация водообеспечения и минерального питания посевов кормовых культур
Г. Н. Кониева, Е. А. Джиргалова, В. А. Батыров, С. А. Оросов 41

Техника и технологии

Применение свёрточных искусственных нейросетей в сельском хозяйстве
К. Ю. Козенко 45

Технологический процесс смешения животноводческих стоков различной влажности с водой и транспортировки смеси на орошение при удобрительных поливах
С. А. Тарасьянц, М. С. Васинёв, В. Н. Ширяев, К. А. Дегтярёва 49

Анализ климатических условий теплого периода года для районов орошения Ростовской области
А. Н. Бабичев, Д. П. Сидаренко 54

Производственная экспертиза

Башкортостан идёт на орошение
Ш. М. Хабирахманова 63

События, даты, факты

Памяти академика В. И. Петрова 66

CONTENT:

Without format

Land reclamation tasks, regular and main
A. E. Novikov 5

Innovation

The use of innovative biotechnology, providing environmental conditions for the cultivation of white amur
S. Ya. Semenenko, M. V. Moskovets, M. K. Tikhonova, A. Yu. Toropov 7

Crop production

Distribution of productive moisture reserves in the chernozem soils of the stone steppe under various components of the agricultural landscape
Yu. I. Cheverdin, V. A. Bespalov, T. V. Titova 12

Assessment of climate change trend in the arid zone in the Kussian european south and its consideration for irrigation
L. V. Kireicheva, I. V. Korneev 19

Efficiency of application of gibberelic acid in soybean cultivation technology (on the example of the Ryazan region)
E. V. Gureeva, M. V. Ovsyannikova, B. A. Gvozdev, B. E. Markova 27

Methods for increasing the yield of soybeans during irrigation in the conditions of the dry-steppe Trans-Volga region
K. E. Denisov, A. A. Andreishcev 31

Dependence of the fractional composition of corn grain protein on the amount of precipitation during the growing season
V. N. Titov, O. I. Bolotova, I. A. Sazonova, Y. V. Bochkaryova 35

Feed production

Optimization of water supply and mineral nutrition forage crops
G. N. Konieva, E. A. Dzhirgalova, B. A. Batyrov, C. A. Orosov 41

Technics and techology

Application of recurrent neural networks in agriculture
K. Yu. Kozenko 45

The technological process of mixing livestock effluents of various humidity with water and transporting the mixture for irrigation during fertilizing irrigation
S. A. Tarasyants, M. S. Vasinev, V. N. Shirayev, K. A. Degtyareva 49

Analysis of climatic conditions of the warm period of the year for irrigation regions of the Rostov region
A. N. Babichev, D. P. Sidarenko 54

Production expertise

Bashkortostan goes for irrigation
Sh. M. Khabirakhmanova 63

Events, dates, facts

In memory of Academician V. I. Petrov 66

Андрей Евгеньевич НОВИКОВ
директор Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия, доктор технических наук, член-корреспондент РАН

Селекционное поле Поволжского филиала ВНИИОЗ

Задачи мелиорации, очередные и главные

Систематическая мелиорация земель сельскохозяйственного назначения на базе научных достижений остаётся одним из главнейших условий роста продуктивности и устойчивости аграрного производства в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения, обеспечения продуктами питания до уровня продовольственной безопасности и утверждения нашей страны в статусе надёжного экспортёра продовольствия.

Решение этих задач, как и преодоление характерных стрессоров, связано с необходимостью нейтрализации новых вызовов и рисков антропогенного и природного характера. Главные из них – глобальное изменение климата с повышением его аридизации, растущий дефицит воды, загрязнение и эвтрофикация рек и озёр, снижение плодородия. В столь жёстких условиях растёт важность перехода аграрного производства на адаптивно-ландшафтные формы, освоения точного и энергосберегающего земледелия, предотвращающего процессы деградации почв и опустынивания земель, гармонизации техногенного воздействия на природную среду, создания условий для планомерного повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства.

Мелиоративный комплекс страны создан в 60-80-е годы прошлого века, он в основном изношен, нуждается в реконструкции и техническом перевооружении. Пока ещё медленно идёт восстановление материально-технической базы производства отечественной мелиоративной техники, её доля в общем объёме сейчас не превышает пяти процентов. Из имеющегося в России фонда орошаемых земель, а это 4,69 миллиона гектаров, по назначению используется не больше половины. Правительство приняло Государственную программу эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации до 2031 года. Для её реализации, наряду со значительными мерами господдержки, предусмотрены преференции инвесторам.

Решение проблемы достаточного и устойчивого производства сельскохозяйственной продукции в России на основе сбалансированного сочетания общего земледелия с земледелием на мелиорированных землях подтверждается отечественным и международным опытом, успешно развивающимся сельским хозяйством стран и регионов. Ресурсное обеспечение нашей страны землёй и водой даёт воз-

Придать мелиорированным землям статус «особо ценные земли сельскохозяйственного назначения», включая возможность отнесения данной категории сельхозугодий к собственности государства на переходный период. Выработать механизм их изъятия при ненадлежащем использовании, угрожающем их сохранности

можность увеличить объём поливных площадей до уровня, необходимого не только для достаточного снабжения населения страны отечественным продовольствием, но и серьёзного наращивания его экспорта. В соответствии с Концепцией комплексной мелиорации сельскохозяйственных земель Российской Федерации, разработанной учёными Всероссийского НИИ орошаемого земледелия при участии других научно-исследовательских учреждений мелиоративного профиля, в перспективе для устойчивого производства сельскохозяйственной продукции во всех федеральных округах необходимо иметь не менее 10 миллионов гектаров орошаемых земель. Это создаст условия для нейтрализации стресса от засухи и придания устойчивости производству, а также новые рабочие места, существенно улучшит жизнь людей в сельской местности.

От засух в нашей стране страдают 70 процентов пашни, и последовательное расширение орошаемых земель даст возможность закрыть потребность страны в зерне, овощной и плодово-ягодной продукции, создаст прочную кормовую базу для животноводства, повысит его продуктивность, расширит объём и ассортимент экспортного продовольствия.

Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации нацеливает науку на комплексное решение проблем, опираясь на новые подходы к использованию водных, земельных и производственных ресурсов, не нарушающие нормативно-правовые и другие ограничительные требования, включая признание обществом. Возникающие природные и антропогенные вызовы, создающие существенные риски для общества, требуют новых компетентных научно-технических подходов и методов их решения. Это прекрасно понимают учёные ВНИИОЗ, которые внесли заметный вклад в обеспечение эффективного экологически направленного, высокопродуктивного использования орошаемых земель в нашей стране. За 55-летнюю историю института разработаны и освоены производством технологии программированного возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях в различных природных условиях при поверхностном поливе, дождевании и капельном орошении, обеспечивающие повышение продуктивности зерновых и кормовых культур до 10 тысяч и более кормовых единиц с гектара, сбалансированных по энергетическим и протеиновым показателям кормов. Нашими учёными обоснована гибкая, с учётом сочетания растениеводческой и животноводческой специализации структура посевов на орошаемых землях, ориентированная на гарантированное обеспечение животных кормами. Значительная площадь орошаемых земель занималась и занята в настоящее время сортами и гибридами высокопродуктивных культур селекции ВНИИОЗ – люцерны, пивоваренного ячменя, яровой пшеницы, кукурузы, сои. Отдельно нужно сказать о селекции сортов аэробного риса, толерантного к отсутствию водяного слоя на посевах – для этого разработана технология орошения периодическими поливами и возделывания с урожайностью до 6-8 тонн на гектаре и более при 5-10-кратной экономии воды по сравнению с орошением традиционным затоплением. Разработаны методические пособия и нормативные требования для внедрения адаптивно-ландшафтных систем орошаемого земледелия и рекомендации по технологиям возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих получение запланированных урожаев на орошаемых землях. Для Волгоградской и Астраханской областей созданы эталонные системы орошаемого земледелия, другим регионам оказывалась консультативная помощь. Освоение научных разработок ВНИИОЗ способствовало повышению продуктивности орошаемых земель России с 3,0-3,2 тыс. кормовых единиц в 1960-х годах до 4,2-4,5 тысячи кормовых единиц в 1980 г. и до 7,0-8,0 тыс. кормовых ед./га в настоящее время. Обобщение результатов многолетних исследований позволило сформировать во Всероссийском НИИ орошаемого земледелия научные школы по мелиорации и использованию мелиорируемых земель – заслуженными деятелями науки РФ, академиком РАН Иваном Пантелеевичем Кружилиным, заслуженным работником сельского хозяйства РФ, членом-корреспондентом РАН Виктором Васильевичем Мелиховым. В начале 2000-х годов по инициативе и непосредственном участии нашего института с участием других научно-исследовательских учреждений мелиоративного профиля разработана, рассмотрена и утверждена совместным заседанием коллегий Минсельхоза России и Россельхозакадемии «Концепция мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России», определяющая предельные объёмы развития комплексных мелиораций на перспективу.

Отмечая значительный вклад ВНИИОЗ в научное обеспечение эффективного экологически ориентированного, высокопродуктивного использования орошаемых земель в Российской Федерации, мы должны актуализировать активность и результативность исследований по Государственной программе эффективного вовлечения в оборот орошаемых земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации до 2031 года в направлениях:

– сохранение благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала;

– сохранение и воспроизводство плодородия почв, рациональное использование, защита и сохранение сельскохозяйственных земель от водной и ветровой эрозии, опустынивания;

– удовлетворение потребностей населения в качественном и безопасном продовольствии;

– развитие мелиоративного комплекса в целях повышения эффективности сельскохозяйственного производства и продовольственной безопасности Российской Федерации.

Особое внимание нужно обратить на сохранение и развитие научного потенциала, подготовку и переподготовку научно-педагогических, инженерных, агрономических и руководящих кадров высшей квалификации.

Предлагаем федеральным исполнительным органам государственной власти Российской Федерации придать мелиорированным землям статус «особо ценные земли сельскохозяйственного назначения», включая возможность отнесения данной категории сельхозугодий к собственности государства на переходный период, внеся соответствующие изменения и дополнения в нормативно-правовые акты Российской Федерации в целях усиления ответственности собственников за сохранность и целевое использование мелиорированных земель, а также выработать механизм их изъятия при ненадлежащем использовании, угрожающем их сохранности. Провести мониторинг бесхозяйных мелиоративных систем и работы по передаче их в федеральную собственность с определением целевого финансирования на их эксплуатацию.

Разработать межведомственные координационные планы и программы функционирования фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по научному обеспечению агропромышленного комплекса до 2030 года в области мелиорации, орошаемого земледелия и кормопроизводства.

Предлагаем местным органам законодательной власти внести поправки в региональные законодательства на основании статьи 3 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства» в части отнесения научных организаций аграрного профиля, их опытных станций и опытных хозяйств к категории сельскохозяйственных товаропроизводителей.

УДК 574.55 DOI: 10.35809/2618-8279-2023-2-2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ БЕЛОГО АМУРА

THE USE OF INNOVATIVE BIOTECHNOLOGY, PROVIDING ENVIRONMENTAL CONDITIONS FOR THE CULTIVATION OF WHITE AMUR

С. Я. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом оросительных мелиораций, sy_semenenko@vniioz.ru, ORCID: 0000-0001-5992-8127,
М. В. Московец, старший научный сотрудник отдела оросительных мелиораций, vniioz-algo@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1997-6313,
М. К. Тихонова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела оросительных мелиораций, vniioz-algo@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8451-0443,
А. Ю. Торопов, научный сотрудник отдела оросительных мелиораций, vniioz-algo@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8798-0296

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», г. Волгоград, Российская Федерация

S. Ya. Semenenko, Doctor of Agricultural Sciences, Head of Irrigation Reclamation Department, sy_semenenko@vniioz.ru, ORCID: 0000-00015992-8127,
M. V. Moskovets, Senior Researcher of the Irrigation Reclamation Department, Volgograd, Russian Federation, vniioz-algo@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1997-6313,
M. K. Tikhonova, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Irrigation Reclamation Department, vniioz-algo@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8451-0443,
A. Yu. Toropov, Researcher of the Irrigation Reclamation Department, vniioz-algo@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8798-0296

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russian Federation

Исследования выполнены по госзаданию № 017-2016-0004 «Разработать биотехнологию мелиорации оросительной воды, направленную на экологическую устойчивость водных комплексов и агрогенных почв в условиях изменения климата»

Массовое распространение методов, ведущих к интенсификации производства в прудовом хозяйстве – а это повышение плотности посадки рыбы для выращивания, научно обоснованное кормление и внесение удобрений – ведёт к накоплению органики, а также ухудшению кислородного баланса, повышению концентрации в воде углекислоты. Заметные колебания объёмов растворённого кислорода, изменения концентраций водородных ионов (pH), большое содержание аммония и органическое загрязнение воды отрицательно сказываются на росте, развитии и здоровье поголовья. Антропогенное влияние на находящиеся в этой среде объекты отходов сельского и коммунального хозяйства, промышленного производства проявляется в переизбытке азота, фосфора и хлорсодержащих продуктов, запускается процесс мутаций – так часто начинается «цветение» прудов. Для улучшения состояния водоёмов сейчас принимают меры, тем не менее проблема «цветения» воды всё ещё острая. Разработанная инновационная биотехнология базируется на вселении в пруды зелёной микроводоросли – Chlorella vulgaris. Она даёт серьёзные результаты и при этом безопасна в экологическом плане, в результате вселения этой микроводоросли в водоём создаётся реальная возможность выращивать экологически чистую рыбу, без содержания нитратов и пестицидов. Отличие такой технологии ещё и в том, что она экономически и технологически доступна для любого производственника, от фермера до агрохолдинга. Метод культивирования Chlorella vulgaris весьма несложен, он даёт возможность выращивания в самом прудовом хозяйстве, причём не расходуя средства на электроэнергию и транспортировку готовой хлореллы. Результаты использования инновационной технологии для разведения белого амура доказывают положительное влияние штамма Chlorella vulgaris ИФР № С-111 на повышение качества воды при выращивании экологически чистой продукции и повышение продуктивности рыбоводства.

The mass dissemination of methods leading to the intensification of production in the pond economy – and this is an increase in the density of planting fish for rearing, scientifically based feeding and fertilization – leads to the accumulation of organic matter, as well as a deterioration in the oxygen balance, an increase in the concentration of carbon dioxide in the water. Noticeable fluctuations in the volume of dissolved oxygen, changes in the concentration of hydrogen ions (pH), high ammonium content and organic water pollution adversely affect the growth, development and health of the livestock. Anthropogenic impact on the objects of agricultural and municipal waste, industrial production located in this environment is manifested in an excess of nitrogen, phosphorus and chlorine-containing products, the process of mutations starts – this is how often the "blooming" of ponds begins. Measures are now being taken to improve the condition of water bodies, however, the problem of water «blooming» is still acute. The developed innovative biotechnology is based on the introduction of green microalgae – Chlorella vulgaris – into the ponds. It gives serious results and at the same time is environmentally safe, as a result of the introduction of this microalgae into the reservoir, a real opportunity is created to grow environmentally friendly fish, without nitrates and pesticides. The difference of this technology is also that it is economically and technologically accessible for any production worker, from a farmer to an agricultural holding. The method of cultivating Chlorella vulgaris is very simple, it makes it possible to grow it in the pond farm itself, and without spending money on electricity and transporting the finished chlorella. The results of using innovative technology for breeding grass carp prove the positive effect of Chlorella vulgaris strain IGF No. C-111 on improving water quality when growing environmentally friendly products and increasing the productivity of fish farming.

Ключевые слова: инновационная биотехнология, аквакультура, прудовое рыбоводство, синезелёные водоросли, белый амур.

Key words: innovative biotechnology, aquaculture, pond fish farming, blue-green algae, white amur.

Введение. На данном этапе одной из важнейших проблем в сельском хозяйстве остаётся увеличение выхода продукции, в том числе – использование современных технологий в аквакультуре, применение новых эффективных методов выращивания рыбной и другой продукции [1]. В России имеются все возможности, чтобы в кратчайшие сроки поднять предприятия аквакультуры на другой качественный уровень. Так что эта отрасль сейчас одна из приоритетных в АПК [15].

Масса рыбоводных прудовых хозяйств и индустриальных рыборазводных предприятий становятся базой эффективного развития аквакультуры в южной части нашей страны. При этом главным направлением эффективного использования потенциала этой зоны будут растительноядные и осетровые рыбы [1].

Тем более этот потенциал заложен в Волгоградской области, её природных и климатических особенностях: в расположенных на её территории огромных водоёмах – реки Волга и Волгоградского водохранилища, которые всегда служили освоению и использованию рыбных запасов. Разведение рыбы в нашем регионе ведёт несколько предприятий разных форм собственности. Воспроизводство товарной рыбы (карп, белый и пёстрый толстолобик, белый амур) является главной целью их деятельности [9]. Нужно иметь в виду: водная среда обладает определённой стабильностью, и отдельные свойства воды обеспечивают достаточно медленное изменение её параметров, а это позволяет рыбному поголовью вовремя перестраивать физиологический гомеостаз [8]. Вместе с грунтом, растениями и животными организмами вода стала окружающей средой, особенно для рыбы, которую выращивают в прудах [11]. Условия этой среды влияют на её физиологические процессы, т.е. дыхание, питание, рост и развитие, выделительную систему, размножение [7]. Среди факторов, оказывающих влияние на состав воды, будет и атмосфера. С нею вода, падая на землю в виде дождя, имеет тесный контакт. Также на качество влаги в разных водоёмах воздействуют испарение, биологические факторы и хозяйственная деятельность человека [13].

Максимальное влияние на водные организмы оказывают физические и химические показатели воды. Это pH, жёсткость, солёность, прозрачность, температура, цвет, запах и вкус, а также концентрация всевозможных токсических веществ – в т. ч. нитратов и нитритов, тяжёлых металлов, гербицидов и др. Загрязнение прудов и прочих водоёмов приводит к росту объёма нитратов – это говорит об избытке азотсодержащих органических веществ [2].

Для жизнедеятельности водных организмов требуются кислород и углекислый газ. Однако сероводород, азот и метан (они могут присутствовать в водоёме в больших объёмах) угнетают жизнь. Концентрация кислорода в воде зависит от биологического равновесия между процессами потребления кислорода на дыхание и др. процессы окисления и его пополнения путём фотосинтеза и поверхностной диффузии [3]. Большое содержание здесь органики приводит к бактериальной активности, а она требуется для их расщепления, поэтому происходит массовая гибель водорослей. По окончании «цветения» воды выделяется сероводород (H_2S). Это мощнейший восстановитель, который забирает из влаги кислород, присутствие сероводорода в воде губительно для рыбного поголовья. Его появление даже в придонных слоях говорит об остром дефиците кислорода и развитии заморных явлений [14].

Интенсивное размножение и распространение синезелёных водорослей приводят к «цветению» воды со всеми отрицательными последствиями – особенно в рыбоводных прудах [4]. Решением проблемы сокращения интенсивного развития таких водорослей будет использование инновационных биотехнологий – они нацелены на улучшение качества воды. Основаны такие технологии на вселении зелёной микроводоросли Chlorella vulgaris [6].

Хлорелла остаётся одной из самых востребованных микроводорослей в питании рыб. По содержанию белка она опережает пшеницу и сою, некоторые другие растения, содержит углеводы, витамины и другие вещества. В состав хлореллы входят незаменимые аминокислоты, 62 % протеина, 30 % углеводов, 5 % жира, 3 % минеральных солей [12]. По содержанию каротина эта микроводоросль опережает все растительные корма. В ней много токоферола, рибофлавина и никотиновой кислоты, а тиамина и пиридоксина столько, сколько в ячмене, овсе и кукурузе [16]. Известно, что витамины B12 и Д в зелёных растениях не синтезируются, однако они обнаружены в значительном объёме в биомассе хлореллы [17]. Одноклеточные водоросли размножают в условиях мягкого тёплого климата, в открытых бассейнах или в закрытых культиваторах, со специальной питательной средой. Выращивание хлореллы не нуждается в больших финансовых расходах, хотя её применение в прудовых хозяйствах даёт двойной эффект – улучшается качество воды, и она становится естественным кормом для планктона.

Белый амур (Ctenopharyngodon idella) – это единственный вид одноимённого рода рыб семейства карповых, чья выклюнувшаяся из икры молодь после рассасывания желточного мешка остаётся в прибрежной зоне. Здесь она кормится мелкими ракообразными и водорослями. Белый амур крупная всеядная рыба, при прудовом выращивании поедает разнообразную водную растительность, а также червей, личинок и насекомых, зоопланктон. Растёт быстро – около 10 см в год [11].

Материалы и методы. Уже несколько лет учёные ФГБНУ ВНИИОЗ ведут исследования, связанные с внедрением инновационной биотехнологии оздоровления водоёмов с использованием микроводорослей. Технология основана на культивировании хлореллы, которая даёт возможность применить её в производственных условиях разного типа хозяйств непосредственно у водоёмов при естественном освещении без дополнительных затрат на электроэнергию (рисунок 1).

Рисунок 1 – **Культивирование хлореллы в условиях КФХ**

Культивирование хлореллы в неограниченных объёмах даёт возможность регулярно вселять её в рыбоводные пруды. Таким образом, идёт рост числа кормовых водных организмов, одновременно улучшаются гидрохимический и особенно кислородный режимы водоёмов. Эта биотехнология помогает повышению продуктивности прудов в поликультуре – толстолобик, белый амур, карп.

Исследования по использованию инновационной биотехнологии при выращивании белого амура проводили в ИП КФХ Лозина Я. В. в Среднеахтубинском районе Волгоградской области. При этом задействовали три пруда, все они находятся в одинаковых климатических условиях, идентичны по площади водного зеркала и объёму воды.

Вселение Chlorella vulgaris штамма ИФР № С-111 проводили в пруды №№ 1 и 4. Пробы воды на гидрохимические и гидробиологические показатели отбирались батометром из пяти квадратов каждого пруда, с учётом температуры водной толщи по общепринятым методикам до вселения хлореллы и после проведённых опытов. Исследования на гидрохимические показатели воды проводились в лабораториях ФГБНУ ВНИИОЗ и Нижневолжского филиала ФГБНУ «Главрыбвод». Нормативы качества водных объектов (ПДК) были взяты из справочника М. В. Соколова и др. [10].

Результаты и обсуждение. Анализы качества воды по гидрохимическим показателям были проведены после вселения штамма Chlorella Vulgaris ИФР № С-111 в опытные пруды для создания необходимых условий жизнедеятельности водных организмов и рыб (рисунок 2, таблица 1).

Как свидетельствуют данные гидрохимических исследований воды опытных прудов, показатели анализируемых компонентов варьировали в узком диапазоне ПДК, очевидных тенденций к росту не наблюдалось. При развитии в водоёме хлорелла интенсивно использует различные формы азота из воды и помогает наращиванию уровня растворённого кислорода. Также она снижает содержание в воде загрязняющих веществ – среди них железо и марганец. При всём том, в контрольном пруду выше нормативных оказались такие показатели, как pH, насыщение кислородом ниже предельно допустимых концентраций (ПДК), также было превышение нитратов, нитритов, марганца, железа, БПК5 и ХПК. После проведённых исследований был произведён вылов рыбы из опытных и контрольного прудов, подсчитана рыбопродуктивность (таблица 2).

Поскольку хлорелла служит хорошим кормом для зоопланктона, дафний, то её вселение в опытные пруды способствовало получению значительного прироста (1729 и 1750 грамм) в сравнении с контролем (1135 грамм), что способствовало увеличению массы навесок белого амура на 615-665 грамм. Также отмечено повышение иммунитета, снижение вероятности отравлений и хронических заболеваний.

Рисунок 2 – **Вселение хлореллы в опытный пруд**

Таблица 1 – **Гидрохимические показатели воды исследуемых прудов**

Наименование показателей	Количество наблюдений	Контрольный пруд № 2 (среднее)	Опытный пруд № 1 (среднее)	Опытный пруд № 4 (среднее)	Значение ПДК (мг/дм³)
Температура воды, ⁰С	5	21,5	21,5	21,5	18-25
Водородный показатель pH (мг/дм³)	5	7,4	7,25	7,25	6,5-7,5
Кислород растворённый	5	5,8	6,55	7,45	Не менее 6,0
Насыщение кислородом, %	5	97,0	99,0	100,0	100,0
Аммоний (мг/дм³)	5	0,57	0,45	0,45	0,5
Нитриты (мг/дм³)	5	0,25	0,16	0,09	0,08-0.2
Нитраты (мг/дм³)	5	123,0	100,0	98,0	100,0
Марганец (мг/дм³)	5	0,12	0,064	0,068	0,1
Железо (мг/дм³)	5	0,37	0,097	0,129	0,3
БПК5 (мг/дм³)	5	3,92	2,97	2,98	3,0
ХПК (мг/дм³)	5	20,5	15,0	15,0	15,0

Таблица 2 **– Рыбопродуктивность белого амура в ИП КФХ Лозина Я. В., 2022 г.**

№ пруда	Посадка, средняя навеска посадочного материала (грамм)	Вылов, средняя навеска при вылове (грамм)	Прирост, прибавка (грамм)
Контрольный № 2	240	1375	1135
Опытный № 1	311	2040	1729
Опытный № 4	240	1990	1750

Заключение. Исследования, проведённые с применением инновационной биотехнологии при выращивании белого амура в прудовом хозяйстве КФХ Лозина Я. В. показали положительное влияние вселения хлореллы штамма Chlorella vulgaris ИФР №С-111 на качество воды в водоёме. Что дало возможность снизить концентрацию аммония, нитритов, марганца, железа и стабилизировать их на безопасном для рыб уровне, а также повысить содержание кислорода, обеспечить экологическое и биологическое равновесие в водоёме. Положительные аспекты использования новой биотехнологии в рыбоводных прудах выражаются в увеличении продуктивности водоёмов путём развития водного биоценоза, снижения заболеваемости по жаберному некрозу и др. заболеваниям, включая паразитарные. Также это увеличило темпы роста рыб, обеспечило профилактику заморов белого амура от синезелёных водорослей. Полученные нами результаты доказывают: использование штамма Chlorella Vulgaris ИФР № С-111 может быть рекомендовано фермерским прудовым хозяйствам при выращивании белого амура для роста рыбопродуктивности и получения экологически безопасной продукции.

Библиографический список

1. Борисов, А. С. Тенденция развития рыбоводства России // Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики. – 2020. – С. 23-28.

2. Васильев, А. А. Воздействие интенсивного прудового рыбоводства на качество воды в прудах // Вестник АГТУ Рыбное хозяйство. – 2019. – С. 74.

3. Гуркина, О. А. Качественные показатели воды прудов в рыбоводных хозяйствах Саратовской области / О. А. Гуркина, К. В. Шишманцева, Н. А. Копов // Основы и перспективы органических биотехнологий. – 2021. – № 3. – С. 3-6.

4. Ефимова, М. В. Водоросль хлорелла / М. В. Ефимова, Ю. В. Николаева // Интернаука. – 2022. – № 22-4 (249). – С. 111-113.

5. Кириченко, О. И. Состояние популяций и сравнительная оценка рыбоводно-биологических показателей белого амура Ctenopharyngodon idella (valienciennes) из водоёмов Южного Казахстана // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2020. – № 5 (172). – С. 46-52.

Bibliographic list

1. Borisov, A. S. The trend in the development of fish farming in Russia // Actual problems and prospects for innovative agroeconomics. – 2020. – Pp. 23-28.

2. Vasiliev, A. A. The impact of intensive pond fish farming on the quality of water in ponds // Bulletin of ASTU Fisheries. – 2019. – P. 74.

3. Gurkina, O. A. Qualitative indicators of pond water in fish farms of the Saratov Region / O. A. Gurkina, K. V. Shishmantseva, N. A. Kopov // Fundamentals and Perspectives of Organic Biotechnologies. – 2021. – No. 3. – Pp. 3-6.

4. Efimova, M. V. Chlorella algae / M. V. Efimova, Yu. V. Nikolaeva // Internauka. – 2022. – No. 22-4 (249). – Pp. 111-113.

5. Kirichenko, O. I. Status of populations and comparative assessment of fish-breeding and biological indicators of grass carp Ctenopharyngodon idella (valienciennes) from reservoirs of Southern Kazakhstan // Fish farming and fisheries. – 2020. – No. 5 (172). – Pp. 46-52.

6. Мелихов, В. В. Экологическая оценка современной биотехнологии улучшения качества поливной воды для агроландшафтов Волго-Донского междуречья / В. В. Мелихов, М. В. Фролова, А. А. Зибаров, М. В. Московец // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 3 (55). – С. 94-101.

7. Рахманова, Г. Т. Питание растительноядных рыб в прудах научно-исследовательского института рыбоводства / Г. Т. Рахманова, Н. Т. Темирова // Научный журнал «Chronos». – 2020. – № 5 (44). – С. 7-8.

8. Серветник, Г. Е. Биологические основы акклиматизации растительноядных рыб в России – перспективных объектов для интеграционных технологий // Перспективные технологии аквакультуры. – Москва. – 2021. – С. 209-212.

9. Смирнова, Н. В. Биологические основы акклиматизации растительноядных рыб в России / Н. В. Смирнова, А. С. Баймухамбетова // Сборник: Биоразнообразие, рациональное использование биологических ресурсов и биотехнологии. Материалы Международной научно-практической онлайн-конференции. – Астрахань, 2021. – С. 263-265.

10. Соколов М. В., Медянкина М. В., Анисова С. Н., Лебедев А. Т. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения // Сборник. – М. Изд-во ВНИРО. – 2011. – С. 257.

11. Таов, Р. Х. Растительноядные рыбы и их использование для увеличения биопродуктивности водоёмов Кабардино-Балкарской республики / Р. Х. Таов, С. Ч. Казанчев // Сборник: Достижение и перспективы реализации национальных проектов развития АПК. – 2020. – С. 238-242.

12. Трофимчук, О. А. Опыт выращивания молоди пеляди Coregonus peled при добавлении суспензии хлореллы / О. А. Трофимчук, А. Н. Яковлев, С. Б. Туранов [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2020. – № 5 (172). – С. 62-69.

13. Фролова, М. В. Особенности влияния штамма Chlorella vulgaris ИФР № С-111 на качество воды в прудовом рыбоводстве / М. В. Фролова, М. В. Московец, Л. А. Птицына, А. Ю. Торопов // Орошаемое земледелие. – 2019. – № 3. – С. 46-49.

14. Фролова, М. В. Использование микроводоросли для улучшения качества воды и естественной рыбопродуктивности / М. В. Фролова, М. В. Московец, Л. А. Птицына, А. Ю. Торопов // Орошаемое земледелие. – 2019. – № 4. – С. 59-62.

15. Хохлова, Н. Ф. Тенденции развития рыбоводства и рыболовства в России // Вестник МФЮА. – № 4. – 2021. – С. 110.

16. Yang J. R., Isabwe H. Lv. [и др.] Disturbance – induced phytoplankton regime shifts and recovery of cyanobacteria dominance in two subtropical reservoirs // Water Res.– 2017. – Т. 120. – С. 52-63.

17.Yang Z., Zhang M., Shi X., Kong F., Ma R., Yu Y. Nutrient reduction magnifies the impact of extreme weather on cyanobacterial bloom formation in large shallow Lake Taihu (China) // Water Research. – 2016. – Oct 15. – Т. 103. – С. 302-310.

6. Melikhov, V. V. Ecological assessment of modern biotechnology for improving the quality of irrigation water for agricultural landscapes of the Volga-Don interfluve / V. V. Melikhov, M. V. Frolova, A. A. Zibarov, M. V. Moskovets // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. – 2019. – No. 3 (55). – Pp. 94-101.

7. Rakhmanova, G. T. Nutrition of herbivorous fish in the ponds of the Fisheries Research Institute / G. T. Rakhmanova, N. T. Temirova // Scientific journal «Chronos». – 2020. – No. 5 (44). – Pp. 7-8.

8. Servetnik, G. E. Biological bases of acclimatization of herbivorous fish in Russia – promising objects for integration technologies // Promising aquaculture technologies. – Moscow. – 2021. – Pp. 209-212.

9. Smirnova, N. V. Biological bases of acclimatization of herbivorous fish in Russia / N. V. Smirnova, A. S. Baimukhambetova // Collection: Biodiversity, rational use of biological resources and biotechnology. Materials of the International Scientific and Practical Online Conference. – Astrakhan, 2021. – Pp. 263-265.

10. Sokolov M. V., Medyankina M. V., Anisova S. N., Lebedev A. T. Water quality standards for fishery water bodies, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of fishery water bodies // Collection. – M. VNIRO Publishing House. – 2011. – P. 257.

11. Taov, R. Kh. Herbivorous fish and their use to increase the bioproductivity of water bodies of the Kabardino-Balkarian Republic / R. Kh. Taov, S. Ch. Kazanchev // Collection: Achievement and prospects for the implementation of national projects for the development of the agro-industrial complex. – 2020. – Pp. 238-242.

12. Trofimchuk, O. A. Experience of rearing peled fry Coregonus peled with the addition of chlorella suspension / O. A. Trofimchuk, A. N. Yakovlev, S. B. Turanov [et al.] // Fish farming and fisheries. – 2020. – No. 5 (172). – Pp. 62-69.

13. Frolova, M. V. Features of the effect of Chlorella vulgaris strain IFR No. C-111 on water quality in pond fish farming / M. V. Frolova, M. V. Moskovets, L.A. Ptitsyna, A. Yu. Toropov // Irrigated agriculture. – 2019. – No. 3. – Pp. 46-49.

14. Frolova, M. V. Use of microalgae to improve water quality and natural fish productivity / M. V. Frolova, M. V. Moskovets, L. A. Ptitsyna, A. Yu. Toropov // Irrigated agriculture. – 2019. – No. 4. – Pp. 59-62.

15. Khokhlova, N. F. Trends in the development of fish farming and fisheries in Russia // Bulletin of the Moscow Financial and Law University. – No. 4. – 2021. – P. 110.

16. Yang J. R., Isabwe H. Lv. [et al.] Disturbance – induced phytoplankton regime shifts and recovery of cyanobacteria dominance in two subtropical reservoirs // Water Res. – 2017. – V. 120. – Pp. 52-63.

17. Yang Z., Zhang M., Shi X., Kong F., Ma R., Yu Y. Nutrient reduction magnifies the impact of extreme weather on cyanobacterial bloom formation in large shallow Lake Taihu (China) // Water Research. – 2016. – Oct 15. – Vol. 103. – Pp. 302-310.

УДК 632.432 DOI: 10.35809/2618-8279-2023-2-1

ИЗМЕНЕНИЕ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ЧЕРНОЗЁМНЫХ ПОЧВ ПОД РАЗЛИЧНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ АГРОЛАНДШАФТА

DISTRIBUTION OF PRODUCTIVE MOISTURE RESERVES IN THE CHERNOZEM SOILS OF THE STONE STEPPE UNDER VARIOUS COMPONENTS OF THE AGRICULTURAL LANDSCAPE

Ю. И. Чевердин, доктор биологических наук, зав. отделом агропочвоведения, cheverdin62@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9905-0547,
В. А. Беспалов, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: 0000-0001-6787-929X,
Т. В. Титова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID: 0000-0002-6435-5455

ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр имени В.В. Докучаева», Воронежская область, Таловский район, Российская Федерация

Yu. I. Cheverdin, Doctor of Biological Sciences, Head. Department of Agricultural Soil Science, cheverdin62@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9905-0547,
V. A. Bespalov, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, ORCID: 0000-0001-6787-929X,
T. V. Titova, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, ORCID: 0000-0002-6435-5455

Voronezh Federal Agrarian Research Center named after V.V. Dokuchaev, Voronezh region, Talovsky district, Russian Federation

Исследования выполнены в рамках государственного задания № FGNZ-2022-0004

В рамках программы по тематике государственного задания в 2020-2022 годах проведены исследования по изучению запасов продуктивной влаги в пространстве и во времени в чернозёмных почвах под различными компонентами агроландшафта: под дубовой лесной полосой 1903 года посадки, пашней 1952 года распашки, прилегающей к ней с запада, и под залежью 1882 года, прилегающей с востока. Все работы были выполнены в ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр имени В. В. Докучаева». Показаны особенности распределения запасов продуктивной влаги в агролесомелиоративном комплексе в верхнем метровом горизонте, как в пространстве, так и во времени (на начало и конец вегетационного периода) по слоям 0-20, 20-50 и 50-100 см. Установлено, что максимальные запасы почвенной влаги в зимне-весенний период накапливаются под лесной полосой. Но на конец вегетационного периода почвы лесной полосы в условиях недостаточного атмосферного увлажнения и процессов десукции были более иссушены по отношению к почвам залежи косимой и пашни. Общие потери влаги в метровом слое в лесной полосе составили 120 мм, на залежи – 105 мм, на пашне – 60 мм. Оценены потери влаги для каждого из исследуемых слоёв почв. Для залежи и лесной полосы слои по потерям влаги от минимума к максимуму расположились в следующем порядке – 0-20, 20-50 и 50-100 см. На пашне потери влаги во всех слоях оказались соизмеримы.

Within the framework of the program on the subject of the state task in 2020-2022, studies were conducted to study the reserves of productive moisture in space and in time in chernozem soils under various components of the agricultural landscape: under the oak forest strip of 1903 planting, plowing in 1952, adjacent to it from the west, and under the deposit of 1882, adjacent to the east. All works were performed at the Voronezh FASC named after V. V. Dokuchaev. The features of the distribution of productive moisture reserves in the agroforestry complex in the upper meter horizon, both in space and in time (at the beginning and end of the growing season) in layers 0-20, 20-50 and 50-100 sm are shown. It is established that the maximum reserves of soil moisture in the winter-spring period accumulate under the forest strip. But at the end of the growing season, the soils of the forest strip under conditions of insufficient atmospheric moisture and desiccation processes were more dried up in relation to the soils of the mowing and arable land deposits. The total moisture loss in the meter layer in the forest strip was 120 mm, on deposits – 105 mm, on arable land – 60 mm. Moisture losses were estimated for each of the studied soil layers. For the deposit and the forest strip, the moisture loss layers from minimum to maximum were arranged in the following order – 0-20, 20-50 and 50-100 sm. On arable land, moisture losses in all layers were commensurate.

Ключевые слова: лесная полоса, пашня, залежь, водораздел, запасы продуктивной влаги.

Key words: forest strip, arable land, fallow, watershed, reserves of productive moisture.

Введение. В последние десятилетия, в связи с изменившимися гидротермическими условиями, режим влажности почвенного покрова Центрального Черноземья постоянно меняется и требует постоянных наблюдений [1, 6]. Водный режим является важным фактором почвообразования. Он непосредственно определяется формой рельефа, произрастающей растительностью и, в последнее столетие, интенсивной хозяйственной деятельностью человека. При этом существенная роль в формировании гидрологического режима конкретного типа почв принадлежит также климатическому фактору и почвообразующим породам [12]. Отличительной особенностью функционирования чернозёмов в настоящее время является повышенный температурный фон при изменении характера выпадающих осадков [2]. От количества выпадающих осадков, в свою очередь, зависит увлажнённость почвенной толщи. Для нормального роста и развития сельскохозяйственных растений это является определяющим условием [11]. Складывающиеся метеорологические условия являются мощным фактором, определяющим характер изменения увлажнённости отдельных компонентов современных агролесокультурных ландшафтов [1]. Различная увлажнённость почвенного профиля за счёт подъёма уровня грунтовых вод и постоянно меняющиеся климатические условия влияют на запасы общей и продуктивной влаги в почвенной толще [13]. Значительный интерес представляют данные особенности водного режима под отдельными компонентами агроландшафтов – некосимой залежью [3, 4] и лесной полосой [5, 9]. Для нивелирования недостатка информации в данном направлении необходимы исследования, охватывающие изучение водного режима всех основных компонентов агроладшафтов одновременно. Подобные объекты присутствуют в Каменной Степи, которая уже более ста лет находится под агрогенным влиянием. Поэтому изучение водного режима здесь актуально, как в теоретическом, так и в практическом значении. Цель наших исследований – изучение распределения запасов влаги в пространстве и изменение их во времени в основных компонентах агроландшафта (пашня, залежь, лесная полоса), расположенных в непосредственной близости друг от друга.

Материалы и методы. В 2020-2022 гг. нами проводились исследования по изучению запасов продуктивной влаги в чернозёмных почвах Каменной Степи Воронежской области. Изучен водораздельный компонент ландшафта, включающий старовозрастную лесную полосу № 40 1903 года посадки и примыкающие к ней участки пашни 1952 года распашки с запада и косимой залежи 1882 г. (ЗК) с востока. Лесополоса № 40 примечательна своими размерами. Её ширина – 106 м, длина – около 750 м [10]. Залежь находится в режиме ежегодного сенокошения.

Наблюдения за содержанием продуктивной влаги проводились в течение вегетационного периода в слоях 0-20, 20-50 и 50-100 см почвы. Влажность почвы определяли по общепринятой методике – термостатно-весовым методом (Александрова, Найденова, 1986). Запасы общей и продуктивной влаги определялись расчётным способом.

Схема отбора почвенных проб предусматривала закладку регулярной сетки опробования с удалением от лесной полосы на 25, 50, 75, 100, 125 и 150 м (рисунок 1). В каждом ряду закладывали три скважины с шагом 50 м. Таким образом, на пашне водораздела схема отбора проб соответствовала 25х50 м. На пашне количество точек опробования составило 18 шт. В лесной полосе № 40 образцы отбирались по сетке с шагом 25 на 37 м (12 точек опробования). На примыкающей к полосе № 40 косимой залежи отбор образцов по сетке с шагом 25 на 50 м. Количество точек – 6. Глубина взятия образцов до 1 м через каждые 10 см.

Экспериментальные данные подвергались статистической обработке с помощью программы Microsoft Excel. Для пространственного отображения двумерного распределения запасов продуктивной влаги в пространстве использовались геостатистические возможности пакета Surfer V. 9.0.

Результаты и обсуждение. Исследования по изучению запасов продуктивной влаги проходили в метровом слое чернозёмных почв Каменной Степи на объединённом объекте на водоразделе, включающем различные компоненты агроландшафта (пашня – лесная полоса – залежь), расположенные смежно. Общей закономерностью последних десятилетий является довольно существенное изменение отдельных составляющих, характеризующих температурный режим воздуха и атмосферное увлажнение. В связи с тем, что на исследуемом нами водораздельном участке уровень грунтовых вод располагается на глубине 6-8 м, характер изменения запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы определялся за счёт выпавших осадков.

В период проведения исследований можно отметить существенное различие особенностей атмосферного увлажнения. Варьирование годовой суммы осадков изменялось в пределах от 382 до 750 мм. Наибольшим количеством осадков характеризовались условия 2022 г. За год выпало 750 мм (таблица 1) при среднем количестве осадков за год на уровне 438,4 мм (1893-1959 гг.) Превышение по отношению к среднемноголетним было примерно на уровне 300 мм. За все время наблюдений в Каменной Степи только в 1925 году величина осадков была в пределах 826 мм. При сопоставлении многолетних метеорологических показателей погодных условий и элементов водного баланса чернозёмных почв степи установлено, что

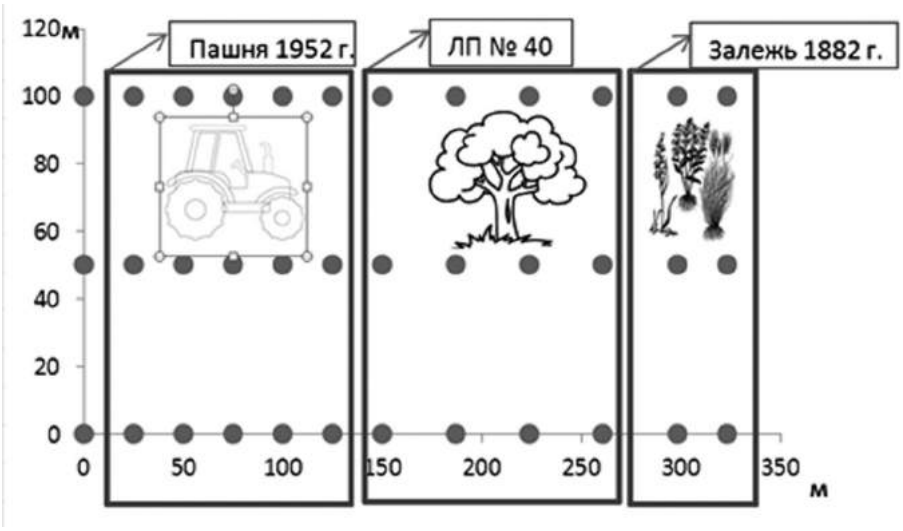


Рисунок 1 – **Схема отбора почвенных проб**

Таблица 1 – **Сумма осадков за год по месяцам в сравнении со среднемноголетними данными, мм**

Годы	Месяцы												Сумма
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2020	35,8	42	17,3	49,8	42,1	53,3	44,8	20,5	5,3	13,2	25,7	32,2	382,0
2021	58,1	49	14,6	26,8	54,6	75,7	58,4	46,6	73,5	7,9	34,4	38,5	538,1
2022	49,3	57,8	49,4	39,2	40,3	135,7	28,3	41,1	94,2	100,7	72,0	42,0	750,0
1894-1959	19,5	16,7	18,5	29,2	44,7	58,0	62,4	54,4	38,7	38,5	32,1	25,5	438,4
1894-2019	39,8	29,9	28,4	35,1	45,0	58,9	61,4	39,9	48,9	42,1	37,5	33,9	503,7

произошло усиление увлажнённости чернозёмов, определившее изменение их генетических признаков и свойств [1, 2]. Большая степень увлажнения в текущих условиях может послужить пусковым механизмом активизации процессов гидроморфизма и появления ареалов сезонно переувлажнённых почв весной 2023 г.

По годовой сумме атмосферных осадков минимальным значением отличались условия 2020 г. В годовом исчислении их выпало всего 382 мм (таблица 1). При этом наиболее острый дефицит влаги отмечался во втором полугодии. Снижение величины атмосферных осадков составило 113 мм (142 мм при среднемноголетнем значении 265 мм). В первом полугодии с января по июнь количество осадков было выше среднемноголетних значений и отмечено на уровне 240 мм при 200 мм в среднемноголетнем исчислении. Промежуточное положение занял 2021 г. За годовой период выпало 538,1 мм осадков, что почти на 100 мм превышает средние значения.

Рассматривая особенности климатических условий за тёплый (май-август) и холодный (сентябрь-апрель) периоды года, необходимо отметить следующее. Количество выпавших атмосферных осадков за холодный период было выше среднемноголетних значений. Их величина варьировала от 224,9 мм (2021 г.) до 355,5 мм (2022 г.) при среднемноголетнем показателе 218,6 мм (таблица 2). Проявляется общая закономерность роста количества атмосферных осадков в холодный период года.

В тёплый период года характер распределения атмосферного увлажнения складывался несколько иначе. Количество осадков за все годы исследований, в основном, было по большинству лет или ниже климатической нормы, или примерно на уровне среднемноголетних показателей. Исключение составил 2022 г. с количеством осадков за тёплый период года на уровне 245,0 мм, что превышало среднемноголетние значения на 24,8 мм. Незначительное превышение отмечено в 2021 г. При среднемноголетней величине 220,2 мм выпало 235,3 мм.

В условиях 2020-2022 гг. наибольшее содержание влаги на залежи косимой отмечено в почвенном профиле сразу после снеготаяния. В связи с небольшим количеством осадков в зимний период не отмечалось увеличения почвенной влаги до полного насыщения. Увлажнение на уровне НВ (НВ-ПВ) отмечалось ниже глубины 30 см. К концу августа влажность пахотного горизонта была на уровне ВЗ.

Наблюдения показали, что в начале весны влажность почвы на пашне достигает значений НВ, а в подпахотном горизонте увеличивается до категории НВ-ПВ. К уборке и в последующий период влажность снижается до ВЗ-НВ, в пахотном горизонте до градаций ВЗ. При отсутствии осадков в осенний период 2020 г. влажность снизилась до нулевого уровня <ВЗ [6, 7]. Водный режим чернозёмов, как разновозрастных пашен, так и многолетней залежи Каменной степи, можно определить, как периодически промывной с дополнительным грунтовым увлажнением [8, 14].

Особый режим влажности складывался непосредственно под лесной полосой. В течение всего года влажность отмечена на уровне ВЗ-НВ. Лишь в начале весеннего периода верхние гумусовые горизонты в отдельные годы фрагментарно имели более высокую влажность на уровне НВ.

Анализируя данные по увлажнённости почвенного профиля на начало вегетации в среднем за 2020-2022 гг. (таблица 3), можно отметить, что максимальные запасы продуктивной влаги были сосредоточены под лесной полосой. Лесные полосы накапливают высокие запасы почвенной влаги в зимне-весенний период. Для горизонта 0-20 см максимальные значения содержания продуктивной влаги лежали в пределах от 45,4±0,9 до 47,2±1,8 мм. В лесной полосе максимумы по влагозапасам отмечены и для остальных исследуемых горизонтов: для горизонта 20-50 см интервал составил от 53,8±1,7 до 62,8±2,3 мм, для горизонта 50-100 см – от 88,3±7,6 до 100,7±3,0 мм.

Минимальные значения по содержанию продуктивной влаги относились к пашне. Для горизонта 0-20 см минимальное значение на пашне составило 32,5±0,9 мм на расстоянии 100 м от лесной полосы. Далее на большем удалении от лесной полосы запасы влаги в верхнем горизонте нарастали. На удалении 125 и 150 м от лесной полосы значения содержания доступной влаги на пашне для слоя почвы 0-20 см составили 35,3±2,7 и 36,9±2,1 мм соответственно.

Для горизонта 20-50 см пахотного участка увеличение содержания продуктивной влаги при удалении от лесной полосы происходило более выраженно: от 36,9±2,1 мм на удалении 25 м до 52,0±1,6 мм – в 125 м. Лишь на удалении в 150 м содержание влаги на пашне в горизонте 20-50 см немного снизилось до

Таблица 2 – **Количество осадков и температура воздуха по периодам года**

Годы	Осадки, мм			Температура, °С		
	За год	Холодный период	Тёплый период	Средне-годовая	Холодный период	Тёплый период
2020	382,0	246,0	160,0	9,12	4,33	19,30
2021	538,0	224,9	235,3	8,36	2,27	21,42
2022	750,0	355,0	245,0	7,89	2,38	19,08
1894-1959	433,2	218,6	220,2	5,20	-1,00	17,80
1894-2019	471,4	261,3	213,2	5,90	-0,20	18,10

значения 50,3±0,6 мм. Для горизонта 50-100 см также сначала происходило нарастание влагозапасов с 66,8±0,9 мм до 79,6±4,2 мм при удалении от лесной полосы с 25 до 100 м. Далее, на расстоянии 125 и 150 м от лесной полосы, происходило снижение содержания продуктивной влаги на пашне до значений 67,7±3,5 и 64,2±4,9 мм соответственно.

Залежь косимая (ЗК) по запасам продуктивной влаги на начало вегетации заняла промежуточное положение. И если на пашне при удалении от лесной полосы запасы нарастали, то на залежи они, наоборот, уменьшались: для горизонта 0-20 см – с 41,6±1,2 до 38,3±2,3 мм при удалении от лесной полосы с 25 до 50 м, для горизонта 20-50 см – с 54,0±1,6 до 50,9±0,8 мм, для горизонта 50-100 см – с 85,4±6,2 до 78,7±5,3 мм.

К концу вегетации запасы продуктивной влаги в лесной полосе значительно снизились (таблица 3). Для слоя 0-20 см среди объектов исследования максимум запасов попрежнему принадлежал лесной полосе, в частности, восточной опушке (21,8±0,9 мм), то есть снижение запасов произошло более чем в 2 раза по сравнению с началом вегетации. Минимальные значения запасов в слое 0-20 см для лесной полосы отмечены на западной опушке (12,7±2,0 мм), что уже почти в четыре раза ниже предыдущих наблюдений весной. В течение вегетации происходило постепенное иссушение верхнего почвенного слоя за счёт потребления влаги травянистой растительностью и преобладающих юго-западных ветров.

Минимальные значения запасов влаги в слое почвы 0-20 см среди объектов исследования были зафиксированы на залежи (7,6±1,2 мм) (таблица 3). По сравнению с лесной полосой снижение запаса продуктивной влаги на залежи произошло соизмеримо – в среднем на 30 мм. Но если мы будем рассматривать потери влаги в абсолютном выражении, то снижение произошло в 5 раз. То есть, как уже было отмечено выше, к концу августа влажность пахотного горизонта на залежи была на уровне ВЗ.

Промежуточное значение по запасам влаги в слое 0-20 см на конец вегетации заняла пашня (таблица 3). Максимальные значения зафиксированы вблизи лесной полосы и на максимальном удалении от неё (150 м) – 17,9±2,0 и 15,6±3,0 мм соответственно. Лесная полоса в данном случае оказала благоприятное влияние на прилегающую пашню по сохранению влаги в верхнем пахотном горизонте. Минимальные значения запасов влаги на пашне отмечены в 75 м от лесной полосы – 10,8±2,0 мм. Таким образом, основные запасы влаги пахотного горизонта использовались на развитие сельскохозяйственных растений в течение вегетации.

Для слоя почвы 20-50 см максимум по влагозапасам сместился с лесной полосы на пашню (таблица 3). Значения по удалённости от лесной полосы были соизмеримы и лежали в интервале от 28,1±3,0 до 32,5±4,1 мм. Минимальные значения для данного горизонта зафиксированы также на залежи. При удалении от лесной полосы на 25 и 50 м запасы продуктивной влаги были 20,1±1,7 и 7,6±1,2 мм соответственно. Лесная полоса заняла в данном случае промежуточное положение. Запасы влаги уменьшились по сравнению с началом вегетации в 3,5 раза и находились в интервале от 20,7±1,2 до 23,4±0,9 мм.

Максимальные значения запасов влаги на пашне отмечены и для слоя почвы 50-100 см (таблица 3). При удалении от лесной полосы абсолютные значения по содержанию влаги увеличивались с 41,1±6,5 мм до максимальных 59,4±3,3 мм на удалении в 75 м. При дальнейшем удалении от лесной полосы до 150 м происходило постепенное снижение запасов влаги в слое 50-100 см до 47,5±5,5 мм. На всех исследованных точках на пашне снижение запасов влаги по сравнению с началом вегетации для слоя почвы 50-100 см произошло в среднем в 1,5 раза. Минимум по запасам влаги в слое почвы 50-100 см сместился с залежи в центр лесной полосы и составил 32,9±0,7 мм. Потери запасов влаги в лесной полосе оказались максимальными для данного горизонта среди всех объектов исследования. Абсолютные значения содержания доступной влаги уменьшились в 2,5 раза по сравнению с началом вегетационного периода. Залежь при этом заняла промежуточное положение. Интервал значений запаса влаги на залежи для данного горизонта составил от 38,0±8,7 до 46,7±3,3 мм. То есть, снижение по сравнению с весенними запасами произошло в 2 раза.

Для визуального отображения содержания продуктивной влаги на

Таблица 3 – **Запасы продуктивной влаги по слоям, мм (среднее за 2020-2022 гг.)**

Расположение скважин относительно ЛП 40	0-20 см	20-50 см	50-100 см	0-20 см	20-50 см	50-100 см
	Апрель			Август		
150 м от ЛП 40	36,9±2,1	50,3±0,6	64,2±4,9	15,6±3,0	32,5±4,1	47,5±5,5
125 м от ЛП 40	35,3±2,7	52,0±1,6	67,7±3,5	13,5±1,2	30,9±1,9	51,0±6,5
100 м от ЛП 40	32,5±0,9	51,8±1,0	79,6±4,2	12,5±2,5	29,9±2,2	54,3±1,4
75 м от ЛП 40	33,8±1,7	51,7±1,9	75,0±2,5	10,8±2,0	33,0±2,1	59,4±3,3
50 м от ЛП 40	32,8±1,4	47,7±0,7	66,8±0,9	15,6±3,4	28,1±3,0	41,1±6,5
25 м от ЛП 40	33,3±2,3	46,6±0,9	71,8±4,2	17,9±2,0	32,0±3,5	47,1±6,0
Зап. опушка ЛП 40	45,5±1,8	62,8±2,3	100,7±3,0	12,7±2,0	23,4±0,9	43,0±1,3
ЛП 40 2 линия	46,0±0,6	57,3±1,7	93,8±2,8	21,1±4,5	21,6±1,5	33,7±3,4
ЛП 40 3 линия	47,2±1,8	57,9±4,1	88,3±7,6	16,9±2,0	20,7±1,2	32,9±0,7
Вост. опушка ЛП 40	45,4±0,9	53,8±1,7	97,9±3,6	21,8±0,9	22,7±2,8	35,8±6,6
ЗК 25 м от ЛП 40	41,6±1,2	54,0±1,6	85,4±6,2	12,6±1,6	20,1±1,7	46,7±3,3
ЗК 50 м от ЛП 40	38,3±2,3	50,9±0,8	78,7±5,3	7,6±1,2	14,5±1,5	38,0±8,7

объектах исследования построены хроноизоплеты распределения её в пространстве на начало и конец вегетации по слоям 0-20, 20-50 и 50-100 см (рисунки 2, 3). Объекты исследования очерчены прямоугольниками. Данные картограммы показывают существенную пестроту распределения в пространстве даже такого показателя, как запас продуктивной влаги.

В лесной полосе на начало вегетации запасы продуктивной влаги в слоях 0-20 и 50-100 см были распределены равномерно по всему объекту. В слое 20-50 см максимумы запасов влаги были смещены больше к западной опушке. Судя по картограмме, вдоль восточной опушки запасы влаги были минимальными (рисунок 2). На залежи наблюдалась иная картина. В слоях 0-20 и 50-100 см запасы продуктивной влаги уменьшались при удалении от лесной полосы. В слое 20-50 см запасы на залежи были распределены равномерно. На пашне во всех трёх исследуемых слоях почвы максимумы продуктивной влаги сосредоточены вблизи лесной полосы и на максимальном удалении от неё (рисунок 2).

К концу вегетационного периода картина распределения запасов продуктивной влаги в пространстве в границах объектов исследования кардинально меняется. Анализ хроноизоплеты для слоя почвы 0-20 см показал (рисунок 3), что максимум запасов влаги сосредоточен уже не вдоль всей лесной полосы, а лишь в её центре и на восточной опушке. По направлению к западной опушке запасы снижаются. Для залежи снижение так же, как и в начале вегетации, происходит при удалении от лесной полосы. На максимальном удалении запасы влаги достигают критических значений и наименее доступны для растений. На пашне также при удалении от лесной полосы происходило снижение запасов влаги.

Для слоя почвы 20-50 см максимальные запасы продуктивной влаги характерны для пашни, равномерно распределившись вдоль всей площади (рисунок 3). Минимальные значения отмечены также на залежи на максимальном удалении от лесной полосы, повышаясь при приближении к ней. В самой лесной полосе максимальные запасы влаги в слое 20-50 см сосредоточены у опушек, а минимум отмечен в центре лесной полосы.

Для слоя почвы 50-100 см минимум запасов продуктивной влаги сместился с залежи в центр лесной полосы. В направлении опушек идёт постепенное нарастание запасов влаги. На втором месте по запасам выступает залежь.

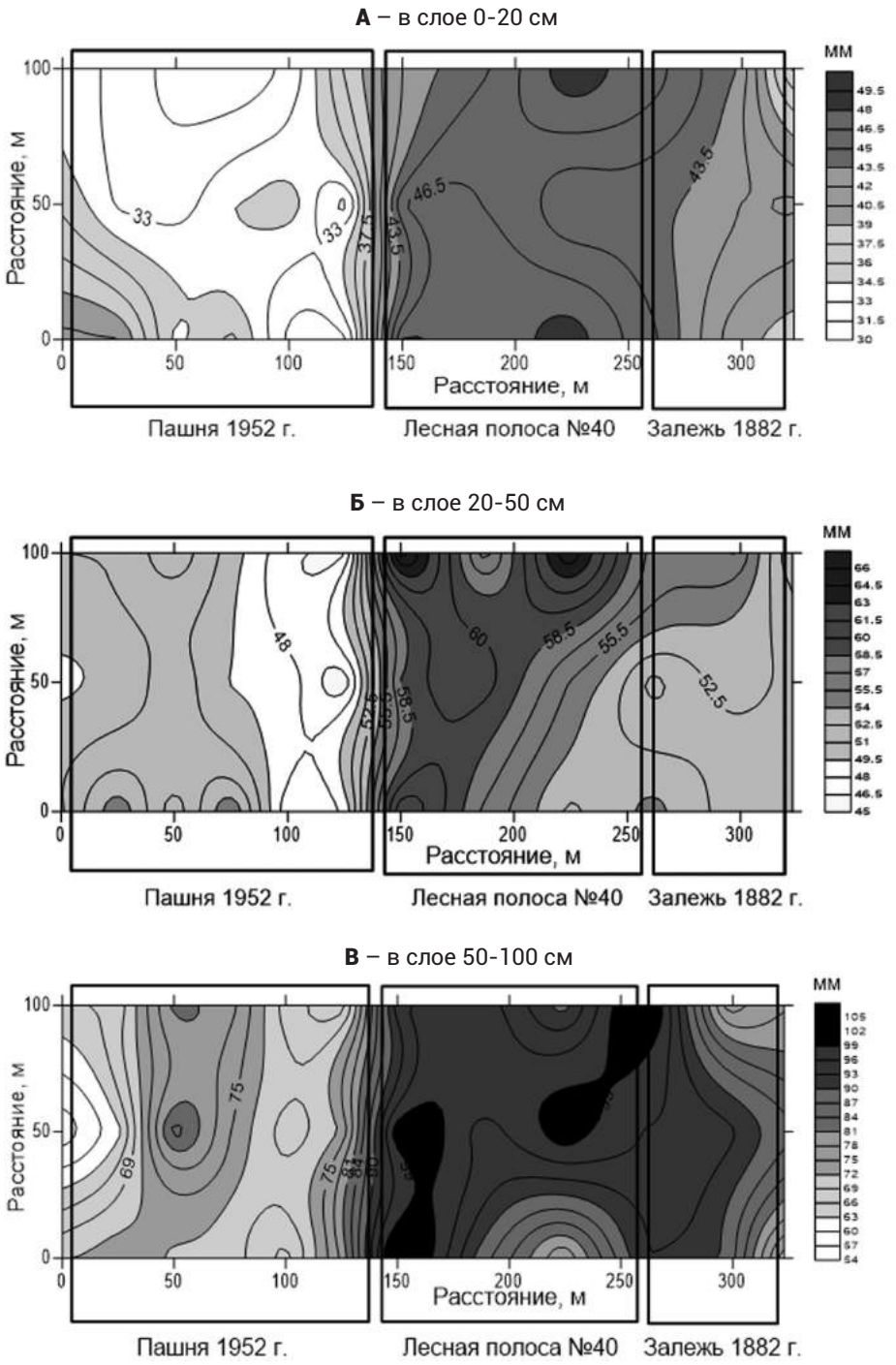


Рисунок 2 – **Запасы продуктивной влаги по горизонтам на начало вегетации (среднее за 2020-2022 гг.), мм**

Для слоя 50-100 см максимум на залежи сосредоточен строго по центру объекта. Лишь в направлении лесной полосы запасы продуктивной влаги немного снижались. Максимальные значения содержания влаги для данного слоя распределены в центральной части пашни. В западном и восточном направлениях на пашне идёт постепенное снижение запасов влаги.

Для объектов исследования оценены потери влаги для каждого из исследуемых слоёв почв. По вкладу в потери влаги за вегетационный период на залежи слои расположились в следующем порядке. Минимальные потери (30 мм) отмечены для слоя почвы 0-20 см. На втором месте по потерям выявлен слой почвы 20-50 см – 35 мм. Максимальное снижение запасов продуктивной влаги зафиксировано в слое 50-100 см – потери составили в среднем 40 мм. Общие потери в метровом слое составили в среднем 105 мм. Меньшие объёмы потери влаги в верхних горизонтах почвы обусловлены по-

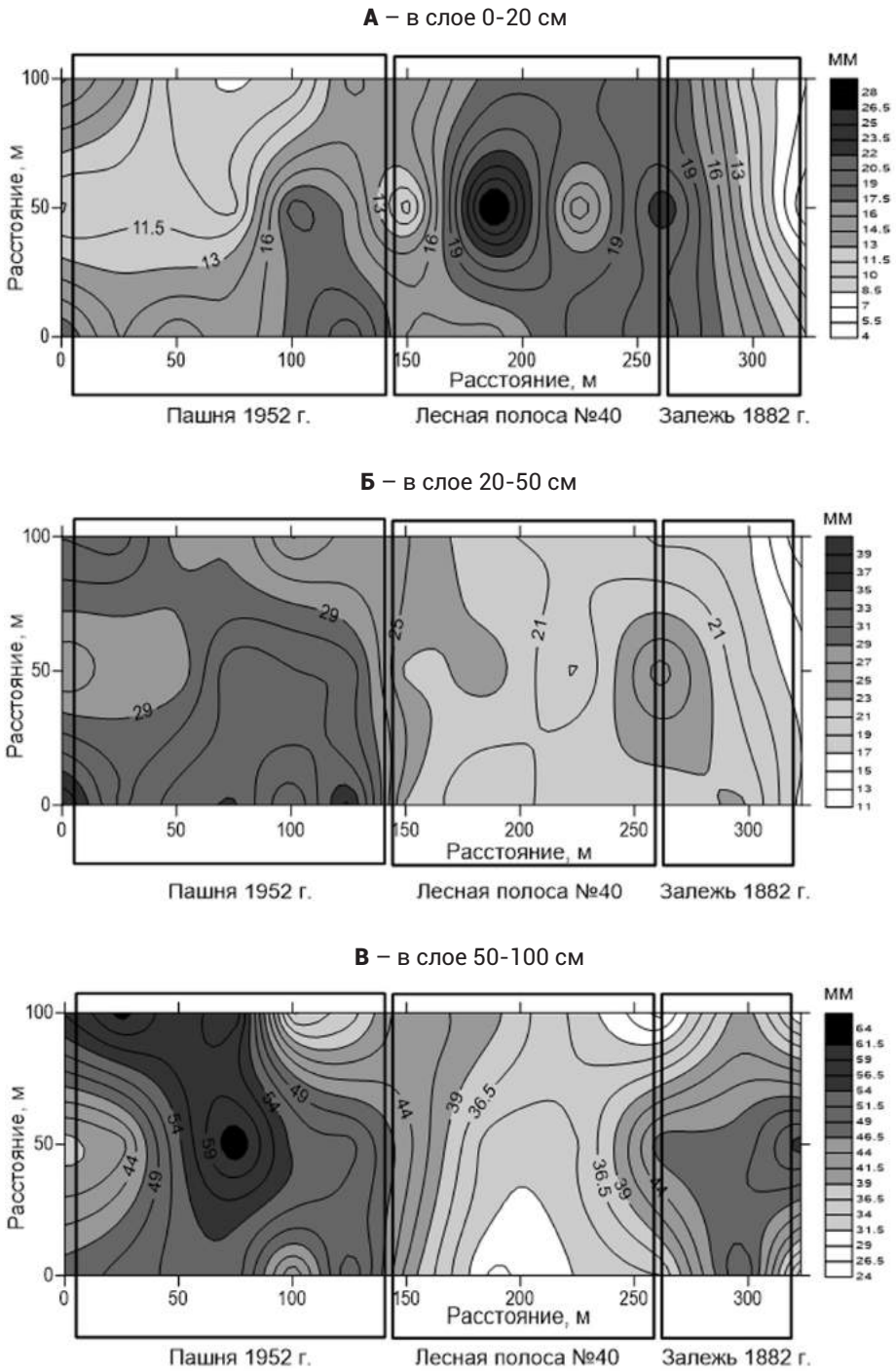


Рисунок 3 – **Запасы продуктивной влаги по горизонтам на конец вегетации (среднее за 2020-2022 гг.), мм:**

полнением влагозапасов за счёт выпадающих атмосферных осадков. Основная их величина концентрируется в поверхностном слое чернозёма и не перемещается в нижележащие почвенные горизонты.

В лесной полосе по потерям влаги исследуемые слои расположились в том же порядке. Минимальными потерями характеризовался слой 0-20 см – они составили в среднем 25 мм. На втором месте отмечен слой 20-50 см, где средние потери запасов влаги составили 36 мм. Максимальные потери влаги (59 мм) зафиксированы в слое почвы 50-100 см. Общие потери в метровом слое составили 120 мм.

На пашне потери влаги в верхнем слое почвы 0-20 см составили на конец вегетации в среднем 20 мм, в слое почвы 20-50 см – 19 мм, в слое почвы 50-100 см – 21 мм. Таким образом, потери влаги во всех трёх исследуемых слоях почвы на пашне оказались соизмеримыми. Общие потери влаги в метровом слое составили в среднем 60 мм.

Заключение. Распашка степных чернозёмов приводит к существенному изменению влагообеспеченности почв. В первой половине вегетации отмечается заметное снижение запасов продуктивной влаги по сравнению с залежным участком степной растительности. После уборки с.-х. культур различия в количестве доступной влаги нивелируются. Различия менее заметны. Отсутствие растительности на пашне во второй половине вегетационного периода приводит к снижению потерь почвенной влаги и относительному выравниванию с чернозёмами залежи.

Лесные полосы накапливают высокие запасы почвенной влаги в зимне-весенний период. В летний сезон под лесной полосой отмечается резкое снижение содержания продуктивной влаги. Почвы лесной полосы в условиях недостаточного атмосферного увлажнения в конце вегетационного периода были более иссушены по отношению к почвам залежи косимой и пашни. Древесные культуры за счёт процессов десукции иссушают почвенную толщу.

Наблюдения показали, что в начале весны влажность почвы на пашне и залежи достигает значений НВ, а в подпахотном горизонте увеличивается до категории НВ-ПВ. К уборке и в последующий период влажность снижается до ВЗ-НВ, в пахотном горизонте до градаций ВЗ. Непосредственно под лесной полосой в течение всего года влажность отмечена на уровне ВЗ-НВ. Лишь в начале весеннего периода верхние гумусовые горизонты в отдельные годы фрагментарно имеют более высокую влажность на уровне НВ.

Для визуального отображения содержания продуктивной влаги на объектах исследования построены хроноизоплеты распределения её в пространстве на начало и конец вегетации по слоям 0-20, 20-50 и 50-100 см. Данные картограммы показали существенную пестроту распределения в пространстве объектов исследования запасов продуктивной влаги. Также на картограммах отобразились существенные изменения запасов влаги со временем (на начало и конец вегетационного периода).

Общие потери влаги в метровом слое за вегетационный период в лесной полосе составили 120 мм, на залежи – 105 мм, на пашне – 60 мм. Оценены потери влаги для каждого из исследуемых слоёв почв. Для залежи и лесной полосы слои по потерям влаги от минимума к максимуму расположились в следующем порядке – 0-20, 20-50 и 50-100 см. На пашне потери влаги во всех слоях оказались соизмеримы и составили в среднем 20 мм.

Библиографический список

1. Базыкина, Г. С. Влияние аномальных погодных условий последних десятилетий на водный режим типичных чернозёмов заповедной степи (Курская область) / Г. С. Базыкина, О. С. Бойко // Почвоведение. – 2008. – № 7. – С. 833-844.

2. Базыкина, Г. С. Влияние цикличности климата на водный режим и карбонатный профиль чернозёмов центра Европейской части России и сопредельных территорий / Г. С. Базыкина, С. В. Овечкин // Почвоведение. – 2016. – № 4. – С. 475-488.

3. Герцык, В. В. Послойный режим и баланс влаги в целинных мощных чернозёмах под некосимой степью и дубовым лесом / В. В. Герцык, А. А. Роде // Почвоведение. – 1979. – № 3. – С. 59-75.

4. Герцык, В. В. Элементы баланса влаги в целинных чернозёмах в некосимой степи и дубовом лесу // В. В. Герцык, А. А. Роде // Почвоведение. – 1978. – № 7. С. 77-86.

5. Каргин, В. И. Влияние полезащитных лесных полос на водный режим выщелоченного чернозёма / В. И., Каргин, Н. Д. Чегодаева, И. Ф. Каргин // Почвоведение. – 2004. – № 10. – С. 1179-1187.

6. Киценко, В. П. Режим увлажнения агрочернозёма в условиях юго-востока Центрально-Чернозёмной зоны / В. П. Киценко, В. А. Беспалов, А. Ю. Чевердин, М. Ю. Сауткина // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур: материалы 12-й Международной конференции молодых учёных и специалистов, 1-3 марта 2023 года. – Краснодар: ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2023. – С. 102-104.

7. Киценко, В. П. Изменение водного режима чернозёмов под влиянием агрогенеза / В. П. Киценко, Ю. И. Чевердин, С. В. Сапрыкин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (69). – С. 39-43.

8. Лебедева, И. И. Опыт комплексной оценки влияния длительности земледельческого использования на свойства и режимы агрочернозёмов Каменной Степи / И. И. Лебедева, Г. С. Базыкина, А. М. Гребенников [и др.]. // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2016. – № 83. – С. 77-102.

9. Макарычев, С. В. Водный режим чернозёмов под насаждениями рябины алой и его регулирование в течение вегетации // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 5 (187). – С. 44-52.

10. Мильков Ф.Н., Нестеров А.И., Петров Н.Г., Гончаров М.В. Каменная степь (Опыт ландшафтно-типологической характеристики), Изд-во ВГУ, Воронеж, 1971. – 176 с. – С. 147.

11. Муромцев, Н. А. Закономерности гидротермического режима почв и влагообеспеченности растений / Н. А. Муромцев, Ю. А. Мажайский, К. Б. Анисимов, Н. А. Семёнов // Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ. –2 018. – 210 с.

12. Оликова, И. С. Водный режим целинных чернозёмов Среднерусской возвышенности и его изменения / И. С. Оликова, С. А. Сычёва // Почвоведение. – 1996. – № 5. – С. 640-649.

13. Сафонова, Д. Н. Анализ запасов продуктивной влаги в тяжелосуглинистых почвах агроландшафтов Калининградской области // Д. Н. Сафонова, О.А. Анциферова // Вестник молодёжной науки. – 2020. – № 4 (26). – С. 12-14.

14. Щеглов, Д. И. Водный режим чернозёмов залежи и пашни / Д. И. Щеглов, Л. И. Брехова // Ресурсосберегающие технологии земледелия. Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвящённой 35-летию Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии и Международной школы молодых учёных и специалистов «Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства». – 2005. – С. 544-547.

Bibliographic list

1. Bazykina, G. S. Effect of abnormal weather conditions of recent decades on the water regime of typical chernozems of the protected steppe (Kursk region) / G. S. Bazykina, O. S. Boiko // Eurasian Soil Science. – 2008. – No. 7. – Pp. 833-844.

2. Bazykina, G. S. Effect of climate cyclicity on the water regime and carbonate profile of chernozems in the center of the European part of Russia and adjacent territories / G. S. Bazykina, S. V. Ovechkin // Soil Science. – 2016. – No. 4. – Pp. 475-488.

3. Gertsyk, V. V. Layered regime and moisture balance in thick virgin chernozems under unmowed steppe and oak forest / V. V. Gertsyk, A. A. Rode // Eurasian Soil Science. – 1979. – No. 3. – Pp. 59-75.

4. Gertsyk, V. V. Elements of moisture balance in virgin chernozems in the unmowed steppe and oak forest // V. V. Gertsyk, A. A. Rode // Soil Science. – 1978. – No. 7. – Pp. 77-86.

5. Kargin, V. I. Influence of shelter belts on the water regime of leached chernozem / V. I. Kargin, N. D. Chegodaeva, I. F. Kargin // Eurasian Soil Sci. – 2004. – No. 10. – Pp. 1179-1187.

6. Kitsenko, V. P. Actual problems of biology, breeding, cultivation and processing technologies of agricultural crops: materials of the 12th International Conference of Young Scientists and Specialists, March 1-3, 2023 / V. P. Kitsenko, V. A. Bespalov, A. Yu. Cheverdin, M. Yu. Sautkina // Krasnodar: Federal Scientific Center «All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V. S. Pustovoit», 2023. – Pp. 102-104.

7. Kitsenko, V. P. Changes in the water regime of chernozems under the influence of agrogenesis / V. P. Kitsenko, Yu. I. Cheverdin, S. V. Saprykin // Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. – 2022. – No. 2 (69). – Pp. 39-43.

8. Lebedeva, I. I. Experience of a comprehensive assessment of the impact of the duration of agricultural use on the properties and regimes of agrochernozems of the Kamennaya Steppe / I. I. Lebedeva, G. S. Bazykina, A. M. Grebennikov [et al.] // Bulletin of the Soil Institute named after V. V. Dokuchaev. – 2016. – No. 83. – Pp. 77-102.

9. Makarychev, S. V. Water regime of chernozems under plantations of mountain ash scarlet and its regulation during the growing season // Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2020. – No. 5 (187). – Pp. 44-52.

10. Milkov F. N., Nesterov A. I., Petrov N. G., Goncharov M. V. Stone steppe (Experience of landscape-typological characteristics), Publishing House of the Voronezh State University, Voronezh, 1971. – 176 p. – P. 147.

11. Muromtsev, N. A. Regularities of the hydrothermal regime of soils and moisture supply of plants / N. A. Muromtsev, Yu. A. Mazhaisky, K. B. Anisimov, N. A. Semyonov // Ryazan State Agrotechnological University. – 2018. – 210 p.

12. Olikova, I. S. Water regime of virgin chernozems of the Central Russian Upland and its changes / I. S. Olikova, S. A. Sycheva // Soil Science. – 1996. – No. 5. – Pp. 640-649.

13. Safonova, D. N. Analysis of productive moisture reserves in heavy loamy soils of agricultural landscapes of the Kaliningrad region // D. N. Safonova, O. A. Antsiferova // Bulletin of youth science. – 2020. – No. 4 (26). – Pp. 12-14.

14. Shcheglov, D. I. Water regime of fallow and arable chernozems / D. I. Shcheglov, L. I. Brekhova // Resource-saving technologies of agriculture. Collection of reports of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 35th anniversary of the All-Russian Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion and the International School of Young Scientists and Specialists «Perspective Technologies for Modern Agricultural Production». – 2005. – Pp. 544-547.

УДК 631.674 DOI: 10.35809/2618-8279-2023-2-10

ОЦЕНКА ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ЗОНЕ НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ И ИХ УЧЕТ ПРИ ОБОСНОВАНИИ ОРОШЕНИЯ

ASSESSMENT OF CLIMATE CHANGE TREND IN THE ARID ZONE IN THE RUSSIAN EUROPEAN SOUTH AND ITS CONSIDERATION FOR IRRIGATION

Л. В. Кирейчева, доктор технических наук, руководитель научного направления, kireychevalw@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7114-2706,
И. В. Корнеев, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ilia.korneev@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8416-2864

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», Москва, Российская Федерация

L. V. Kireicheva, Doctor of Technical Sciences, head of scientific direction, kireychevalw@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7114-2706,
I. V. Korneev, Candidate of Technical Sciences, leading researcher, ilia.korneev@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8416-2864

All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

Исследования выполнены в рамках государственного задания по теме (FGUF- 2022-0001 «Разработать теоретические основы биосферно-экологического обоснования комплексной мелиорации, технологии создания и управления мелиоративными режимами и производственными циклами высокоавтоматизированных гидромелиоративных систем на основе их цифровизации, обеспечивающие повышение энергетического потенциала почвы за счёт регулирования потоков воды и биогенных веществ и защиту растений от климатических рисков»

Развитие мелиорации в России в последние годы определяется макро- и микроэкономическими условиями, включающими меры поддержки и стимулирования со стороны государства, а также водообеспеченностью и динамикой климатических рисков. Обоснование орошения основано на анализе естественной тепло- и влагообеспеченности территории, которая трансформируется под действием локальных проявлений глобального изменения климата. Существующие рекомендации по обоснованию орошения основаны на исследованиях, проведённых в различные годы с использованием климатических рядов разной длины за последние 100 лет. Вместе с тем климатологи указывают на изменения климата на территории Российской Федерации, которые могут трансформировать природное увлажнение в традиционно рассматриваемых зонах избыточного и недостаточного увлажнения. Исследование посвящено детальному анализу рядов срочных метеорологических данных по метеостанциям Каменная Степь, Ершов, Волгоград, Элиста из Государственного фонда данных о состоянии природной среды, по которым рассчитаны среднемноголетние климатические характеристики за тёплые периоды временных рядов 1976-2021 и 1991-2020 гг. В процессе исследований выявлены линейные тренды этих характеристик, оценена их статистическая значимость и предложен способ получения прогнозных рядов метеорологических параметров для обоснования оросительных мелиораций, а также линейные тренды этих параметров с оценкой их статистической значимости. Выявлен статистически значимый рост дефицита природного увлажнения на 10-20 % за период 1991-2020 гг. Установлено, что при сохранении тренда климатических параметров, наблюдавшегося за период 1976-2021 гг., возрастает частота появления более засушливых лет, что повышает климатические риски, которые должны быть учтены при реконструкции и новом строительстве оросительных систем.

Recent years the development of land reclamation in Russia has been determined as a combination of macro- and microeconomic conditions, including state support and incentive measures, taking into account water availability and the dynamics of climate risks. Irrigation substantiation is based on the analysis of heat and moisture availability in the territory, taking into account the influence of local and global climate change. The existing recommendations for the irrigation substantiation are based on studies conducted in different years using climate series of different lengths over the past 100 years. At the same time, climatologists point to climate changes in the territory of the Russian Federation, which can transform natural humidity in the traditionally humid and excess humid zones. The study is devoted to a detailed analysis of the series of urgent meteorological data in the Kamennaya Steppe, Ershov, Volgograd, Elista weather stations, coming from the State Data Fund on the State of the Natural Environment, according to which the average long-term climatic characteristics were calculated for the warm periods in 1976-2021 and 1991-2020. In the course of research, linear trends of the above mentioned characteristics were identified, their statistical significance was assessed and a method on forecast series of meteorological parameters for irrigation substantiation was proposed. A statistically significant increase in the deficit of natural moisture by 10...20% was detected over the period 1991-2020. It is established that while the trend of climatic parameters observed over the period 1976-2021 continues, the frequency of occurrence of drier years increases, which increases climatic risks that should be taken into account during the reconstruction and new construction of irrigation systems.

Ключевые слова: изменение климата, испаряемость, агроклиматические параметры, тренд температуры и осадков, орошение.

Key words: climate change, evaporation, agri-climatic parameters, temperature and precipitation trend, irrigation.

Введение. Важным направлением при обосновании комплексных мелиораций является оценка и прогноз естественной тепло- и влагообеспеченности территории в условиях глобального изменения климата [9, 12-14, 16, 25]. В настоящее время многими учёными разрабатываются подходы к анализу и учёту климатических и метеорологических данных, в которых выполняется сравнение многолетних метеорологических характеристик по данным реанализа и наземных наблюдений, а также обосновывается необходимость развития орошения [2, 5, 7]. Поэтому оценка тенденций изменения климата в зоне недостаточного увлажнения и их учёт при обосновании орошения становятся актуальной задачей.

Юг европейской части Российской Федерации характеризуется хорошими тепловыми ресурсами при недостаточности природного увлажнения в тёплый период года. В этом регионе эксплуатируется значительное количество оросительных систем, построенных в 1960-1980 годы, а также создаются новые системы. Как при реализации эксплуатационных, так и при обосновании проектных режимов орошения необходимо учитывать тренды изменения климатических характеристик, определяющие водопотребление сельскохозяйственных культур и параметры оросительных систем. Изменение климата в сторону потепления может значимо повышать потребность в компенсации природного увлажнения с помощью орошения.

Анализ изменения климата на территории Российской Федерации, приведённый в [22, 25], показал, что потепление происходит в 2 раза более значительно, чем в среднем на планете. Наибольший рост наблюдается для весенних температур – 0,66 ^{0}C за 10 лет, в летний период увеличение температуры составляет 0,4 ^{0}C за такой же период. В Докладе об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год [10] отмечается, что «в отличие от глобальной ситуации, изменение климата России в целом (в среднем за год и по территории) следует охарактеризовать как продолжающееся потепление, отметив, что тенденция к замедлению потепления пока по данным наблюдений не прослеживается (по крайней мере, во все сезоны, кроме зимы)». Что же касается осадков, то годовые значения незначительно выросли, на 2,1 % за 10 лет, за исключением северных регионов, где наблюдается убывание количества осадков. В качестве примера приводится рисунок из [10], иллюстрирующий тренды среднегодовой и сезонных температур на территории России.

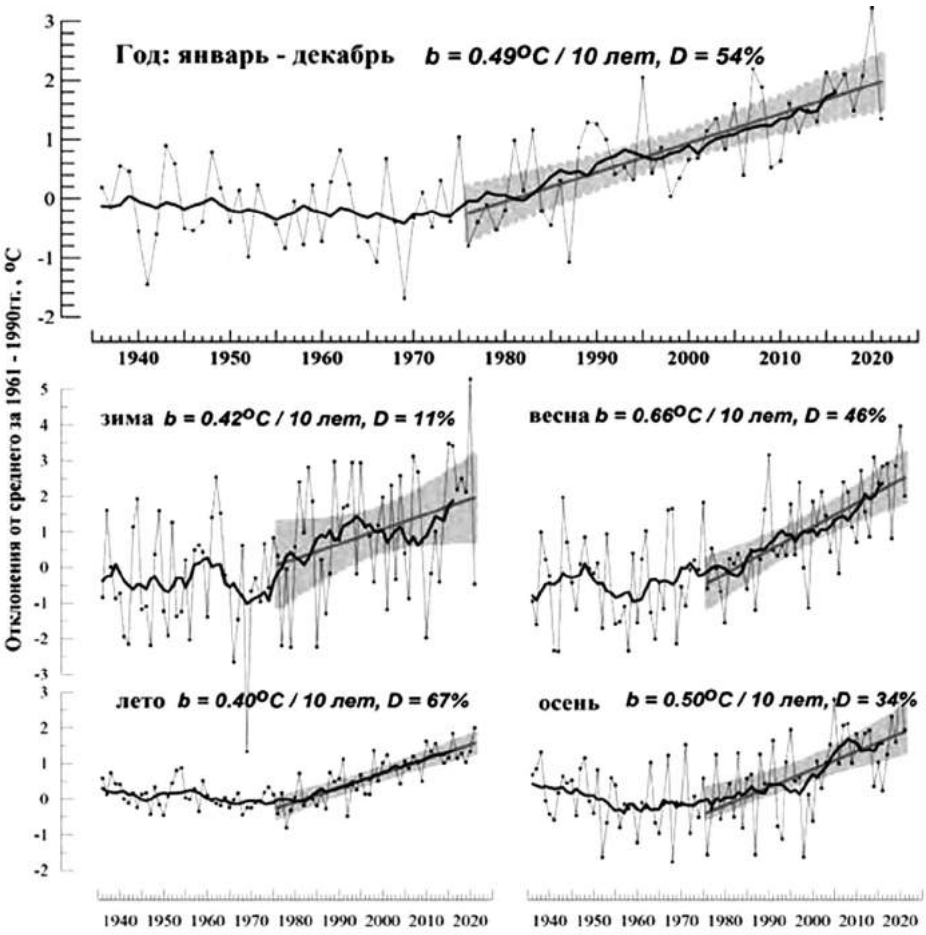


Рисунок 1 – **Аномалии температуры приземного воздуха (^{0}C) за период с 1936 по 2021 г. (цитируется по [10]).**

Для расчёта нормативных параметров орошения в РФ широко применяется биоклиматический метод, в котором за эквивалент тепло-энергетических ресурсов климата принята испаряемость, а роль растений в расходовании влаги полем учитывается биологическим коэффициентом орошаемой сельскохозяйственной культуры [6]. Из многочисленных методов расчёта испаряемости, предложенных Н. Н. Ивановым [11], С. Мезенцевым [17], М. И. Будыко [4], Х. Л. Пенманом [19, 20], Л. Тюрком [23], С. И. Харченко [24], А. Р. Константиновым [15], А. И. Будаговским [3], Г. Т. Селяниновым [21], А. М. Алпатьевым [1], Н. В. Данильченко [7, 8] и др. авторами, наиболее широкое распространение получили методы, основанные на экспериментальных связях испаряемости с температурой и влажностью воздуха, скоростью ветра, солнечной радиацией и другими динамическими показателями атмосферы.

Цель данной статьи – оценить тенденции изменения климата в зоне недостаточного увлажнения юга европейской части России и предложить способ их учёта при обосновании орошения.

Материалы и методы. В настоящее время испаряемость и другие нормативные параметры орошения определяются в соответствии с ГОСТ Р 58331.3-2019 «Системы и сооружения мелиоративные. Водопотребность для орошения сельскохозяйственных культур. Общие требования». Исходными данными для расчёта испаряемости служат метеорологические данные за многолетний ретроспективный период (не менее 30 лет). Учёт тенденций изменения климата требует использовать прогнозные ряды метеоданных за период 2020-2050 гг. [6, 18]. Многочисленные материалы по обоснованию орошения, созданные различными авторами, в основном основаны на метеоданных за предшествующие периоды, которые соответствуют климатическим нормам 1931-1960, 1961-1990, их композиции, а также произвольным рядам данных за вторую половину XX в. Поэтому разработанные рекомендации пригодны для использования в условиях климата, при котором временные ряды метеопараметров являются стационарными. При произвольной межгодовой и внутригодовой изменчивости такие ряды характеризуются постоянными среднемноголетними значениями параметров; можно сказать, что вероятностные значения параметров, соответствующие влажным, средним и сухим годам, имеют постоянную вероятность появления вне зависимости от начала расчётного периода и хронологического порядка лет. Нестационарные ряды метеоданных отличаются изменением средних и других вероятностных значений, что не позволяет формировать прогнозные ряды механическим переносом архивных данных на будущие периоды. Не годятся также методы Монте-Карло и другие комбинации для создания синтетических рядов метеоданных для использования в качестве прогнозных.

В данной работе используется подход, основанный на выделении линейного тренда из архивных рядов метеоданных, что позволяет представить ряд метеоданных как мультипликативную комбинацию трендовой составляющей и остатков, включающих сезонную, шумовую и прочие компоненты ряда. Соответственно все характерные вероятностные значения для влажных, средних и сухих лет вычисляются по стационарным (очищенным от трендов) рядам остатков. Линейная модель тренда может иметь недостатки, такие как искусственное упрощение многолетних процессов изменения климата, которые происходят в открытой динамической системе, имеющей характерные периоды релаксации, буферные ёмкости и нелинейные прямые и обратные связи, приводящие к нарастанию и затуханию изменений. Учёт таких закономерностей возможен с использованием глобальных климатических моделей и их ансамблей, таких, как $CMIP_5$ и $CMIP_6$. Однако центральная идея подхода в дан-

Таблица 1 – **Среднемноголетние значения климатических характеристик за 1976-2021 и 1991-2020 гг.**

Метеостанция	Каменная Степь		Ершов		Волгоград		Элиста	
Метеопараметр	1976-2021	1991-2020	1976-2021	1991-2020	1976-2021	1991-2020	1976-2021	1991-2020
1. Температура среднегодовая, ^{0}C	+9,4	+9,5	+6,1	+6,4	+10,8	+11,0	+11,1	+11,3
2. Осадки годовые, мм	495	492	395	378	352	340	360	370
Среднемноголетние метеопараметры за период года со среднедекадной температурой, превышающей +5								
3. Дата начала периода	23-29 апреля	23-29 апреля	23-29 апреля	23-29 апреля	13-19 апреля	13-19 апреля	03-09 апреля	03-09 апреля
4. Длина периода, сут.	199	202	192	195	212	215	220	223
5. Средняя температура, ^{0}C	+15,7	+16,0	+16,8	+16,9	+17,7	+17,9	+17,7	+17,9
6. Сумма температур, ^{0}C	3135	3234	3231	3299	3738	3842	3891	3974
7. Сумма осадков, мм	314	312	221	213	206	194	245	250
8. Суммарная испаряемость, мм	590	612	993	1038	833	853	1043	1053
9. Потенциальный дефицит природного увлажнения, мм	276	300	772	825	627	659	798	803
Среднемноголетние метеопараметры за период года со среднедекадной температурой, превышающей +10								
10. Дата начала периода	23-29 мая	23-29 мая	23-29 мая	13-19 мая	03-09 мая	03-09 мая	03-09 мая	03-09 мая
11. Длина периода, сут.	159	162	159	161	180	182	184	186
12. Средняя температура, ^{0}C	+17,7	+18,0	+18,7	+18,8	+19,5	+19,7	+19,6	+19,8
11. Сумма температур, ^{0}C	2804	2906	2966	3031	3490	3589	3612	3694
12. Сумма осадков, мм	252	251	183	172	178	163	213	216
13. Суммарная испаряемость, мм	522	546	908	948	782	801	980	992
14. Потенциальный дефицит природного увлажнения, мм	270	295	725	776	604	638	767	776

Таблица 2 – **Оценки линейного тренда температуры приземного воздуха за 1976-2021 гг., регионально осреднённой за год и по сезонам: b – коэффициент линейного тренда (°С/10 лет), D – вклад тренда в дисперсию, %**

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	b	D	b	D	b	D	b	D	b	D
Физико-географические регионы России, 1976-2021										
Европейская часть РФ	**0,53**	54	**0,64**	14	**0,46**	27	**0,50**	38	**0,53**	30
Федеральные округа РФ, 1976-2021										
Центральный ФО	**0,59**	50	**0,76**	16	**0,45**	21	**0,59**	35	**0,57**	30
Приволжский ФО	**0,48**	41	0,49	7	**0,47**	20	**0,44**	20	**0,53**	23
Южный ФО	**0,57**	52	**0,56**	16	**0,47**	25	**0,74**	53	**0,49**	24
Отдельные метеостанции, рассмотренные в данной работе, 1976-2021*										
Каменная Степь	**0,28**	17	-0,56	10	**0,40**	21	**0,77**	37	**0,61**	41
Ершов	**0,52**	38	0,43	8	**0,48**	15	**0,64**	28	**0,55**	25
Волгоград	**0,33**	22	-0,40	6	**0,40**	17	**0,85**	47	**0,57**	34
Элиста	**0,24**	18	-0,26	5	0,24	8	**0,72**	47	**0,33**	15

Примечание. *Здесь и далее красным цветом выделены коэффициенты тренда, статистически значимые уже на 1%-м уровне.*

ной статье о выделении трендовой составляющей не претерпит изменений. При этом создание прогнозного ряда сведётся к вычислению значения трендовой составляющей для прогнозного года в виде коэффициента к климатической норме архивного ряда и умножения среднемноголетних или любых вероятностных характеристик ряда на соответствующий коэффициент для прогнозных данных.

Для оценки агроклиматических показателей и их трендов выбраны метеостанции Каменная Степь, Ершов, Волгоград, Элиста, метеопараметры по которым содержатся в Государственном фонде данных о состоянии природной среды (Госфонд) и предоставляются с помощью технологии АИСОРИ разработки ФГБУ «ВНИИГМИ – МЦД» на сайте http://aisori-m.meteo.ru. Для анализа были использованы доступные ряды срочных метеоданных за 1976-2021 гг. С помощью программного обеспечения, разработанного в отделе природоохранных и информационных технологий ВНИИГиМ имени А. Н. Костякова, из рядов данных были сформированы суточные и затем декадные значения метеопараметров, которые были статистически обработаны, в том числе для выделения трендовой составляющей и анализа остатков ряда для определения параметров распределения Пирсона III типа (гамма-функции).

Результаты и обсуждение. По рядам метеоданных рассчитаны метеопараметры за интервалы 1976-2021 и 1991-2020 гг. по метеостанциям Каменная степь, Ершов, Волгоград, Элиста (таблица 1).

Для всех рассмотренных метеостанций характерно увеличение температуры (как среднегодовой, так и

Таблица 3 – **Оценки линейного тренда осреднённых за год (январь-декабрь) и по сезонам месячных сумм атмосферных осадков для регионов России за 1976-2021 гг.: b – коэффициент линейного тренда (%/10 лет), D – вклад тренда в дисперсию, %**

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	b	D	b	D	b	D	b	D	b	D
Физико-географические регионы России, 1976-2021										
Европейская часть РФ	1,0	4	3,0	11	**5,2**	22	-1,9	4	-0,2	0
Федеральные округа РФ, 1976-2021										
Центральный ФО	0,0	0	3,4	5	5,5	11	-4,3	9	-1,1	0
Приволжский ФО	-0,9	1	1,4	1	5,5	10	-4,5	9	-2,6	3
Южный ФО	-0,4	0	0,1	0	5,0	9	-4,1	5	01,5	1
Отдельные метеостанции, рассмотренные в данной работе, 1976-2021*										
Каменная Степь	-2,0	0	5,3	4	-0,2	0	-0,8	0	-6,3	3
Ершов	-15,6	8	-3,8	3	7,5	13	**-15,0**	19	-4,3	2
Волгоград	0,1	1	0	0	-0,2	13	**0,3**	25	-0,1	4
Элиста	13	10	**7,7**	20	**11,1**	10	-6,7	10	0,9	0

Таблица 4 – **Статистически значимые (на уровне 5 %) тренды климатических характеристик за 1976-2021 и 1991-2020 гг.**

Метеостанция	Каменная Степь		Ершов		Волгоград		Элиста	
Метеопараметр	1976-2021	1991-2020	1976-2021	1991-2020	1976-2021	1991-2020	1976-2021	1991-2020
Среднемноголетние метеопараметры за период года со среднедекадной температурой, превышающей +5 ^{0}C								
Длина периода, сут.	4,6 15	-	-	-	4,5 16	-	-	-
Средняя температура, ^{0}C	**0,42** 26	**0,55** 27	**0,34** 20	0,52 21	**0,40** 23	0,59 24	**0,34** 20	0,52 21
Сумма температур, ^{0}C	**155** 49	**162** 37	**124** 38	**136** 28	**162** 54	**188** 45	**119** 40	**140** 31
Суммарная испаряемость, мм	**42,8** 27	**53,8** 32	67,0 26	62,8$^{9\%}$ 19	**47,4** 28	**85,9** 48	44,4 10	**111,4** 34
Потенциальный дефицит природного увлажнения, мм	41,9 13	56,7$^{7\%}$ 22	**75,3** 21	76,3$^{12\%}$ 18	**61,0** 21	**100,8** 41	42,2$^{10\%}$ 6	121,8 27
Среднемноголетние метеопараметры за период года со среднедекадной температурой, превышающей +10 ^{0}C								
Длина периода, сут.	4,4 11	-	-	-	3,6 13	-	-	-
Средняя температура, ^{0}C	**0,49** 25	0,48 25	**0,38** 13	-	**0,46** 28	**0,62** 42	**0,40** 36	**0,48** 42
Сумма температур, ^{0}C	**152** 37	**175** 24	**104** 26	**122** 17	**154** 46	**191** 32	**120** 29	**167** 19
Суммарная испаряемость, мм	**41,5** 26	**54,3** 29	58,9 21	57,3$^{14\%}$ 15	**45,9** 27	**85,2** 44	45,0 11	**114,9** 33
Потенциальный дефицит природного увлажнения, мм	37,4 11	57,7$^{7\%}$ 20	**70,4** 19	70,7$^{15\%}$ 15	**58,6** 21	**92,1** 37	41,7$^{10\%}$ 6	118,3 27

средней за тёплый и вегетационный периоды); суммы температур (за тёплый и вегетационный периоды); потенциального дефицита увлажнения (за вегетационный период). Выявленные изменения метеопараметров были оценены статистически для определения значимых трендов. В таблицах 2 и 3 выполнено сравнение опубликованных данных о трендах температур и атмосферных осадков, представленных на рисунке 1, с данными по вышеприведённым метеостанциям.

Анализ таблицы 2 показывает, что выявленные тренды среднегодовой температуры по метеостанциям Каменная степь, Ершов, Волгоград, Элиста статистически значимы и не противоречат сведениям, представленным в работе [22] для европейской части РФ и ЦФО, ЮФО за 1976-2021 годы. Наибольшими трендами отличаются летние температуры, которые растут на 0,64-0,85 °C/10 лет по рассмотренным метеостанциям; тренды осенних температур составляют 0,33-0,61 °C/10 лет. Из рассмотренного перечня метеостанций несколько выпадает метеостанция Элиста, для которой характерен наименьший тренд среднегодовой температуры, статистически незначимый тренд не только зимней, но и весенней температуры, а также, в сравнении с другими метеостанциями, малый тренд осенних температур.

Анализ таблицы 3 показывает, что статистически значимы выявленные тренды зимних и весенних осадков по метеостанции Элиста (осадки возрастают), а также тренды летних осадков по метеостанции Ершов (снижаются). Несмотря на статистическую значимость тренда летних осадков по метеостанции Волгоград, величина тренда несущественна. В целом результаты, изложенные в таблице 3, позволяют подтвердить выводы, сделанные ранее в отношении сильной дисперсии атмосферных осадков, которая практически не объясняется линейными трендами.

Для целей расчёта проектных оросительных норм рассмотрены

тренды показателей тепло- и влагообеспеченности (таблица 4). Все тренды даны в единицах измерения соответствующих показателей за 10 лет. Ниже соответствующего коэффициента тренда в каждой ячейке приведён процент объясненной дисперсии. Для отдельных значений в верхнем индексе указан уровень статистической значимости, превышающий 5 %.

Анализ таблицы 4 позволяет предположить, что проявления глобального изменения климата существенно неоднородны по территории европейской части РФ, что проявляется на уровне трендов метеопараметров. Видно, что по метеостанциям зоны недостаточного увлажнения обнаружены статистически значимые тренды средних температур за тёплый и вегетационный периоды, а также тренды сумм температур. По метеостанциям Каменная Степь и Волгоград выявлена тенденция к увеличению продолжительности тёплого и вегетационного периодов, по более засушливым зонам (м/ст Ершов и м/ст Элиста) подобных закономерностей не обнаружено.

Для обоснованной оценки трендов избыточного или недостаточного природного увлажнения рассматривались комплексные характеристики, построенные по реальным рядам метеоданных и отражающие как испаряемость, так и потенциальный дефицит природного увлажнения.

По всем метеостанциям зоны недостаточного увлажнения выявлены тренды роста потенциального дефицита природного увлажнения, причём наиболее статистически значимо это проявляется за период 1976-2021 гг., а величина трендов больше за период 1991-2020 гг. Это показывает тенденции увеличения засушливости климата, которые особенно выражены в последние 30 лет, причём рост засушливости в первую очередь вызван увеличением температур и испаряемости, а не тенденциями изменения осадков. Полученные данные не противоречат современным результатам, обнаруженным с помощью ансамблей моделей $CMIP_5$ и $CMIP_6$.

В данной работе влияние тренда выделено путём декомпозиции ряда климатических показателей за 1976-2021 годы (как имеющие большее количество статистически значимых трендов) на трендовую составляющую и частные от делений фактического значения показателя на трендовое значение в этом же году. Таким образом, получен ряд множителей, при умножении которых на трендовую составляющую конкретного года можно восстановить исходный коэффициент увлажнения. Однородный ряд без трендовой составляющей использован для расчёта множителей характерных обеспеченностей (от 95 % – остросухого года до 5 % – очень влажного). Для целей расчётов и оценки режима орошения требуется в первую очередь оценить значения с характерными обеспеченностями 95 %, 85 %, 75 %, 50 %.

Для однородного ряда без трендовой составляющей построены аналитические кривые обеспеченности с помощью гамма-функции (распределение Пирсона 3 типа). Аналитическая функция позволила определить значения нормированных коэффициентов, которые позволяют перейти от трендового значения потенциального дефицита увлажнения конкретного года (в том числе прогнозного) к потенциальному дефициту увлажнения необходимой обеспеченности. В таблице 5 приведены вероятностные (обеспеченные) значения потенциальных дефицитов увлажнения для архивного ряда за период 1991-2020 гг. и прогнозные значения за период 2021-2050 гг. для проектирования новых и реконструкции существующих оросительных систем.

Таблица 5 – **Вероятностные (обеспеченные) значения потенциального дефицита увлажнения**

Обесп. Р%	Каменная Степь		Ершов		Волгоград		Элиста	
Период	1990 - 2020	2021 - 2050	1990 - 2020	2021- 2050	1990 - 2020	2021 - 2050	1990 - 2020	2021- 2050
95	614	848	1135	1447	950	1210	1193	1381
85	520	718	1042	1328	871	1110	1090	1262
75	384	531	898	1144	749	954	932	1078
50	264	364	753	960	627	799	774	896
25	171	237	625	797	519	661	636	736
10	133	183	563	718	467	595	569	658
5	82	114	469	597	387	493	468	541

В таблице 5 цветом выделены попарно (для каждой метеостанции отдельно) сопоставимые потенциальные дефициты увлажнения (отличающиеся в пределах ±10 %), имеющие различную обеспеченность в архивном и прогнозном рядах: например, оранжевым цветом показан потенциальный дефицит увлажнения по метеостанции Каменная Степь, имевший в архивном ряду метеоданных обеспеченность 85 %, а в прогнозном ряду – 75 %.

Расчёты показали, что в ближайшем будущем засушливые годы будут встречаться чаще, что свидетельствует о возможном возрастании потребности в орошении в 2020-2050 годах, и это необходимо учитывать как при проектировании новых, так и при реконструкции действующих оросительных систем.

Заключение. На основе анализа метеоданных за 1976-2021 годы по метеостанциям Каменная Степь, Ершов, Волгоград, Элиста подтверждены выводы об изменении климата, которое проявляется в статистически значимом уже на уровне 1 % линейном тренде увеличения годовых, весенних, летних и осенних температур; линейные тренды изменения осадков имеют меньшую статистическую значимость.

По рассмотренным метеостанциям выявлен статистически значимый рост потенциального дефицита природного увлажнения на 10-20%/10 лет за период 1991-2020 гг., для компенсации которого потребуется увеличить оросительную норму, а это может привести к изменению параметров оросительных систем или их эксплуатационного режима.

Наличие трендов агроклиматических параметров не позволяет рассматривать временные ряды как стационарные, а также применять без анализа и обработки архивные ряды за произвольные периоды времени в качестве прогнозных рядов. В статье предложен способ учёта линейных трендов метеопараметров путём декомпозиции архивных рядов на трендовую составляющую и остатки с последующим восстановлением прогнозных рядов на основе гипотезы о сохранении тренда.

Установлено, что при сохранении тренда климатических параметров, наблюдавшегося за период 1976-2021 гг., возрастает частота (снижается обеспеченность) появления более засушливых лет, что повышает климатические риски, которые должны быть учтены при обосновании оросительных мелиораций.

Библиографический список

1. Алпатьев, С. М. К обоснованию формирования поливных режимов с использованием биоклиматического метода / С. М. Алпатьев, В. П. Остапчик // Мелиорация и водное хозяйство. – Вып. 19. – Киев, 1971.

2. Афанасьев, В. С. Ведение климатической статистики и её визуализация по метеорологическим данным из открытых источников на примере поймы реки Яхромы / В. С. Афанасьев, Е. Э. Головинов, С. А. Киселёв // Экологические системы и приборы. – 2021. – № 5. – С. 11-15. https://doi.org/10.25791/esip.05.2021.1225.

3. Будаговский, А. И. Испарение почвенной влаги // М.: Наука, 1964.

4. Будыко, М. И. Испарение в естественных условиях // Л.: Гидрометеоиздат, 1948.

5. Головинов, Е. Э. Сравнение многолетних метеорологических характеристик по данным реанализа и наземных наблюдений на территории Московской области / Е. Э. Головинов, Н. А. Васильева // Мелиорация и гидротехника. – 2022. – Т. 12. – № 3. – С. 92-105. https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-3-92-105.

6. ГОСТ Р 58331.3-2019 «Системы и сооружения мелиоративные. Водопотребность для орошения сельскохозяйственных культур. Общие требования» // М.: Стандартинформ, 2019.

7. Данильченко, Н. В. О новых подходах к расчётам водопотребления в свете задач по восстановлению роли орошения в сельскохозяйственном производстве России // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. – № 6.

8. Данильченко, Н. В. Метод построения кривых обеспеченности оросительных норм при коротких рядах наблюдений / Н. В. Данильченко, В. Н. Остроушко, С. И. Омельяненко // Тр. ВНИИГиМ. – М., 1989.

Bibliographic list

1. Alpatiev, S. M. To the rationale for the formation of irrigation regimes using the bioclimatic method / S. M. Alpatiev, V. P. Ostapchik // Melioration and water management. – Issue. 19. – Kyiv, 1971.

2. Afanasiev, V. S. Maintaining climate statistics and its visualization using meteorological data from open sources on the example of the Yakhroma river floodplain, / V. S. Afanasiev, E. E. Golovinov, S. A. Kiselev / Ecological Systems and Instruments // 2021. – No. 5. – Pp. 11-15. https://doi.org/10.25791/esip.05.2021.1225.

3. Budagovsky, A. I. Evaporation of soil moisture // M.: Nauka, 1964.

4. Budyko, M. I. Evaporation in natural conditions // L.: Gidrometeoizdat, 1948.

5. Golovinov, E. E. Comparison of long-term meteorological characteristics according to reanalysis and ground-based observations on the territory of the Moscow region / E. E. Golovinov, N. A. Vasilyeva // Melioration and hydraulic engineering. – 2022. – Vol. 12. – No. 3. – Pp. 92-105. https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-3-92-105.

6. GOST R 58331.3-2019 «Improvement systems and structures. Water demand for irrigation of agricultural crops. General requirements» // M.: Standartinform, 2019.

7. Danilchenko, N. V. On new approaches to calculating water consumption in the light of tasks to restore the role of irrigation in agricultural production in Russia // Melioration and water management. – 2001. – No. 6.

8. Danilchenko, N. V. A method for constructing curves for the provision of irrigation norms for short series of observations / N.V. Danilchenko, V.N. Ostroushko, S. I. Omelyanenko // Proceedings of the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation. – M., 1989.

9. Дегтерев, А. Х. Изменение климата Крыма за последние десятилетия // Вопросы безопасности. – 2020. – № 2. DOI: 10.25136/2409-7543.2020.2.32821.

10. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год // М.: Росгидромет, 2022. – 104 стр. ISBN 978-5-906099-58-7.

11. Иванов, Н. Н. Об определении величины испаряемости // Изд-во Всесоюзного географического общества / Том 86. – Вып. 2. – М., 1954.

12. Кирейчева, Л. В. Развитие и размещение сельскохозяйственных мелиораций в изменяющихся климатических условиях / Л. В. Кирейчева, И. В. Глазунова // Природообустройство. – 2017. – № 4. – С. 80-87.

13. Кирейчева, Л. В. Развитие мелиораций в России при различных сценариях изменения климата / Л. В. Кирейчева, И. В. Глазунова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 3. – С. 8-11.

14. Кирейчева, Л. В. Информационно-справочная система агроклиматических и почвенных показателей Нечернозёмной зоны РФ / Л. В. Кирейчева, А. Д. Тимошкин, А. Л. Аветисян // International Agricultural Journal. – 2022. – Т. 65. – № 3. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_6_3_18.

15. Константинов, А. Р. К вопросу об определении испаряемости (максимально возможного испарения) с сельскохозяйственных полей / А. Р. Константинов, Р. Н. Олейник // Тр. УкрНИИГиМ. – Киев,1964. – Вып.41.

16. Корсакова, С. П. Оценка будущих изменений климата на Южном берегу Крыма // Экосистемы. – 2018. – № 15.

17. Мезенцев, В. С. К расчёту тепло-, влагообеспеченности // Метеорология и гидрология. – 1953. – № 4.

18. О переходе на новые климатические нормы. 12 июля 2022 г. Росгидромет. https://www.meteorf.gov.ru/press/news/28963/ (дата обращения 25.05.2023).

19. Пенман, Х. Л. Растения и влага. Перевод с английского // Л.: Гидрометеоиздат, 1968.

20. Пенман, Х. Л. Физические основы контроля испарения // Бюллетень научно-технической информации по агрономической физике, № 1. – М., 1956.

21. Селянинов, Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата // Мировой агроклиматический справочник. – Л.: Гидрометеоиздат, 1957.

22. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме // СПб.: Наукоёмкие технологии, 2022. – 124 с.

23. Тюрк, Г. Баланс почвенной влаги. Перевод с французского // Л.: Гидрометеоиздат, 1958.

24. Харченко, С. И. Суммарное испарение с различных угодий при оптимальном увлажнении // Труды ГГИ. – Л., 1962.

25. Эдельгериев, Р. С. Х. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство). Национальный доклад / Р. С. Х. Эдельгериев, А. Л. Иванов, И. М. Донник [и др.] // Москва, 2021. – Том 3.

9. Degterev, A. Kh. Climate change in Crimea over the past decades // Security Issues. – 2020. – No. 2. DOI: 10.25136/2409-7543.2020.2.32821.

10. Report on climate features in the Russian Federation for 2021 // M.: Roshydromet, 2022. – 104 p. ISBN 978-5-906099-58-7.

11. Ivanov, N. N. On determining the magnitude of evaporation // Publishing House of the All-Union Geographical Society. – Vol. 86. – Issue 2. – M., 1954.

12. Kireycheva, L. V. Development and placement of agricultural land reclamation in changing climatic conditions / L. V. Kireycheva, I. V. Glazunova // Nature Engineering. – 2017. – No. 4. – Pp. 80-87.

13. Kireycheva, L. V. Development of land reclamation in Russia under different scenarios of climate change / L. V. Kireycheva, I. V. Glazunova // Bulletin of the Russian Agricultural Science. – 2015. – No. 3. – Pp. 8-11.

14. Kireycheva, L. V. Information and reference system of agro-climatic and soil indicators of the Nonchernozem zone of the Russian Federation / L. V. Kireycheva, A. D. Timoshkin, A. L. Avetisyan // International Agricultural Journal. – 2022. – Vol. 65. – No. 3. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_6_3_18.

15. Konstantinov, A. R. To the question of determining evaporation (maximum possible evaporation) from agricultural fields / A. R. Konstantinov, R. N., Oleinik // Proceedings of the Ukrainian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation. – Kyiv, 1964. – Issue 41.

16. Korsakova, S. P. Assessment of future climate change on the southern coast of Crimea // Ecosystems. – 2018. – No. 15.

17. Mezentsev, V. S. To the calculation of heat and moisture supply // Meteorology and Hydrology. – 1953. – No. 4.

18. About transition to new climatic norms. July 12, 2022 Roshydromet. https://www.meteorf.gov.ru/press/news/28963/ (accessed 05/25/2023).

19. Penman, H. L. Plants and moisture. Translation from English // L.: Gidrometeoizdat, 1968.

20. Penman, H. L. Physical principles of evaporation control // Bulletin of scientific and technical information on agronomic physics, No. 1. – M., 1956.

21. Selyaninov, G. T. Methods of agricultural characteristics of the climate // World agro-climatic reference book. – L .: Gidrometeoizdat, 1957.

22. Third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. General summary // St. Petersburg: Science-intensive technologies, 2022. – 124 p.

23. Türk, G. Balance of soil moisture. Translation from French // L .: Gidrometeoizdat, 1958.

24. Kharchenko, S. I. Total evaporation from various lands with optimal moisture // Proceedings of the State Hydrological Institute. – L., 1962.

25. Edelgeriev, R. S. Kh. Global climate and soil cover in Russia: manifestations of drought, prevention measures, control, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry). National report / R. S. Kh. Edelgeriev, A. L. Ivanov, I. M. Donnik [et al.] // Moscow, 2021. – Vol. 3.

УДК: 633.34:631.81 DOI: 10.35809/2618-8279-2023-2-6

ПРИМЕНЕНИЕ ГИББЕРЕЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ (НА ПРИМЕРЕ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

EFFICIENCY OF APPLICATION OF GIBBERELIC ACID IN SOYBEAN CULTIVATION TECHNOLOGY (ON THE EXAMPLE OF THE RYAZAN REGION)

[1]**Е. В. Гуреева,** кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства, elenagureeva@bk.ru, ORCID: 0000-0002-1740-7937,
[2]**М. В. Овсянникова,** начальник отдела мониторинга почв и информационного обеспечения, agrohim_62_2@mail.ru,
[2]**В. А. Гвоздев,** директор, agrohim_62_2@mail.ru,
[2]**В. Е. Маркова,** кандидат сельскохозяйственных наук, главный агрохимик, agrohim_62_2@mail.ru, ORCID: 0009-0003-8902-5393

[1]Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Рязанская область, Российская Федерация
[2] ФГБУ Станция агрохимической службы «Подвязьевская», Рязанская область, село Подвязье, Российская Федерация

[1]**E. V. Gureeva,** Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Breeding and Primary Seed Department, elenagureeva@bk.ru, ORCID: 0000-0002-1740-7937,
[2]**M. V. Ovsyannikova,** Head of Soil Monitoring and Information Support Department, agrohim_62_2@mail.ru,
[2]**B. A. Gvozdev,** director, agrohim_62_2@mail.ru,
[2]**B. E. Markova,** candidate of agricultural sciences, chief agrochemist, agrohim_62_2@mail.ru, ORCID: 0009-0003-8902-5393

[1]Institute of Seed Production and Agrotechnologies – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM», Ryazan region, Russian Federation
[2] Station of the agrochemical service «Podvyazyevskaya», Ryazan region, Podvyazye village, Russian Federation

Исследования выполнены в рамках государственного задания по теме (FGUF- 2022-0001 «Разработать теоретические основы биосферно-экологического обоснования комплексной мелиорации, технологии создания и управления мелиоративными режимами и производственными циклами высокоавтоматизированных гидромелиоративных систем на основе их цифровизации, обеспечивающие повышение энергетического потенциала почвы за счет регулирования потоков воды и биогенных веществ и защиту растений от климатических рисков»

Погодно-климатические условия Центрального Нечерноземья являются неустойчивыми для получения стабильной урожайности сои, особенно в экстремальных условиях. Для повышения сопротивляемости растений стресс-факторам среды, по данным ряда авторов, используют различные регуляторы роста. В статье представлены результаты опыта по изучению влияния стимулятора роста на основе гиббереллиновой кислоты (ГК) на урожайность и качество семян сои. Опыты проведены в Институте семеноводства и агротехнологий, расположенном во втором агроклиматическом районе Рязанской области, в 2021-2022 годах. Почва участка тёмно-серая лесная тяжелосуглинистая с очень высоким и высоким содержанием подвижного фосфора, высоким и повышенным содержанием обменного калия, со среднекислой степенью кислотности (pH) и средней оценкой по содержанию гумуса. Цель исследований – выявить влияние препарата на основе гиббереллиновой кислоты на продуктивность и качество семян сои в условиях лесостепной зоны Рязанской области. Объектом исследований является сорт северного экотипа Георгия. Выявлено явное преимущество по сохранности растений сои к уборке при применении ГК. Установлено, что применение ГК в фазу бутонизация - начало цветения повлияло на дату наступления фенофаз культуры, сократив вегетационный период на 2 дня. В результате исследований установлено позитивное влияние стимулятора роста на урожайность семян сои. Прибавка урожая сои от обработки стимулятором роста составила, в зависимости от уровня почвенного плодородия, в среднем за годы исследований 5,7-7,3 %. На фоне различных лимитирующих стресс-факторов

The weather and climatic conditions of the Central Non-Black Earth Region are unstable for obtaining a stable soybean yield, especially in extreme conditions. To increase the resistance of plants to environmental stress factors, according to a number of authors, various growth regulators are used. The article presents the results of an experiment to study the effect of a growth stimulator based on gibberellic acid (HA) on the yield and quality of soybean seeds. The experiments were carried out at the Institute of Seed Production and Agricultural Technologies, located in the second agro-climatic region of the Ryazan region in 2021-2022. The soil of the site is dark gray forest heavy loamy with a very high and high content of mobile phosphorus, a high and high content of exchangeable potassium, with a medium acid degree of acidity (pH) and an average assessment of the humus content. The purpose of the research is to reveal the effect of a preparation based on gibberellic acid on the productivity and quality of soybean seeds in the conditions of the forest-steppe zone of the Ryazan region. The object of research is the variety of the northern ecotype George. A clear advantage in the preservation of soybean plants for harvesting with the use of HA was revealed. It has been established that the use of HA in the budding phase - the beginning of flowering affected the date of the onset of the crop phenophases, reducing the growing season by 2 days. As a result of the research, a positive effect of the growth stimulator on the yield of soybean seeds was established. The increase in soybean yield from treatment with a growth stimulator, depending on the level of soil fertility, averaged 5.7-7.3 % over the years of research. Against the background of various limiting environmental stress factors, it was found that the increase in yield was obtained by

внешней среды установлено, что прибавка урожая получена за счёт увеличения количества бобов на одном растении и семян в одном бобе. Масса 1000 семян по вариантам опыта не имела существенных различий. При обработке стимулятором роста улучшилось качество продукции.

increasing the number of beans per plant and seeds per bean. The weight of 1000 seeds according to the variants of the experiment did not have significant differences. When treated with a growth stimulator, the quality of products improved.

Ключевые слова: соя, стимулятор роста Гибберсиб, П, почвенное плодородие, урожайность, качество зерна.

Key words: soybean, growth stimulant Gibbersib, P, soil fertility, productivity, grain quality.

Введение. Соя (Glycine max (L.) Merrill – одна из важнейших белково-масличных культур в мировом земледелии. Острый дефицит пищевого и кормового белка ощущается во многих странах. В связи с этим расширение соевого производства актуально и продиктовано необходимостью импортозамещения пищевой и кормовой соевой продукции [6].

Одной из основных задач при возделывании сои является повышение урожайности за счёт улучшения технологий возделывания, соблюдения основных технических требований [7], а также использования передовых технологических приёмов, включающих использование комплексных агрохимикатов для обработки семян и листовых подкормок в критические периоды развития растений [15].

Формирование урожая сельскохозяйственных культур на протяжении всего вегетационного периода зависит от погодных условий. В последние годы как в Российской Федерации, так и во всём мире повышенные температуры воздуха и низкая влагообеспеченность оказывают негативное влияние на урожайность и качество растениеводческой продукции [11, 14]. Смягчить действие колебаний метеорологических условий на сельскохозяйственные культуры возможно путём применения регуляторов роста и микроудобрений, экзогенное внесение которых позволяет мобилизовать потенциальные возможности растительного организма, направленные на повышение его биопродуктивности [12].

В последнее время значительное внимание уделяется микроудобрениям и регуляторам роста растений, которые используются для получения хозяйственно значимых эффектов по оптимизации и стимуляции прорастания семян, активации вегетативного роста растений, их защиты от ряда заболеваний за счёт усиления иммунного статуса растений, повышения урожайности сельскохозяйственных культур [13].

К регуляторам роста относятся вещества, способные при низких нормах расхода оказывать влияние на рост и развитие отдельных органов, растений в целом, а также на их устойчивость к неблагоприятным условиям среды и патогенам. Регуляторы могут обладать как стимулирующим эффектом, так и тормозящим и даже угнетающим [1]. Их использование позволяет регулировать процесс плодообразования и созревания, повышать качество урожая [4].

Одним из широко используемых регуляторов роста растений являются гиббереллины. Гиббереллиновая кислота (Ga3) – одна из самых известных форм гиббереллина. Это естественный гормон роста (извлечена из Gibberella fujikuroi (грибов), посредством которой осуществляется регуляция роста растений [1]. Однако эффективность применения данных препаратов зависит от почвенно-климатических условий региона применения и биологических особенностей культур [8].

Основной целью данной работы является изучение влияния препарата на основе гиббереллиновой кислоты на продуктивность и качество семян сои в условиях лесостепной зоны Рязанской области.

Материалы и методы. Место проведения опытов – опытное поле отдела селекции и первичного семеноводства Института семеноводства и агротехнологий. Участок, где проводили исследования, имеет тёмно-серую лесную тяжелосуглинистую почву. Для исследований взят сорт сои Георгия, включённый в Госреестр селекционных достижений РФ в 2017 году. Сорт раннеспелый, период вегетации 94-105 дней. Содержание белка в семенах 36-43 %. Содержание жира 18-22 %. На тёмно-серых лесных тяжелосуглинистых почвах средняя урожайность семян 2,2 т/га, максимальная – 2,8 т/га [3]. Способ применения биологического регулятора роста Гиббереcиб, П – опрыскивание по вегетации в фазу бутонизации - начала цветения ручным опрыскивателем «Жук» с расходом препарата 10 г/га.

Опыт двухфакторный. Фактор А – последействие минеральных удобрений, фактор В – применение биологического стимулятора роста.

1. $N_{125}P_{125}K_{125}$; 2. $N_{125}P_{125}K_{125}$ + Гиббер-сиб, П; 3. $N_{60}P_{60}K_{60}$; 4. $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Гиббер-сиб, П; 5. Контроль; 6. Контроль + Гиббер-сиб, П.

При проведении исследований руководствовались методиками: методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1983; методика полевого опыта, 1985, агротехнические приёмы согласно методическим рекомендациям [5, 9, 10], агрохимические анализы выполнены в ФГБУ САС «Подвязьевская».

Предшественник в опыте – соя. Предпосевная обработка почвы включала следующие операции: раннее весеннее боронование, культивацию и выравнивание поверхности поля. Весеннее боронование проведено при достижении почвой физической спелости, внесён почвенный гербицид Лазурит, СП (0,6 кг/га). Проведена предпосевная обработка почвы культиватором КПС-4, выравнивание поля РВК-3,6. Норма высева семян сои 600 тыс. всхожих семян на гектар. Лабораторная всхожесть семян – 98,0 %. После посева проведено прикатывание катками ЗККШ-6. Повторность в опыте – 3-х кратная, площадь делянки – 126 м^2, учётная площадь – 25,6 м^2. Борьба с сорняка-

Таблица 1 – **Результаты агрохимического обследования почвы, 2022 год**

Вариант	ГОСТ 54650-2011				ГОСТ 26483-85		ГОСТ 26213-84	
	P2O5, мг/кг почвы		K2O, мг/кг почвы		$pH_{сол.}$		гумус, %	
	2022	в среднем	2022	в среднем	2022	в среднем	2022	в среднем
1	265,9	254,3	161,0	170,5	5,08	5,11	6,23	5,0
2	262,7		180,0		5,14		3,70	
3	234,1	239,1	150,0	156,0	5,07	5,12	4,90	4,8
4	244,1		162,0		5,17		4,68	
5	216,2	212,8	128,0	132,5	5,17	5,13	4,72	4,8
6	209,4		137,0		5,10		4,90	

ми осуществлялась путём опрыскивания по вегетирующим растениям в фазу 2-х настоящих листьев культуры с расходом воды 200 л/га (баковая смесь Фабиан (100 г/га)+Корсар (1,5 л/га). В течение всего периода вегетации проводили фенологические наблюдения за ростом и развитием растений. Уборку урожая осуществляли поделяночно комбайном «Сам-по-500».

Результаты и обсуждение. Внесение извести на опытном участке проведено в 2018 году, в 2020 году внесены минеральные удобрения согласно схеме опыта [2]. Содержание элементов питания (подвижного фосфора и обменного калия) после уборки сои в 2022 году по вариантам опыта имело различие, которое зависело, в основном, от последействия удобрений (таблица 1). На варианте с максимальным внесением удобрений $(NPK)_{125}$ содержание подвижного фосфора составило 264,9 мг/кг почвы, содержание обменного калия – 170,5 мг/кг почвы. На варианте со средним уровнем внесения питательных веществ $(NPK)_{60}$ – соответственно 239,1 и 156,0 мг/кг почвы. На контроле содержание доступных форм фосфора и калия – 212,8 и 132,0 мг/кг почвы, соответственно. К 2022 году показатель кислотности (pH сол.) был одинаковым на всех вариантах опыта и вернулся к первоначальному значению, составил 5,1.

В целом по всем вариантам опыта отмечается очень высокое и высокое содержание в почве подвижного фосфора; высокое и повышенное содержание обменного калия.

Температурный режим в годы исследований был благоприятный для прорастания семян и появления всходов. Полевая всхожесть в опыте составила 88,3-96,4 %, сохранность растений к уборке варьировала от 63,5 % (на контроле) до 83,2 %. Анализ рисунка 1 показывает превосходство по сохранности растений сои перед уборкой при использовании ГК, показатель увеличился в среднем за годы исследований на 8,3-10,8 % в сравнении с вариантом без обработки.

Таблица 2 – **Урожайность и качество семян сои в зависимости от последействия удобрений и обработки регулятором роста, 2021-2022 гг.**

Вариант	Урожайность, т/га			Содержание, %	
				ГОСТ 10846-91	ГОСТ 13496.15-97
	2021	2022	среднее	сырой протеин	сырой жир
1	2,17	1,58	1,88	37,2+0,46	22,3+0,29
2	2,21	1,79	2,0	38,7+0,53	20,5+0,18
3	1,96	1,58	1,77	40,0+0,59	21,0+0,29
4	2,07	1,73	1,90	38,3+0,53	22,1+0,26
5	1,85	1,62	1,74	41,1+0,37	21,5+0,21
6	2,01	1,67	1,84	37,1+0,28	22,5+0,17
НСР фактор А	0,21	0,15			
НСР фактор В	0,04	0,07			
НСР фактор АВ	0,34	0,26			

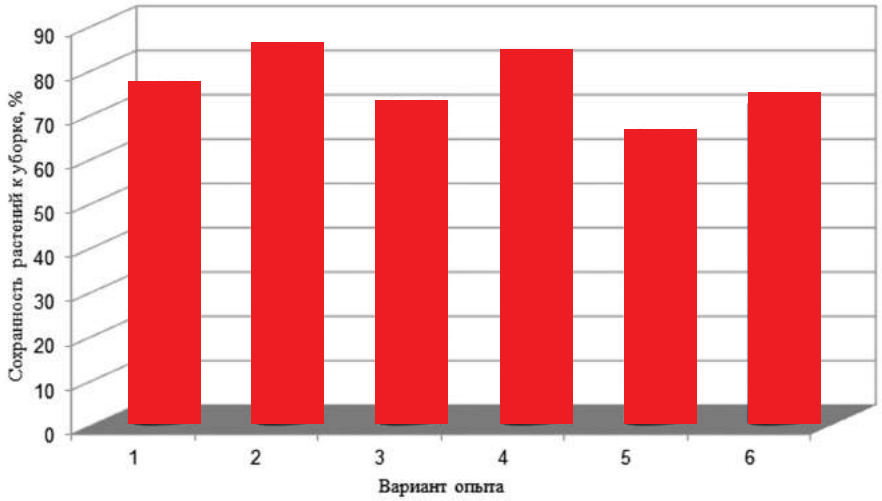


Рисунок 1 – **Сохранность растений к уборке, средняя за 2021-2022 гг.**

Наблюдения за изучаемыми вариантами показало, что различия в прохождении фенофаз отмечаются с фазы цветения, и применение ГК способствовало сокращению вегетационного периода на 2 дня. Вегетационный период составил 86-88 дней.

Результаты исследований показали, что при обработке регулятором роста отмечается повышение урожайности семян по всем вариантам опыта. Величина прибавки урожая на вариантах опыта зависела от состояния почвенного плодородия. Прибавка урожайности в среднем за 2021-2022 гг составила 0,12-0,13 т/га, на контроле показатель равен 0,10 т/га.

Максимальная урожайность семян сои получена на варианте с обработкой регулятором роста Гибберсиб на фоне последействия максимального количества минеральных удобрений и составила в среднем за два года исследований 2,0 т/га, минимальная – на контроле, 1,74 т/га. Превышение при применении препарата в 2022 году на фоне последействия удобрений $(NPK)_{125}$ и $(NPK)_{60}$ математически достоверно, в то время как в 2021 году математически достоверно только при $(NPK)_{60}$ и в контрольном варианте.

На фоне различных лимитирующих стресс-факторов внешней среды анализ снопового материала показал, что прибавка урожая получена за счёт увеличения количества бобов на одном растении и семян в одном бобе. Масса 1000 семян не зависела от обработки и по вариантам опыта не имела существенных различий.

Анализ качества семян сои по вариантам опыта показал, что при последействии удобрений $(N_{125}P_{125}K_{125})$ отмечена тенденция увеличения содержания сырого протеина при дополнительной обработке регулятором роста, а по содержанию сырого жира в семенах сои наблюдалось снижение показателя при обработке препаратом. На остальных вариантах отмечена противоположная тенденция: содержание сырого протеина снижается, а содержание сырого жира увеличивается при применении препарата Гибберсиб.

Заключение. Для улучшения условий роста и развития растений сои в

условиях Рязанской области достаточно эффективно применение препаратов на основе гиббереллиновой кислоты. Использование ГК в фазу бутонизации - начала цветения способствовало повышению сохранности растений к уборке и урожайности семян. Величина прибавки урожая на вариантах опыта зависела от состояния почвенного плодородия. Максимальная прибавка урожая сои получена на варианте со средним уровнем внесения питательных веществ и составила 0,13/га (7,3 %), минимальная на контроле – без внесения удобрений и составила 0,10 т/га (5,7 %). При обработке биологическим регулятором роста улучшилось качество продукции.

Библиографический список

1. Балакшина, В. И. Использование регуляторов роста при выращивании сельскохозяйственных культур / В. И. Балакшина, Г. П. Диканев, Н. И. Устименко [и др.] // Научно-агрономический журнал. – 2008. – № 2 (83). – С. 14-18.

2. Гуреева, Е. В. Вклад извести и минеральных удобрений в формирование урожайности сои (на примере Рязанской области) / Е. В. Гуреева, В. А. Гвоздев, М. В. Овсянникова [и др.] // Орошаемое земледелие. – 2021. – № 1. – С. 29-32.

3. Гуреева, Е. В. Сорт сои Георгия / Е. В. Гуреева, Т. А. Фомина // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 6. – С. 45-46.

4. Демьянова-Рой, Г. Б. Влияние рострегулирующих веществ на урожайность сортов сои и элементы её структуры в условиях Северо-Западного региона / Г. Д. Демьянова-Рой, Е. В. Борцова // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 2. – С. 36-38.

5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) // Б. А. Доспехов. – М: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

6. Жаркова, С. В. Формирование густоты стояния растений и урожайности семян сои в условиях Алтайского края / С. В. Жаркова, О. В. Манылова // Овощи России. – 2021. – № 6. – С. 92-97.

7. Зотиков, В. И. Роль зернобобовых и крупяных культур в адаптивности и диверсификации растениеводства / В. И. Зотиков // Зерновые и крупяные культуры. – 2014. – № 3 (11). – С. 3-11.

8. Ибрагимов, А. Д. Соя – уникальная белково-масличная культура / А. Д. Ибрагимов // Инновационный подход в стратегии развития АПК России. – 2018. – С. 40-44.

9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под общ. ред. М. А. Федина // М: Колос,1983. – Вып. 3. – 184 с.

10. Полянский, С. Я. Регистр ресурсо-энергосберегающих технологий производства продукции растениеводства для Рязанской области (система технологий) / С. Я. Полянский, А. М. Пестряков, Е. В. Гуреева [и др.] // Рязань, 2007. – 327 с.

11. Пушкина, Г. П. Адаптация лекарственных культур к абиотическим и биотическим стрессам / Г. П. Пушкина, Л. М. Бушковская, Н. И. Сидельников // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2012. – № 7. – С. 14-18.

12. Сидельников, Н. И. Экзогенная биорегуляция продуктивности лекарственных растений / Н. И. Сидельников. – М., 2016. – 212 с.

13. Шаповал, О. А. Как повысить устойчивость растений к засухе / О. А. Шаповал, В. В. Вакуленко, И. П. Можарова // Защита и карантин растений. – 2011. – № 3. – С. 61-62.

14. Lesk, C. Influence of extreme weather disasters on global crop production / C. Lesk, P. Rowhani, N. Ramankutty // Nature. – 2016. – Vol. 529. – Pp. 84–87.

15. Piskov, V. B. M-dinitroaromaticmoiety as a fragment of biologically active compounds // V. B. Piskov, V. P. Chernyshev, S. D. Karakotov // Pharmacutical Chemistry Journal. – 2016. – Vol. 49. – No. 11. – Pp. 724-734.

Bibliographic list

1. Balakshina, V. I. Use of growth regulators in the cultivation of agricultural crops / V. I. Balakshina, G. P. Dikanev, N. I. Ustimenko [et al.] // Scientific and agronomic journal. – 2008. – No. 2 (83). – Pp. 14-18.

2. Gureeva, E. V. The contribution of lime and mineral fertilizers to the formation of soybean productivity (on the example of the Ryazan region) / E. V. Gureeva, V. A. Gvozdev, M. V. Ovsyannikova [et al.] // Irrigated agriculture. – 2021. – No. 1. – Pp. 29-32.

3. Gureeva, E. V. Soybean variety George / E. V. Gureeva, T. A. Fomina // Bulletin of the Russian agricultural science. – 2017. – No. 6. – Pp. 45-46.

4. Demyanova-Roy, G. B. Influence of growth-regulating substances on the yield of soybean varieties and elements of its structure in the conditions of the North-West region / G. D. Demyanova-Roy, E. V. Bortsova // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2014. – No. 2. – Pp. 36-38.

5. Dospekhov, B. A. Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results) // B. A. Dospekhov. – M: Agroperomizdat, 1985. – 351 p.

6. Zharkova, S. V. Formation of plant density and soybean seed yield in the conditions of the Altai Territory / S. V. Zharkova, O. V. Manylova // Vegetables of Russia. – 2021. – No. 6. – Pp. 92-97.

7. Zotikov, V. I. The role of leguminous and cereal crops in the adaptability and diversification of crop production / V. I. Zotikov // Grain and cereal crops. – 2014. – No. 3 (11). – Pp. 3-11.

8. Ibragimov, A. D. Soya is a unique protein-oil crop / A. D. Ibragimov // Innovative approach in the development strategy of the agro-industrial complex of Russia. – 2018. – Pp. 40-44.

9. Methods of state variety testing of agricultural crops / ed. ed. M. A. Fedin // M: Kolos, 1983. – Issue 3. – 184 p.

10. Polyansky, S. Ya. Register of resource-energy-saving technologies for the production of crop products for the Ryazan region (technology system) / S. Ya. Polyansky, A. M. Pestryakov, E. V. Gureeva [et al.] // Ryazan, 2007. – 327 p.

11. Pushkina, G. P. Adaptation of medicinal crops to abiotic and biotic stresses / G. P. Pushkina, L. M. Bushkovskaya, N. I. Sidelnikov // Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry. – 2012. – No. 7. – Pp. 14-18.

12. Sidelnikov, N. I. Exogenous bioregulation of the productivity of medicinal plants / N. I. Sidelnikov // M., 2016. – 212 p.

13. Shapoval, O. A. How to increase plant resistance to drought / O. A. Shapoval, V. V. Vakulenko, I. P. Mozharova // Plant Protection and Quarantine. – 2011. – No. 3. – Pp. 61-62.

14. Lesk, C. Influence of extreme weather disasters on global crop production / C. Lesk, R. Rowhani, N. Ramankutty // Nature. – 2016. – Vol. 529. – Pp. 84-87.

15. Piskov, V. B. M-dinitroaromatic moiety as a fragment of biologically active compounds // V. B. Piskov, V. P. Chernyshev, S. D. Karakotov // Pharmacutical Chemistry Journal. – 2016. – Vol. 49. – No. 11. – Pp. 724-734.

УДК 633 DOI: 10.35809/2618-8279-2023-2-8

ПРИЁМЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СОИ ПРИ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ СУХОСТЕПНОГО ЗАВОЛЖЬЯ

METHODS FOR INCREASING THE YIELD OF SOYBEANS DURING IRRIGATION IN THE CONDITIONS OF THE DRY-STEPPE TRANS-VOLGA REGION

К. Е. Денисов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», k.denisov@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-9222-8103,
А. А. Андрейщев, аспирант кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», aandreyshchev@mail.ru, ORCID: 0009-0000-0646-6993

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Российская Федерация

K. E. Denisov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the department of Agriculture, land reclamation and agrochemistry, k.denisov@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-9222-8103,
A. A. Andreyshchev, Post-graduate Student of the department of Agriculture, land reclamation and agrochemistry, aandreyshchev@mail.ru, ORCID: 0009-0000-0646-6993

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russian Federation

Работа выполнена по гранту № 075-15-2023-133 «Приоритет 2030» Минобрнауки РФ

В данной статье рассматривается действие минеральных удобрений (аммофос, аммиачная селитра, КАС 32), вносимых под основную обработку почвы, предпосевную культивацию и в качестве некорневой подкормки, и микроудобрений (Ревитаплант бор, Ревитаплант молибден, Ревитаплант бобовые), применяемых в качестве листовой подкормки в технологии возделывания сои при орошении в условиях сухостепного Заволжья. Предложены сочетания минеральных и микроудобрений и способов их внесения, способствующие повышению сохранности растений к уборке и повышению урожайности зерна за счёт удовлетворения растений в микро- и макроэлементах. Отмечено, что сочетание предпосевного внесения аммиачной селитры на фоне внесения аммофоса под основную обработку было менее эффективным по сравнению с внесением КАС 32 на том же фоне. Из всех изучаемых микроудобрений наиболее эффективным оказалось Ревитаплант бобовые. При внесении азотных удобрений (аммиачная селитра) в почву различие с контрольным вариантом составляло 8,76 %, а при внесении азотных удобрений с поливной водой составляло 12,26 %. Совместное применение гранулированных минеральных удобрений под основную обработку почвы (аммофос), предпосевную культивацию (аммиачная селитра) и жидких азотных удобрений с поливной водой (КАС 32) на фоне некорневой подкормки посевов сои микроудобрением (Ревитаплант бобовые) позволяет повысить сохранность растений до 93,5 % и сформировать к уборке густоту стояния растений 60,3 шт./м^2, а также повысить урожайность зерна до 2,9 т/га, что превосходит вариант без применения минеральных удобрений и некорневой подкормки на 0,62 т/га, или на 27,15 %.

Ключевые слова: соя, орошение, минеральные удобрения, микроудобрения.

This article discusses the influence of mineral fertilizers (ammophos, ammonium nitrate, KAS 32) during the main tillage, pre-sowing cultivation, and foliar feeding, as well as the influence of microfertilizers (Revitaplant boron, Revitaplant molybdenum, Revitaplant legumes) during foliar feeding in the technology of soybean cultivation under irrigation in conditions of the dry steppe of the Volga region. Combinations of mineral and microfertilizers and methods of their application are proposed, which contribute to an increase in the safety of plants for harvesting and an increase in grain yield due to the satisfaction of plants in micro- and macroelements. It was noted that the combination of pre-sowing ammonium nitrate application against the background of ammophos application for the main treatment was less effective compared to the application of KAS 32 against the same background. Of all the studied microfertilizers, Revitaplant legumes turned out to be the most effective. When applying nitrogen fertilizers (ammonium nitrate) to the soil, the difference with the control variant was 8.76 %, and when nitrogen fertilizers were applied with irrigation water, it was 12.26 %. The combined use of granular mineral fertilizers for the main tillage (ammophos), pre-sowing cultivation (ammonium nitrate) and liquid nitrogen fertilizers with irrigation water (KAS 32) against the background of foliar fertilization of soybean crops with microfertilizer (Revitaplant legumes) makes it possible to increase the safety of plants up to 93.5 % and to form a plant density of 60.3 pcs/m^2 for harvesting, as well as to increase the grain yield to 2.9 t/ha, which is superior to the option without the use of mineral fertilizers and foliar feeding by 0.62 t/ha or by 27.15 % .

Key words: soybeans, irrigation, mineral fertilizers, microfertilizers.

Введение. Важнейшей задачей сельскохозяйственного производства является разработка приёмов повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Особенно актуальной эта задача становится в условиях орошения, где наибольшее значение имеет недостаток питания растений, а именно несбалансированное поступление в растение макро- и микроэлементов. Применение удобрений при орошении увеличивает их эффективность по сравнению с богарными условиями [1, 6].

Минеральные удобрения, применяемые для корневой подкормки растений, усваиваются растениями в пять раз лучше, чем при поглощении тех же питательных элементов корнями из почвы. Минеральные удобрения, вносимые в качестве некорневой подкормки растений, позволяют сократить потери при внесении, повысить эффективность использования элементов питания. Но некорневые подкормки нельзя считать основным источником питательных веществ растений, они являются, скорее, дополнительным питанием и эффективность их зависит от скорости поглощения питательных веществ листовой поверхностью растений [1-4, 7, 8, 10]. Однако применение в качестве листовой подкормки удобрений, содержащих такие микроэлементы, как молибден, бор, цинк, способно сформировать более высокий урожай сельскохозяйственных культур [3, 5, 9, 12].

Цель исследования – совершенствование элементов технологии возделывания сои при орошении для повышения адаптации растений к неблагоприятным почвенно-климатическим факторам сухостепного Заволжья.

Материалы и методы. Полевые опыты проводили ООО «Агроинвест», Марксовского района Саратовской области в 2019-2021 гг. на тёмно-каштановых почвах, содержание гумуса 2,5-3,7 %. Реакция почвенного раствора слабощелочная (pH=7,2). При проведении полевых опытов выполнялись все агротехнические приёмы, рекомендуемые зональной технологией возделывания сои [8]. Для выполнения поставленной цели исследования был заложен опыт, включающий в себя 17 вариантов. Схема опыта приведена ниже.

1. Контроль.
2. Аммофос.
3. Аммофос + Ревитаплант бор.
4. Аммофос + Ревитаплант молибден.
5. Аммофос + Ревитаплант бобовые.
6. Аммофос + аммиачная селитра.
7. Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант бор.
8. Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант молибден.
9. Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант бобовые.
10. Аммофос + КАС 32.
11. Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант бор.
12. Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант молибден.
13. Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант бобовые.
14. Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32.
15. Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 + Ревитаплант бор.
16. Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 Ревитаплант молибден.
17. Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 + Ревитаплант бобовые.

Объектом исследований выступал сорт Амфора, предшественником сои была соя первого года высева. Внесение минеральных удобрений аммофос ($N_{12}P_{52}$) и аммиачная селитра (N_{34}) проводили прицепным разбрасывателем. Аммофос вносили под основную обработку почвы осенью после уборки предшественника, аммиачную селитру под предпосевную культивацию, КАС 32 (N_{32}) в виде некорневой подкормки в фазу бутонизации с поливной водой. Ревитаплант бор (1 л/га), Ревитаплант молибден (0,3 л/га) и Ревитаплант бобовые (2 л/га) применяли в виде обработки вегетирующих посевов в фазу бутонизации штанговым опрыскивателем, расход рабочего раствора 150 л/га.

Оросительная норма составила в 2019 году – 2200 м^3/га, в 2020 году – 2000 м^3/га, 2350 м^3/га в 2021 году.

Результаты и обсуждение. В среднем за три года в динамике показателя полевой всхожести наблюдалась тенденция, аналогичная отдельным

Таблица 1 – **Полевая всхожесть и сохранность растений сои, 2019–2021 гг.**

Вариант опыта	Растений в фазу полных всходов, шт./м^2	Полевая всхожесть, %	Растений перед уборкой, шт./м^2	Сохранность, %
Контроль	61,8	77,3	53,8	87,0
Аммофос	63,2	79,0	56,0	88,6
Аммофос + Ревитаплант бор	63,9	79,8	57,3	89,8
Аммофос + Ревитаплант молибден	63,7	79,6	56,8	89,3
Аммофос + Ревитаплант бобовые	63,8	79,8	57,8	90,5
Аммофос + аммиачная селитра	64,4	80,5	58,0	90,1
Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант бор	64,0	80,0	58,2	90,9
Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант молибден	64,6	80,8	58,5	90,5
Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант бобовые	64,6	80,7	59,1	91,5
Аммофос + КАС 32	63,5	79,4	57,7	90,8
Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант бор	64,6	80,8	59,4	91,8
Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант молибден	64,8	81,0	59,1	91,2
Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант бобовые	64,8	81,0	59,7	92,2
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32	64,6	80,7	59,1	91,5
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 + Ревитаплант бор	64,2	80,3	59,5	92,5
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 Ревитаплант молибден	64,5	80,7	59,4	92,0
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 + Ревитаплант бобовые	64,5	80,6	60,3	93,5

годам исследования (таблица 1). На контрольном варианте значение анализируемого показателя составляло 77,3 %. При внесении аммофоса отмечалось его повышение до 81,0 %. Таким образом, эффект от внесения минерального удобрения в осенний период под основную обработку почвы составлял 3,7 %. Соответственно, количество растений в фазу полных всходов колебалось по вариантам опыта от 63,2 до 64,8 шт./м^2 против 61,8 шт./м^2 на варианте без внесения аммофоса.

Количество растений перед уборкой варьировало от 53,8 шт./м^2 на контроле до 60,3 шт./м^2 при фолиарной подкормке микроудобрением Ревитаплант бобовые на фоне полного минерального питания. Это значение было максимальным из всех изучаемых вариантов.

Минимальную прибавку числа растений перед уборкой отмечали на варианте с осенним внесением аммофоса: 56,0 шт./м^2, где разница с контролем составляла 2,20 шт./м^2, или 4,08 %. На фоне минерального питания без внесения микроудобрений количество растений перед уборкой составляло 56,0; 58,0; 57,7 и 59,1 шт./м^2 при внесении аммофоса, аммофоса и аммиачной селитры, аммофоса и КАС 32, аммофоса, аммиачной селитры и КАС 32 соответственно по вариантам опыта. Максимальный эффект из используемых микроудобрений отмечали на варианте с внесением Ревитаплант бобовые, при его использовании количество растений перед уборкой изменялось от 57,8 до 60,3 шт./м^2.

Сохранность растений на контроле в среднем за годы исследований составляла 87,0 %. Максимальное влияние на этот показатель, как и в три предыдущих года, оказывало совместное полное внесение минеральных удобрений и применение микроудобрения Ревитаплант бобовые в качестве листовой подкормки, повышая этот показатель до 93,5 %. Внесение аммофоса давало минимальную прибавку относительно контроля: всего 1,6 %. При минеральной подкормке без внесения микроудобрений сохранность растений варьировала от 88,6 % при внесении аммофоса до 91,5 % на фоне полного минерального питания. Микроудобрение Ревитаплант молибден было наименее эффективным из всех анализируемых удобрений.

По результатам проведённых опытов в среднем за 2019-2021 гг. исследований продуктивность сои при внесении минеральных и микроудобрений достоверно увеличивалась. На фоне минерального питания наибольший положительный эффект оказывала листовая подкормка вегетирующих посевов сои в фазу бутонизации микроудобрением Ревитаплант бобовые, как отдельно по годам исследований, так и в среднем за три года (2,90 т/га), где отмечали максимальную прибавку урожайности относительно контрольного варианта – 0,62 т/га, или 27,15 %. Наименьшая прибавка анализируемого показателя была на варианте с применением аммофоса, который вносили под основную обработку почвы осенью после уборки предшественника – 0,08 т/га, или 3,65 % относительно контроля (таблица 2).

Таблица 2 – **Урожайность сои, 2019-2022 гг.**

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Разница с контролем	
		т/га	%
Контроль	2,28	-	-
Аммофос	2,37	0,08	3,65
Аммофос + Ревитаплант бор	2,43	0,14	6,28
Аммофос + Ревитаплант молибден	2,40	0,12	5,26
Аммофос + Ревитаплант бобовые	2,49	0,21	8,91
Аммофос + аммиачная селитра	2,48	0,20	8,76
Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант бор	2,59	0,30	13,28
Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант молибден	2,54	0,26	11,24
Аммофос + аммиачная селитра + Ревитаплант бобовые	2,64	0,36	15,77
Аммофос + КАС 32	2,56	0,28	12,26
Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант бор	2,67	0,39	17,08
Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант молибден	2,63	0,35	15,18
Аммофос + КАС 32 + Ревитаплант бобовые	2,72	0,44	19,27
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32	2,70	0,42	18,25
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 + Ревитаплант бор	2,85	0,56	24,67
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 Ревитаплант молибден	2,79	0,51	22,34
Аммофос + аммиачная селитра + КАС 32 + Ревитаплант бобовые	2,90	0,62	27,15
$НСР_{05}$	0,022		
Fфакт	495,382		
Fтеор	1,23		

При внесении минеральных удобрений без обработки вегетирующих посевов в фазу бутонизации урожайность сои изменялась от 2,37 до 2,70 т/га. При этом максимальный эффект наблюдался при комплексном внесении трёх минеральных удобрений, где урожайность составляла 2,70 т/га, что было выше относительно контроля на 18,26 %. Минимальный эффект относительно контроля при внесении минеральных удобрений без обработки вегетирующих посевов отмечался на варианте с совместным внесением аммофоса и аммиачной селитры – 0,20 т/га (8,76 %). Следует отметить, что различные сроки и различные формы внесения минеральных удобрений обеспечивали достоверное различие по анализируемым вариантам опыта.

Добавление в схему опыта микроудобрений достоверно повышало урожайность на всех вариантах. Следует отметить, что на всех изучаемых вариантах максимальный эффект наблюдался при добавлении микроудобрения Ревитаплант бобовые. В этом случае урожайность зерна сои составляла 2,49 т/а, а разница по сравнению с внесением только аммофоса была 5,07 %. Ревитаплант молибден давал минимальную прибавку относительно контрольного варианта – 0,12 т/га. Разница этого варианта по сравнению с внесением только аммофоса составила 1,55 %.

При внесении аммофоса и аммиачной селитры с микроудобрениями наблюдалась аналогичная тенденция, когда наиболее эффективным оказывалось Ревитаплант бобовые, под действием которого урожайность повышалась до 2,64 т/га, что было выше контрольного варианта на 0,36 т/га, или на 15,77 %. Как и на вариантах с внесением аммофоса, наименьшую прибавку урожайности относительно контроля давала обработка вегетирующих посевов в фазу бутонизации

микроудобрением Ревитаплант молибден – 0,26 т/га, или 11,24 %.

При внесении минеральных удобрений аммофос и КАС 32 совместно с микроудобрениями отмечалась тенденция, аналогичная всем изучаемым вариантам: наибольшую прибавку урожайности давало внесение микроудобрения Ревитаплант бобовые в качестве листовой подкормки в фазу бутонизации. Урожайность на этом варианте опыта составляла 2,72 т/га, что превышало контроль на 0,44 т/га. Менее эффективным оказался вариант с минеральными удобрениями и микроудобрением Ревитаплант бор. Этот прием повышал урожайность сои на 0,39 т/га. Сравнение применения аммофоса и КАС 32 давало различие в 4,29 %. Минимальное влияние на урожайность имело микроудобрение Ревитаплант молибден совместно с минеральными удобрениями аммофос и КАС 32, различие с контролем – 15,18 %. Разница этого варианта с внесением аммофоса и КАС 32 – 2,60 %.

При комплексном внесении аммофоса, аммиачной селитры и КАС 32 и обработке вегетирующих посевов микроудобрениями в фазу бутонизации максимальный эффект давала обработка микроудобрением Ревитаплант бобовые; на этом варианте урожайность зерна сои составляла 2,90 т/га, что было выше контроля на 0,62 т/га. Минимальный эффект наблюдали при обработке микроудобрением Ревитаплант молибден, на этом варианте урожайность повышалась до 2,79 т/га.

Заключение. Совместное применение минеральных и микроудобрений повышало сохранность растений сои до 93,5 % при внесении трёх минеральных удобрений и листовой обработке микроудобрением Ревитаплант бобовые. Добавление в схему опыта микроудобрений в качестве листовой подкормки вегетирующих посевов в фазу бутонизации на фоне минерального питания достоверно повышало урожайность зерна сои. Следует отметить, что эффективность микроудобрений повышалась с увеличением минерального питания. Наибольшую урожайность в 2,9 т/га по всем изучаемым вариантам дало применение полного минерального питания (совместное применение аммофоса, аммиачной селитры, КАС 32) и фолиарной обработки посевов микроудобрением Ревитаплант бобовые.

Библиографический список

1. Акулов, А. С. Изучение эффективности применения стимулятора роста Альфастим и органоминерального микроудобрения Полидон био при возделывании сои / А. С. Акулов, А. Г. Васильчиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С. 72-77.

2. Бородычёв, В. В. Особенности применения минеральных удобрений при возделывании сои при орошении в условиях Нижнего Поволжья / В. В. Бородычёв, М. Н. Лытов // Плодородие. – 2015. – № 1 (82). – С. 33-35.

3. Воронцов, В. В. Влияние основной обработки почвы, минеральных удобрений и гербицидов на урожайность сои и экономическую эффективность её выращивания / В. А. Воронцов [и др.] // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2020. – Т. 16. – № 4. – С. 36-40.

4. Губенко, Л. В. Влияние минеральных удобрений и бактериальных препаратов на урожайность и качество семян сои / Л. В. Губенко, А. В. Голодная, Г. Г. Ремез // Научно-технический бюллетень Института масличных культур НААН. – 2019. – № 27 (27). – С. 89-96.

5. Кашеваров, Н. И. Влияние азотных удобрений на урожайность зерна сои на выщелоченных чернозёмах северной лесостепи Западной Сибири / Н. И. Кашеваров [и др.] // Сиб. вести, с.-х. науки. – 2015. – № 1. – С. 1-3.

6. Котлярова, Е. Г. Фотосинтетическая деятельность сортов сои в зависимости от уровня удобренности / Е. Г. Котлярова, В. Г. Грицина // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 2. – С. 25-32.

7. Лазарев, В. И. Эффективность микроэлементных удобрений при возделывании сои сорта Казачка в условиях Курской области / В. И. Лазарев, А. Я. Башкатов, Ж. Н. Минченко // Земледелие. – 2018. – № 6. – С. 34-36.

8. Минченко, Ж. Н. Влияние микроэлементных удобрений, содержащих бор, на урожайность и качество зерна сои в условиях чернозёмных почв Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 9. – С. 59-64.

9. Тишков, Н. М. Эффективность некорневой подкормки сои микроудобрениями на чернозёме выщелоченном Западного Предкавказья / Н. М. Тишков, А. А. Дряхлов // Научно-техн. бюл. ВНИИ масличных культур. – Краснодар, 2014. – Вып. 1. – С. 55.

10. Токбаев, М. М. Оптимизация обеспеченности сои микроэлементами / М. М. Токбаев, В. С. Бжеумыхов, У. А Делаев // Плодородие. – 2007. – № 1. – С. 14.

11. Шабалдас, О. Г. Эффективность выращивания сои с применением удобрений и биопрепарата на чернозёме обыкновенном в условиях орошения / О. Г. Шабалдас [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 8. – С. 48-53.

12. Soybean Production, Versatility and Improvement / Z. Shea, W. M. Singer, B. Zhang [et al.] // Legume Crops, 2020. – Pp. 1-22 (2020) DOI: 10.5772/intechopen.91778.

Bibliographic list

1. Akulov, A. S. Studying the effectiveness of the use of the growth stimulator Alfastim and organomineral microfertilizer Polydon bio in soybean cultivation / A. S. Akulov, A. G. Vasilchikov // Grain legumes and cereals. – 2019. – No. 2 (30). – Pp. 72-77.

2. Borodychev, V. V. Features of the use of mineral fertilizers in the cultivation of soybeans under irrigation in the conditions of the Lower Volga region / V. V. Borodychev, M. N. Lytov // Fertility. – 2015. – No. 1 (82). – Pp. 33-35.

3. Vorontsov, V. V. Influence of basic tillage, mineral fertilizers and herbicides on soybean productivity and economic efficiency of its cultivation / V.A. Vorontsov [et al.] // Ecological Bulletin of the North Caucasus. – 2020. – Vol. 16. – No. 4. – Pp. 36-40.

4. Gubenko, L. V. Influence of mineral fertilizers and bacterial preparations on the yield and quality of soybean seeds / L. V. Gubenko, A. V. Golodnaya, G. G. Remez // Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds of the National Academy of Sciences. – 2019. – No. 27 (27). – Pp. 89-96.

5. Kashevarov, N. I. Influence of nitrogen fertilizers on the yield of soybean grains on leached chernozems of the northern forest-steppe of Western Siberia / N. I. Kashevarov [et al.] // Sib. lead, agricultural sciences. – 2015. – No. 1. – Pp. 1-3.

6. Kotlyarova, E. G. Photosynthetic activity of soybean varieties depending on the level of fertilization / E. G. Kotlyarova, V. G. Gritsina // Agrarian scientific journal. – 2021. – No. 2. – Pp. 25-32.

7. Lazarev, V. I. Efficiency of microelement fertilizers in the cultivation of soybean variety Kazachka in the conditions of the Kursk region / V. I. Lazarev, A. Ya. Bashkatov, Zh. N. Minchenko // Agriculture. – 2018. – No. 6. – Pp. 34-36.

8. Minchenko, Zh. N. Influence of microelement fertilizers containing boron on the yield and quality of soybean grain in the conditions of chernozem soils of the Kursk region // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. – 2019. – No. 9. – Pp. 59-64.

9. Tishkov, N. M. Efficiency of foliar feeding of soybeans with microfertilizers on leached chernozem of the Western Ciscaucasia / N. M. Tishkov, A. A. Dryakhlov // Scientific and technical bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds. – Krasnodar, 2014. – Issue 1. – P. 55.

10. Tokbaev, M. M., Bzheumykhov, V. S. and Delaev, U.A. Optimization of micronutrient availability of soybeans, Fertility. – 2007. – No. 1. – P. 14.

11. Shabaldas, O. G. Efficiency of soybean cultivation with the use of fertilizers and a biological product on ordinary chernozem under irrigation / O. G. Shabaldas [et al.] // Agrarian scientific journal. – 2020. – No. 8. – Pp. 48-53.

12. Soybean Production, Versatility and Improvement / Z. Shea, W. M. Singer, B. Zhang [et al.] // Legume Crops, 2020. – Pp. 1-22 (2020) DOI: 10.5772/intechopen.91778.

УДК 633.15: 664.7 DOI: 10.35809/2618-8279-2023-2-9

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ ЗА ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД НА ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

DEPENDENCE OF THE FRACTIONAL COMPOSITION OF CORN GRAIN PROTEIN ON THE AMOUNT OF PRECIPITATION DURING THE GROWING SEASON

В. Н. Титов, доктор сельскохозяйственных наук, научный руководитель, prof-tvn@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2222-2571,
О. И. Болотова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, gelechrisum@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4331-8321,
И. А. Сазонова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, iasazonova@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9844-5339,
Ю. В. Бочкарёва, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе и международному сотрудничеству, uvboch@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0328-4654

Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, Саратов, Российская Федерация

V. N. Titov, Doctor of Agricultural Sciences, Scientific Adviser, prof-tvn@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2222-2571,
O. I. Bolotova, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, gelechrisum@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4331-8321,
I. A. Sazonova, Doctor of biological Sciences, Chief Researcher, iasazonova@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9844-5339,
Y. V. Bochkaryova, Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Director for Research and International Cooperation, uvboch@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0328-4654

Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russian Federation

Исследования с целью определения степени влияния количества осадков в период вегетации на качество зерна (количественное содержание и фракционный состав белка) кукурузы проводились в 2020-2022 гг. по государственному заданию Министерства сельского хозяйства РФ № 082-00264-20-00, № 082-00219-21-00, № 082-00084-22-00

В статье рассмотрен вопрос о повышении питательности зерна кукурузы за счёт увеличения содержания полноценных белков и выявления сортообразцов, обладающих такими качествами. Представленный материал анализирует зависимость влагообеспеченности вегетационного периода и накопление усваиваемых аминокислот. Определены закономерности повышения содержания альбумина и глобулина от количества выпавших осадков. При сравнении воздействия погодных условий на накопление белковых фракций выявлено, что при повышении количества осадков на 18 % среднее содержание альбуминов возрастает на 37,8 %, достигая 16,34 г/100 г белка, а глобулинов — на 10 % (9,47г/100 г белка); при этом содержание зеинов снижается на 12,7 % (18,3 г/100 г белка). Наиболее отзывчивыми по накоплению альбуминов при повышении влажности почвы стали сортообразцы Артемида (20,38 г /100 г белка) и Нова (20,47 г/100 г белка) – прирост составил более 50 % относительно менее влажных сезонов. По накоплению глобулинов наиболее отзывчивым на повышение влажности с точки зрения накопления этой полноценной фракции белков стал сорт Нова (13,68 г/100 г белка) – прирост составил более 40 % по сравнению с годами, количество осадков в которых оказалось ниже. При оценке содержания полноценного белка установлено, что у гибридной популяции Артемида сформировалось максимальное количество альбумина – 15,75 г/100 г и глобулина – 10,55 г/100 г белка, то есть более 25 г высокопитательных полноценных фракций на 100 г белка. Также высокий уровень полноценности белка выявлен у сортообразца Нова – 27,22 г/100 г белка, но при этом содержание водорастворимых фракций белка оказалось ниже, чем у Артемиды на 3 %.

The article discusses the nutritional value of corn grains by increasing the content of full-fledged proteins and identifying varieties with such qualities. The presented material analyzes the dependence of the moisture availability of the growing season and the accumulation of digestible amino acids. The regularities of increasing the content of albumin and globulin from the amount of precipitation have been determined. When comparing the effects of weather conditions on the accumulation of protein fractions, it was revealed that with an increase in precipitation by 18 %, the average content of albumins increases by 37.8 %, reaching 16.34 g/100g of protein, and globulins – by 10 % (9.47g/100 g of protein); at the same time, the content of zeins decreases by 12.7 % (18.3 g/100 g of protein). Artemida cultivars (20.38 g/100 g of protein) and Nova (20.47 g/100 g of protein) became the most responsive to the accumulation of albumins with an increase in soil moisture – the increase was more than 50 % relative to less humid seasons. According to the accumulation of globulins, the Nova variety (13.68 g/100 g of protein) became the most responsive to an increase in humidity in terms of the accumulation of this full-fledged fraction of proteins – an increase of more than 40 % compared to years in which precipitation was lower. When assessing the content of full-fledged protein, it was found that the hybrid population of Artemis formed the maximum amount of albumin – 15.75 g/100 g and globulin 10.55 g/100 g of protein, that is, more than 25 g of highly nutritious full-fledged fractions per 100 g of protein. Also, a high level of protein usefulness was detected in the Nova variety – 27.22 g/100 g of protein, but the content of water-soluble protein fractions was 3 % lower than that of Artemida.

Ключевые слова: белок, кукуруза, альбумины, глобулины, влажность, количество осадков

Key words: protein, corn, albumin, globulin, humidity, precipitation.

Исследования с целью определения степени влияния погодных условий (а точнее – количества осадков в период вегетации) на качество зерна (количественное содержание и фракционный состав белка) кукурузы проводились в 2020-2022 гг. по государственному заданию Министерства сельского хозяйства РФ.

Введение. Одним из основных вопросов человечества во все времена было обеспечение продовольственной безопасности населения. Изначально это решалось посредством увеличения посевных площадей, затем – улучшением селекционного материала, направленного на повышение урожайности сельскохозяйственных культур [1, 9].

Современное состояние растениеводства сегодня таково, что повышения продуктивности растений добиться достаточно сложно, и, по мнению части исследователей, дальнейшее селекционное совершенствование имеющегося генотипа растений уже неспособно качественно повышать урожайность. Именно поэтому все большее значение имеет путь улучшения качественного состава конечного продукта, например, по содержанию белка в зерне [1, 6]. Эти биополимеры являются источником строительных веществ для любого организма и создают основной показатель питательности продукта для конечного потребителя.

При этом необходимо отметить, что не всегда высокое содержание белка в зерне растения напрямую влияет на его питательную ценность. Содержащиеся в растениях белки делятся по своим полезным свойствам на полноценные, состоящие из полезных и усваиваемых аминокислот, и неполноценные [2, 6, 11]. Поэтому целью изучения данного вопроса следует рассматривать, как увеличить в белках содержание высокопитательных фракций.

Основными факторами, которые влияют на формирование продуктивности и на качество урожая, являются температура и влажность в течение периода вегетации растений. Разнообразные исследования утверждают, что качество зерна и состав его компонентов образуются в результате сложных процессов метаболизма, происходящих в растениях под действием внешней среды [3, 5, 10]. Следовательно, метеорологический фактор оказывает самое непосредственное воздействие на качество белка и его фракционный состав. [6, 7].

Кукуруза является высокопродуктивной сельскохозяйственной культурой многогранного использования. Это обусловлено содержанием в её зерне углеводов (до 70 %), белка (до 12 %), жира (до 8 %) и других веществ [1, 3, 8].

Белковые фракции в зерне различаются по аминокислотному составу и содержанию незаменимых аминокислот, от которых зависит биологическая ценность белков [8]. Наибольшей биологической ценностью обладают альбумины – водорастворимые белки. Также ценными являются глобулины (солерастворимые белки), аминокислотный состав которых сбалансирован, но при этом отмечается пониженное количество незаменимых аминокислот

Рисунок 1 – **Селекционный питомник кукурузы «Россорго»**

(например, метионина и лейцина) [8, 9]. Состав щелочерастворимых белков (глютелины) отличается низким содержанием лизина и метионина. Наименее ценными белками являются спирторастворимые белки проламины (в случае с кукурузой – зеины) [12].

Изучение различных сортов, гибридов и линий по содержанию белка в зерне кукурузы способствует выявлению и дальнейшему использованию наиболее перспективных образцов в условиях Среднего Поволжья. Данные о фракционном составе белка в зерне кукурузы свидетельствуют о повышении эффективности развития селекционного процесса, направленного на получение новых высококачественных образцов.

Необходимо отметить, что кукуруза, являясь одной из основных пищевых культур мира, тем не менее содержит сравнительно небольшое количество полезных (доступных) аминокислот. Это происходит из-за того, что в процессе формирования зерна происходит изменение основного его питательного элемента – белка за счёт повышения содержания нерастворимой проламиновой фракции. Это означает, что для селекции кукурузы необходимо выбирать сортообразцы с повышенным содержанием полноценного белка – особенно такой его фракции, как альбумины.

Материалы и методы. Полевые исследования проводились на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Почва – южный чернозём, по механическому составу – средний суглинок. Содержание гумуса – 3,7 %, среднее содержание нитратного азота – 3,9 мг на 100 г почвы, подвижного фосфора (по Мачигину) – от 3,5 мг, обменного калия (по Масловой) – от 20,5 мг. Кислотность почвенного раствора близка к нейтральной.

Опытные делянки размещались по чёрному пару. Весной перед посевом по мере созревания почвы участок бороновали в два следа, до посева проводили две культивации. Уборку урожая проводили вручную, початки растений крайних рядов из анализа исключали.

В качестве материала для исследований были выбраны 12 образцов кукурузы саратовской селекции: сорта РНИИСК 1, РСК Заря, Радуга, РСК Аврора, Цукерка, гибриды (гибридные популяции) РСК Граскорн, Артемида, Нова, линии РСК 7, РСК 3, РСК 354, 421/20.

Для проведения анализов использовали зрелое измельчённое зерно кукурузы. Белок на фракции разделяли методом экстракции по схеме Осборна, которая предусматривает последовательное извлечение белков дистиллированной водой, 0,5 М раствором хлористого калия, 70 %-ным раствором этанола и 0,2 %-ным раствором едкого натра. Исследования проводили в трёхкратной повторности, результаты подвергали однофакторному дисперсионному анализу и статистическому анализу с последующей обработкой данных с помощью программы Agros 2.09 [4].

В 2020 г. за весь вегетационный период среднедекадная сумма осадков составляла 13,95 мм. При этом во второй декаде июля и третьей декаде августа осадки отсутствовали. В 2021 г. среднедекадная сумма осадков за вегетационный период была 15,6 мм. В первой декаде августа осадков не наблюдали. В 2022 г. сумма осадков в среднем за декаду составляла 13,2 мм. Осадки в первой и третьей декадах сентября не наблюдались. При этом стоит отметить, что в третьей декаде июля в 2021 г. и в 2022 г. выпало избыточное количество осадков, что способно компенсировать засушливость первой декады августа. Таким образом, в 2022 г. погода была более засушливой и жаркой, чем в 2020 г., в то время как наиболее влажным оказался 2021 г.

Результаты и обсуждение. При изучении данных по среднему содержанию альбуминов в белке зерна кукурузы за 3 года исследований (таблица 2) следует выделить образцы РСК Граскорн (15,75 г/100г белка), Артемида (15,75 г/100 г белка), РНИИСК 1 (15,52 г/100 г белка) и Цукерка (15,29 г/100 г белка). При анализе среднего содержания солерастворимых белковых фракций выделяются гибридные популяции Артемида (10,55 г/100 г белка) и Нова (11,7 г/100г белка).

Таблица 1 – **Характеристика метеоусловий в период проведения опытов**

Месяц	Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
Декада	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Количество осадков, мм															
2020 г.	14,00	8,20	24,80	13,80	4,00	60,20	0,80	0,00	5,20	52,40	11,80	0,00	0,00	13,50	0,50
	48,00						6,00			64,20			14,00		
	Среднедекадное количество осадков за вегетационный период – 13,95														
	Количество осадков за вегетационный период – 210,0														
2021 г.	17,50	15,20	1,30	58,00	12,60	2,40	13,00	8,20	23,60	0,00	1,00	2,40	33,10	1,00	44,90
	34,00			73,00			44,80			3,40			79,00		
	Среднедекадное количество осадков за вегетационный период – 15,6														
	Количество осадков за вегетационный период – 234,2														
2022 г.	0,50	16,90	10,60	30,00	1,00	4,00	32,90	15,50	24,60	0,00	12,00	0,00	25,80	12,10	12,10
	28,00	35,00	73,00	12,00	50,00										
	Среднедекадное количество осадков за вегетационный период – 13,2														
	Количество осадков за вегетационный период – 198,0														
Среднедекадная температура, °С															
2020 г.	16,20	14,30	15,50	19,45	22,30	20,70	25,90	24,10	21,90	22,60	19,20	20,40	18,20	16,40	16,80
2021 г.	18,40	22,20	21,70	20,30	23,80	27,40	23,25	25,90	22,60	25,50	26,90	22,30	18,40	15,90	12,40
2022 г.	8,80	12,50	12,70	9,60	11,40	12,80	19,60	21,00	21,30	20,00	23,00	21,80	24,00	23,10	25,00

Таблица 2 – **Фракционный состав белка в зерне кукурузы, г/100 г белка**

Сортообразец		Артемида	РСК-3	Нова	РСК Заря	РНИИСК 1	РСК 354	РСК Аврора	Цукерка	421/20	РСК-7	Радуга	РСК Граскорн	ср. по годам	НСР 05
Белковая фракция	Год наблюдения														
Альбумины	2020	13,57	11,98	13,19	12,30	10,61	10,96	11,63	14,84	10,94	11,07	9,3	14,92	12,11	1,38
	2021	20,38	13,4	20,47	15,61	16,61	14,02	16,5	16,51	14,49	14,95	15,42	17,72	16,34	1,72
	2022	13,29	11,73	12,91	12,04	10,39	10,73	11,39	14,53	10,71	10,84	9,10	14,61	11,85	1,42
	Среднее	15,75	12,37	15,52	13,32	12,54	11,90	13,17	15,29	12,05	12,29	11,27	15,75	13,43	1,53
Глобулины	2020	10,14	8,77	9,72	10,06	8,66	7,91	8,16	6,38	8,14	9,6	7,91	9,95	8,78	1,01
	2021	10,95	10,01	13,68	8,86	8,70	8,92	9,49	6,2	9,64	8,98	9,09	9,11	9,46	1,01
	2022	9,93	8,59	9,52	9,85	8,48	7,74	7,99	6,25	7,97	9,40	7,74	9,74	8,60	2,39
	Среднее	10,55	9,39	11,70	9,46	8,61	8,42	8,83	6,29	8,89	9,29	8,50	9,53	9,12	1,05
Глютелины	2020	22,67	25,07	23,81	26,67	24,51	24,23	24,81	16,68	18,37	23,92	26,95	26,74	23,70	2,05
	2021	25,52	23,46	30,49	21,83	22,18	20,58	24,33	16,67	26,81	24,55	24,43	23,53	23,70	1,88
	2022	22,81	25,22	23,96	26,83	24,66	24,38	24,96	16,78	18,48	24,07	27,11	26,90	23,85	2,15
	Среднее	23,67	24,58	26,09	25,11	23,78	23,06	24,70	16,71	21,22	24,18	26,16	25,72	23,75	2,05
Проламины	2020	18,94	23,25	17,95	19,48	23,04	20,21	24,92	10,68	19,25	24,43	24,62	20,37	20,60	2,39
	2021	17,99	19,72	20,89	16,92	14,08	15,57	19,47	14,22	19,08	21,34	22,31	18,33	18,33	2,14
	2022	20,62	22,60	23,94	19,39	16,14	17,84	22,31	16,30	21,87	24,46	25,57	21,01	21,00	2,45
	Среднее	18,47	21,49	19,42	18,20	18,56	17,89	22,20	12,45	19,17	22,89	23,47	19,35	19,46	2,25

В результате проведённых исследований было установлено, что содержание альбумина и глобулина в зерне имеет прямую зависимость от количества влаги за вегетационный период. При этом заметно, что количество осадков в 2020 г. незначительно превышает аналогичный показатель в 2022 г. Количество выпавших осадков в 2021 г. значительно превышает показатели вышеуказанных годов (более чем на 90 мм). Анализ содержания полноценных белковых фракций указывает на то, что среднее содержание альбуминов в зерне кукурузы в 2021 г. (16,34 г/100 г белка) значительно превышает аналогичный показатель в 2020 г. (12,11 г/100 г белка) и в 2022 г. (11,85 г/100 г белка) (на 34,9 % и 37,8 % соответственно). При этом наиболее отзывчивым на повышение влажности является сорт Радуга, у которого содержание альбуминов повысилось в 2021 году на 65-69 % относительно других лет исследований. Также высокой отзывчивостью (более 50 % прироста) на количество осадков отмечены сортообразцы Артемида (20,38 г/100 г белка), Нова (20,47 г/100 г белка) и РНИИСК 1 (16,61 г/100 г белка).

Изучение содержания глобулинов в белке зерна кукурузы также показало повышение его содержания в 2021 году. Однако рост этого показателя относительно показателей 2020 и 2022 годов гораздо ниже, чем рост содержания альбуминов. Так, средняя величина этой солерастворимой фракции повысилась в 2021 г. до 9,46 г/100 г белка, что на 7,6 % больше, чем в 2020 г., и на 9,9 % выше, чем в 2022 г. При этом следует отметить, что по некоторым исследуемым образцам в 2021 г. наблюдалось отрицательное влияние большого количества осадков на содержание глобулина (РСК Заря – 8,86 г/100 г белка – на 10,9 и 9,9 % ниже, чем в 2020 и 2022 гг. соответственно; РСК Граскорн – 9,31 г/100 г белка – на 6,5 и 4,4% ниже, чем в 2020 и 2022 гг. соответственно). Наиболее отзывчивым на осадки 2021 г. (более 40 % прироста) оказался образец Нова (13,68 г/100 г белка).

При изучении влияния погодных условий выращивания на накопление глютелинов не выявлено прямой зависимости, как и значимых изменений у сортообразцов. Наибольшая прибавка по данному показателю отмечалась у линии 421/20 (более 40 % – 26,81 г/100 г белка), показавшей в 2021 г. максимальный результат среди изучаемых образцов. Наименее насыщен глютелином в 2021 г. относительно иных лет исследований белок у сорта РСК Заря – 21,83 г/100 г белка, что на 18% ниже по сравнению с 2020 и 2022 гг.

Содержание зеинов – наименее питательных белковых фракций – показало обратную зависимость от количества осадков по всем изучаемым сортообразцам. Среднее снижение по этому показателю в 2021 г. составило 12,3 и 14,5 % относительно 2020 и 2022 г. соответственно. Наилучшие показатели по снижению содержания этой фракции выявлены у сорта РНИИСК 1 (18,08 г/100 г белка – на 21,5 % ниже 2020 г. и на 24,1 % ниже 2022 г.) и РСК Аврора (19,47 г/100 г белка – на 21,8 % ниже 2020 г. и на 25,1 % ниже 2022 г.). Наименее отзывчивым по данному показателю оказался сортообразец 421/20 (19,25, 19,08, 19,5 г/100 г белка в 2020, 2021, 2022 гг. соответственно).

Рассматривая среднее значение содержания фракций белка в зерне кукурузы в 2020-2022 гг. и сопоставляя эти данные с показателями выпадения осадков в течение вегетации, можно отметить прямую зависимость этих показателей по альбумину и глобулину – наиболее значимых для питательности продукта. В 2021 году эти показатели составили 16,34 г/100 г и 9,47 г/100 г белка соответственно. В 2020 году содержание альбуминов было 12,11 г/100 г белка, а в наиболее засушливом 2022 году – 11,85 г/100 г белка. Содержание глобулина в 2020 г. составило 8,78 г/100 г белка, в 2022 г.

– 8,6 г/100 г белка. Считается, что чем больше водо- и солерастворимых фракций, тем большую пищевую ценность имеет белок. При этом содержание проламинов в более дождливом году значительно снизилось – до 18,07 г/100 г белка (в 2020 г. – 20,6 г/100 г белка, в 2022 г. – 21,1 г/100 г белка).

Заключение. Исходя из полученных данных, следует вывод о том, что увеличение количества осадков напрямую влияет на питательную ценность зерна кукурузы (содержание альбуминов и глобулинов в белке повышается), в то время как среднее содержание проламинов (наименее ценных белковых фракций) при этом имеет тенденцию к снижению.

Среди изученных сортообразцов можно рекомендовать как наиболее отзывчивые на повышение влажности образцы Нова (прирост по альбуминам – 55 %, по глобулинам – 40 %), Артемида (прирост по альбуминам 50 %) и РНИИСК 1 (прирост по альбуминам 56 %).

Наиболее питательным белком (по содержанию альбуминов и проламинов) обладают образцы кукурузы Артемида (содержание альбумина – 15,75 г/100 г белка, содержание глобулина – 10,55 г/100 г белка), Нова (содержание альбумина – 15,52 г/100 г белка, содержание глобулина – 11,7 г/100 г белка) и РСК Граскорн (содержание альбумина – 15,75 г/100 г белка, глобулина – 9,53 г/100 г белка).

Библиографический список

1. Григоров, С. М. Эффективность использования влаги кукурузой на зерно на светло-каштановых почвах Волгоградской области / С. М. Григоров, Г. В. Коновалова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2014. – № 2 (14). – С. 78-86.

2. Гулидова, В. А. Совершенствование технологии возделывания кукурузы на зерно в условиях северо-запада Центрального Черноземья / В. А. Гулидова, Е. Э. Дроздова // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2022. – № 4 (26). – С. 87-94.

3. Исследование фракционного состава белков кукурузного жмыха / Ю. А. Матвеева, Е. В. Чернова, И. А. Баженова [и др.] // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2019. – Т. 8. – № 2 (46). – С. 140-144.

4. Мартынов, С. П. Статистический и биометрико-генетический анализ в растениеводстве и селекции. Пакет программ «AGROS 2.09». – Тверь, 1999.

5. Митрофанов, Д. В. Влияние атмосферных осадков, продуктивной влаги и подвижных форм питательных веществ на продуктивность кукурузы в различных севооборотах и бессменном посеве на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / Д. В. Митрофанов // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т. 101, № 3. – С. 151-162.

6. Особенности биохимического состава зерна тетраплоидной кукурузы / Э. Б. Хатефов, В. И. Хорева, Ю. А. Керв, Т. В. Шеленга // Биотехнология и селекция растений. – 2019. – Т. 2. – № 1. – С. 32-41.

7. Bressani, R. Protein quality of high lysine maize for humans // Cer. Food Wor. – 1991. – Vol. 36. – Pp. 806-811.

8. Evaluation of maize germplasm based on zein polymorphism from the archipelago of Madeira / I. R. A. Freitas, F. Ganança, T. Santos [et al.] // Maydica. 2005. – Vol. 50. – Pp. 105-112.

9. Landry J., Delhaye S., Damerval C. Protein distribution pattern in floury and vitreous endosperm of maize grain // Cereal Chem. – 2004. – Vol. 81. – Pp. 153-158.

10. Ranum P., Pena-Rosas J. P., Garcia-Casal M. N. Global maize production, utilization, and consumption // Ann. N. Y. Acad. Sci. – 2014. – Vol. 105. – Pp. 1312-1337.

11. Shah T. R., Parsad K., Kumar P. Maize – a potential source of human nutrition and Maize-A potential source of human nutrition and health // Cogent Food Agric. – 2016. – Vol. 2. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311932.2016.1166995 (дата обращения: 01.02.2023).

12. Wu Y., Messing J. Proteome balancing of the maize seed for higher nutritional value // Front. Plant. Sci. – 2014. – Vol. 5. – Pp. 240-252.

Bibliographic list

1. Grigorov, S. M. Efficiency of moisture use by corn for grain on light chestnut soils of the Volgograd region / S. M. Grigorov, G. V. Konovalova // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. – 2014. – No. 2 (14). – Pp. 78-86.

2. Gulidova, V. A. Improvement of the technology of cultivation of corn for grain in the conditions of the northwest of the Central Chernozem region / V. A. Gulidova, E. E. Drozdova // Agroindustrial technologies of Central Russia. – 2022. – No. 4 (26). – Pp. 87-94.

3. Study of the fractional composition of corn meal proteins / Yu. A. Matveeva, E. V. Chernova, I. A. Bazhenova [et al.] // XXI century: results of the past and problems of the present plus. – 2019. – Vol. 8. – No. 2 (46). – Pp. 140-144.

4. Martynov, S. P. Statistical and biometric-genetic analysis in crop production and selection. Software package «AGROS 2.09». – Tver, 1999.

5. Mitrofanov, D. V. Influence of atmospheric precipitation, productive moisture and mobile forms of nutrients on the productivity of corn in various crop rotations and permanent sowing on chernozems of the southern Orenburg Cis-Urals / D. V. Mitrofanov // Animal husbandry and fodder production. – 2018. – Vol. 101. – No. 3. – Pp. 151-162.

6. Khatefov E. B., Khoreva V. I., Kerv Yu. A., Shelenga T. V. Features of the biochemical composition of tetraploid maize grain // Biotechnology and plant breeding. – 2019. – Vol. 2. – No. 1. – Pp. 32-41.

7. Bressani, R. Protein quality of high lysine maize for humans, Cer. food wor. – 1991. – Vol. 36. – Pp. 806-811.

8. Evaluation of maize germplasm based on zein polymorphism from the archipelago of Madeira / I. R. A. Freitas, F. Ganança, T. Santos [et al.] // Maydica. – 2005. – Vol. 50. – Pp. 105-112.

9. Landry J., Delhaye S., Damerval C. Protein distribution pattern in floury and vitreous endosperm of maize grain // Cereal Chem. – 2004. – Vol. 81.– Pp. 153-158.

10. Ranum P., Pena-Rosas J. P., Garcia-Casal M. N. Global maize production, utilization, and consumption // Ann. N. Y. Acad. sci. – 2014. – Vol. 105. – Pp. 1312-1337.

11. Shah T. R., Parsad K., Kumar P. Maize – a potential source of human nutrition and Maize-A potential source of human nutrition and health // Cogent Food Agric. – 2016. – Vol. 2. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311932.2016.1166995 (date of access: 02/01/2023).

12. Wu Y., Messing J. Proteome balancing of the maize seed for higher nutritional value // Front. Plant. sci. – 2014. – Vol. 5. – Pp. 240-252.

Большие площади –
большие оросительные системы BAUER!

- Передовые и инновационные достижения BAUER в управлении и мониторинге
- Надежность и стабильность в различных условиях эксплуатации
- Минимальные затраты труда и влияние человеческого фактора на работу системы
- Высокий уровень эффективности орошения
- Широкие возможности компоновки и оснастки
- Высокая мобильность благодаря наличию опции разворота и перестановки машины на другое поле

РИА

РЕГИОНИНВЕСТАГРО

основано 2003

Волгоград, ул. Тимирязева, 9, тел.: +7 (8442) 41-62-83, +7 (8442) 26-04-31
www.riagro.ru, e-mail: vasilyuk@riagro.ru

УДК 631.671.1:631.811 DOI: 10.35809/2618-8279-2023-2-3

ОПТИМИЗАЦИЯ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ И МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ПОСЕВОВ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

OPTIMIZATION OF WATER SUPPLY AND MINERAL NUTRITION FORAGE CROPS

[1]**Г. Н. Кониева,** кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Калмыцкого филиала, konieva.g@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7127-9844,
[2]**Е. А. Джиргалова,** кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Агрономия», dzirgea@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1888-9472,
[2]**В. А. Батыров,** кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой «Агрономия», vladimir-ba@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2183-4058,
[2]**С. А. Оросов,** старший преподаватель кафедры «Агрономия», sanan.orosov@mail.ru, ORCID: 0009-0001-6959-4543

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация
[2]ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова», г. Элиста, Республика Калмыкия, Российская Федерация

[1]**G. N. Konieva,** Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Kalmyk Branch, konieva.g@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7127-9844,
[2]**E. A. Dzhirgalova,** Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, dzirgea@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1888-9472,
[2]**B. A. Batyrov,** Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Agronomy, vladimir-ba@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2183-4058,
[2]**C. A. Orosov,** Senior Lecturer, Department of Agronomy, sanan.orosov@mail.ru, ORCID: 0009-0001-6959-4543

[1]All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation
[2]Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Republic of Kalmykia, Russian Federation

Работа выполнена в рамках госзадания «Разработать научно-методические подходы к совершенствованию использования водных ресурсов в сельскохозяйственных мелиорациях на основе геоинформационных технологий и математического моделирования при управлении режимом работы каскада водохранилищ, эксплуатации гидромелиоративных систем нового поколения, обеспечении эксплуатационной надёжности ГТС в условиях изменения климата» (FGUF-2022-0004)

Сорговые кормовые однолетние растения имеют высокую урожайность, быстрый рост и хорошую адаптацию к различным почвенно-климатическим условиям. В связи с этим, развитие таких кормовых культур является важным направлением развития сельского хозяйства в условиях резко континентального климата Республики Калмыкия. Недостаточное количество атмосферных осадков, проявление засух и суховеев обусловливают снижение урожайности полевых культур. В таких условиях главным гарантом стабильности получения растениеводческой продукции выступает рациональное орошение, применяемое в комплексе с питательным режимом почв, при которых обеспечивается существенное повышение продуктивности культур. Управление формированием урожая на орошаемых землях осуществляется поддержанием влажности в расчётном слое почвы не ниже заданного для возделывания культуры уровня. В статье представлены результаты наблюдений по урожайности растений суданской травы и сорго-суданкового гибрида в посевах районированных сортов, их водопотребление в различные по влаго- и теплообеспеченности годы исследований при разных водосберегающих режимах орошения и применения минеральных удобрений. Полевые эксперименты проведены в 2020-2022 гг. в центральной зоне Республики Калмыкия на территории г. Элиста на опытном поле Калмыцкого государственного университета в УНПЦ «Агрономус». Показатели суммарного водопотребления изучаемых культур в разные годы по вариантам опыта составили 6326-6967 м^3/га, где доля атмосферных осадков

Sorghum fodder annual plants are promising crops for fodder, technical and food purposes in the conditions of the sharply continental climate of the Republic of Kalmykia. Insufficient amount of precipitation, manifestation of droughts and dry winds cause a decrease in the yield of field crops. Under such conditions, the main guarantor of the stability of crop production is rational irrigation, used in combination with the nutrient regime of soils, which provides a significant increase in crop productivity. Management of crop formation on irrigated lands is carried out by maintaining moisture in the calculated soil layer not lower than the level specified for crop cultivation. The article analyzes the results of studies of total water consumption in years of different moisture and heat supply for plants of Sudan grass and sorghum-Sudanka hybrid under two options for the most water-saving irrigation regimes and the rational use of nitrogen-phosphorus fertilizers in crops of zoned varieties. Field experiments were carried out in 2020-2022 in the central zone of the Republic of Kalmykia on the territory of the city of Elista on the experimental field of the Kalmyk State University in the UNPC «Agronomus». The values of the total water consumption of sorghum crops over the years of research according to the variants of the experiment amounted to 6326-6967 m3/ha, depending on the meteorological conditions of the year and the methods of the main tillage. In the structure of total water consumption, the share of atmospheric precipitation varied from 32.9-35.1 % in wet years 2021 to 15.6-20.2 % in dry years (2020 and 2022), the share of soil moisture reserves was 9.5-14.7 %. Due

составляла от 32,9-35,1 % во влажный 2021 год до 15,6-20,2 % в сухие годы (2020 и 2022), доля почвенных запасов влаги составляла 9,5-14,7 %. По данным наших наблюдений установлено, что при водном режиме почвы 65-70 % НВ можно получать при внесении различных доз минеральных удобрений урожайность суданской травы 11,30-15,35 и сорго-суданкового гибрида – 19,61-22,63 т/га сена, а при водном режиме почвы 75-80 % НВ урожайность составила 13,05-16,43 и 21,30-24,55 т/га сена соответственно. Таким образом, использование сорговых культур, благодаря их универсальным качествам (неприхотливости, засухоустойчивости, высокой урожайности и т.д.), является важным элементом устойчивого развития сельского хозяйства в регионе.

to their high drought resistance and economic versatility sorghum crops make it possible to increase the stability of fodder production in the farms of Kalmykia. Based on the results of the research, it was found that under the water regime of the soil, 65-70 % of MBHC can be guaranteed to be obtained with the introduction of various doses of mineral fertilizers, the yield of Sudan grass 11.30-15.35 and sorghum-sudanese hybrid – 19.61-22.63 t/ha of hay, and with a soil water regime of 75-80 % MBHC, the yield was 13.05-16.43 and 21.30-24.55 t/ha of hay, respectively.

Ключевые слова: суданская трава, сорго-суданковый гибрид, наименьшая влагоёмкость почвы, сено, суммарное водопотребление.

Key words: Sudanese grass, sorghum-Sudanese hybrid, lowest soil moisture capacity, hay, total water consumption.

Введение. Орошение оказывает многогранное воздействие, изменяя условия для роста и развития растений путем регулирования поступления воды в активный слой почвы. Оно повышает влажность приземного слоя воздуха, создаёт нужные параметры для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов, улучшает тепловой и питательный режимы почвы, повышает интенсивность фотосинтеза растений и тем самым способствует накоплению органического вещества, наполнению тканей водой и обеспечивает упругость, необходимую для фотосинтетической деятельности. Вода – это среда, через которую протекают все биологические процессы в наземной и корневой системах растений. Динамика режима питательных веществ почвы находится в непосредственной зависимости от её водного режима. При оптимальном водном режиме продуктивность использования питательных веществ намного повышается [8-11, 13].

При подборе кормовых культур особое внимание следует уделять не только потенциальной урожайности, но и содержанию в корме протеина, каротина, аминокислот, углеводов, непосредственно влияющих на качество продукции животноводства. Наиболее ценными однолетними сорговыми кормовыми культурами являются суданская трава и сорго-суданковые гибриды, отличающиеся высокой урожайностью, способностью в благоприятных условиях до 2-3 раз за вегетационный период отрастать после укосов или стравливания, хорошими кормовыми достоинствами, засухоустойчивостью и универсальностью использования [1-3, 6, 7, 14].

Материалы и методы. Исследования проводились на экспериментальных полях Калмыцкого государственного университета в УНПЦ «Агрономус», размещённом в центральной зоне Республики Калмыкия на территории г. Элиста. Почва опытного участка типична для подтипа светло-каштановых почв. Гумусовый горизонт почвы мощностью 0,26-0,29 м комковатой структуры, по механическому составу тяжелосуглинистый. Содержание гумуса составляет 1,18-1,27 %, обеспеченность доступным азотом и подвижным фосфором низкое [4, 12].

Объектом исследований являлись агроценозы суданской травы сорта Камышинская 51 и сорго-суданкового гибрида (ССГ) сорта Густолистный. Опыт включал 2 варианта режима орошения (поддержание предполивной влажности почвы на уровнях 65-70 % НВ и 75-80 % НВ), 4 варианта по пищевому режиму, фактору В (без удобрений и внесение минеральных удобрений расчётными дозами для получения трёх уровней урожайности).

Изучаемые культуры сеяли по предшественнику яровая пшеница из расчёта 4 млн семян/га в первой декаде мая (когда почва на глубине заделки семян прогреется до 12-15 ^{0}С) рядовым посевом с междурядьем 15 см. Способ орошения – полив дождевальной машиной ДКШ-64. Экспериментальные данные обрабатывали с помощью корреляционного и дисперсионного анализов [5].

Результаты и обсуждение. Выращивание однолетних кормовых культур даёт, как правило, 2-3 полноценных укоса в год за счёт создания у них мощного фотосинтетического потенциала и продления его действия в течение всего периода вегетации. Теплообеспеченность в период вегетации зернового сорго в годы исследований характеризуется суммой активных температур воздуха 1268-1309 °С, по данным метеостанции Элиста. В течение вегетационных периодов изучаемых лет исследований сумма активных температур воздуха превышала среднегодовые значения и составляла 107-148 °С. Разница между 10-тидневной среднесуточной и среднегодовой температурой воздуха 4,1 °С в июне 2020 г. и 4,6 °С в августе 2022 г. Самым жарким из исследуемых лет был 2021 год, когда сумма активных температур за вегетационный период изучаемых культур (май-сентябрь) составила 1309 ^{0}С, что на 148 ^{0}С выше нормы, другие годы исследований тоже были засушливыми, в пределах среднемноголетних значений.

В противоположность теплообеспеченности общее количество осадков и характер их распределения в течение вегетационного периода в большей мере обуславливали различия по годам исследования.

Наибольшее количество осадков за вегетационный период посевов сорговых культур выпало в 2021 году – 227 мм, что на 39 мм (20,7 %) выше среднегодового значения, а в 2020 году – на 79 мм (9,4 %) ниже среднегодового значения. В 2020 и 2022 годах количество атмосферных осадков составило 109 и 121 мм, соответственно, что почти вдвое и на 36 % меньше среднегодового уровня. На сено сорго-суданковые гибриды и суданскую траву убирают с многократным скашиванием, в период выхода суданской травы в трубку – начало вымётывания, через 45-60 дней после прорастания. При этом высокий урожай массы соответствует повышенному содержанию протеина (до 7-12 г на 1 к. е.), каротина, низкому – клетчатки и отличается высокой переваримостью. Через 30-40 дней после первого укоса начинают убирать второй (I-II декада августа), а к третьему укосу приступают к I-II декаде сентября. Полевые исследования показали, что влажность почвы и внесение минеральных удобрений оказывают большое влияние на рост, развитие и урожайность растений кормовых сорговых культур. Урожайность сорговых в сумме за 3 укоса (в среднем за 2020-2022 гг.) варьировала в пределах 8,52-24,55 т/га сена (таблица 1).

Наиболее важной особенностью сорго травянистого является его способность после уборки отрастать. Растения этой

культуры быстро восстанавливаются после укоса, образуя при благоприятных условиях несколько укосов зелёной массы. В годы полевых исследований сорго-суданковые гибриды давали более высокие урожаи, чем суданская трава, благодаря лучшему отрастания отавы. При влажности почвы 65-70 % НВ на варианте без удобрений посевы ССГ в среднем обеспечили получение 16,29 т/га сена за три года, в то время как суданская трава – 8,52 т/га. В естественных условиях на варианте без удобрений и более высоком уровне водного режима (70-80% НВ) урожайность сена ССГ составила 16,80 т/га, суданской травы – 9,95 т/га, прибавка за счёт режима орошения на естественном фоне составила от 0,51 до 1,43 т/га (3,1 % и 16,8 % соответственно). На удобренных вариантах при увеличении влажности почвы с 65-70 % НВ до 75-80 % НВ перед поливом урожайность сена суданской травы равнялась 11,30-16,43 т/га и 19,61-24,55 т/га ССГ, максимальное значение прибавки получено на вариантах $N_{60}P_{30}$ и $N_{80}P_{50}$ – 1,69-3,10 т/га.

Увеличение урожайности сена под влиянием внесения минеральных удобрений составило за годы исследований при поливе 65-70 % НВ на варианте $N_{60}P_{30}$ – 2,78-3,32 т/га (20,4-32,6 %), на варианте $N_{80}P_{50}$ – 4,58-6,18 т/га (37,9-53,7 %), на варианте $N_{100}P_{70}$ – 6,83-6,34 т/га (38,9-80,2 %). При поливе на уровне 75-80 % НВ прибавка урожая сена составила: $N_{60}P_{30}$ – 3,10-4,50 т/га (26,8-31,2 %) и $N_{80}P_{50}$ – 6,25-7,66 т/га (45,6-62,8 %), $N_{100}P_{70}$ – 6,48-7,75 т/га (46,1-65,1 %). В зависимости от погодных условий лет исследований влажность в активном слое почвы (0-70 см) на уровне 65-70 и 75-80 % НВ поддерживали за период вегетации ССГ и суданской травы в 1-м укосе 4-5 вегетационными поливами, во 2-м укосе 3-4 поливами, в 3-м укосе 2-3 поливами. Оросительная норма за годы исследований (2020-2022 гг.) при 65-70 % НВ составила 4083 м³/га, при 75-80 % НВ – 4700 м³/га, исходя из использования почвенной влаги и воздействия выпавших осадков. Суммарное водопотребление в среднем за три года при поддержании предполивной влажности почвы 65-70 % НВ составляла 6326 м³/га, при 75-80 % НВ – 6967 м³/га (рисунок 1).

В 2020 сухом году на долю атмосферных осадков приходилось 15,6-16,7 % от общего водопотребления, на долю почвенной влаги, используемой растениями для формирования продукционного процесса и урожая, – 8,7-9,5 % от общего водопотребления. В 2021 году во всех вариантах опыта доля почвенной влаги в структуре общего водопотребления, доступной для растений суданской травы, увеличилась и составила 13,4-14,7 %, а в 2017 году доля почвенной влаги понизилась до 9,8-10,0 % от суммарного водопотребления. Эти результаты согласуются с температурным режимом и динамикой влажности почвы в исследуемые годы.

Математическая обработка результатов исследований выявила тесную корреляционную взаимосвязь урожайности сена однолетних кормовых культур с режимом влажности почвы и внесением минеральных удобрений. Эта зависимость отражается линейными уравнениями, и коэффициент корреляции (r) варьирует от 0,91 до 0,95 (таблица 3).

Таблица 2 – **Корреляционная зависимость продуктивности кормовых трав (У) с водным режимом почвы (х) и дозами минеральных удобрений (у)**

Параметры	Режим орошения, % НВ	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции (r)
Суданская трава	65-70	У = -9,067 + 0,0027х + 0,048у	0,95
	75-80	У = -11,743 + 0,0032х + 0,051у	0,91
ССГ	65-70	У = -11,217 + 0,0047х + 0,024у	0,96
	75-80	У = -6,915 + 0,0035х + 0,058у	0,93

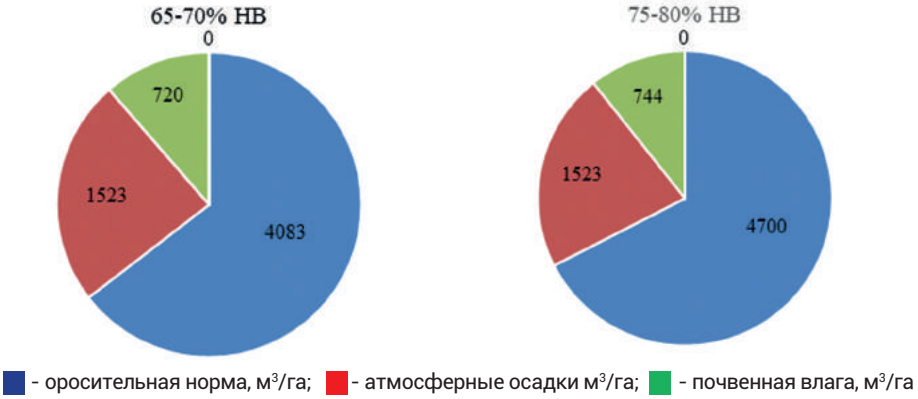


Рисунок 1 – **Структура суммарного водопотребления сорговых культур на сено**

Таблица 1 – **Урожайность сена суданской травы за вегетацию, среднее за 2020-2022 гг.**

Фактор А: предполивная влажность почвы, % НВ	Фактор В: уровень минерального питания, кг д.в./га	Урожайность сена, т/га		Отклонения по факторам, т/га			
		суданская трава	ССГ	А		В	
65-70	без удобрений	8,52	16,29	-	-	-	-
	$N_{60}P_{30}$	11,30	19,61	-	-	2,78	3,32
	$N_{80}P_{50}$	13,10	22,47	-	-	4,58	6,18
	$N_{100}P_{70}$	15,35	22,63	-	-	6,83	6,34
75-80	без удобрений	9,95	16,80	1,43	0,51	-	-
	$N_{60}P_{30}$	13,05	21,30	1,75	1,69	3,10	4,50
	$N_{80}P_{50}$	16,20	24,46	3,10	1,99	6,25	7,66
	$N_{100}P_{70}$	16,43	24,55	1,08	1,92	6,48	7,75
НСР05 фактора А $_{0,35}$		0,93					
НСР05 фактора В $_{0,49}$		1,31					
НСР05 взаимодействие факторов АВ $_{0,70}$		1,85					

Заключение. Полевые исследования, проведённые на светло-каштановых тяжелосуглинистых почвах в Республике Калмыкия в годы с различной тепло- и влагообеспеченностью, показывают, что сорговые культуры очень хорошо реагируют на оптимизацию водного и питательного режимов почвы. Результаты исследований показали, что приемлемую урожайность можно получить в условиях орошаемого земледелия и применения научно обоснованных минеральных удобрений. Управление водным и пищевым режимами на посевах сорговых культур позволяет получать урожай, близкий к запрограммированному. Так, при водном режиме почвы 75-80 % НВ при внесении различных доз минеральных удобрений можно получать 13,05-16,43 т/га сена суданской травы и 21,30-24,55 т/га сена сорго-суданкового гибрида.

Библиографический список

1. Бородычёв, В. В. Совершенствование технологических приёмов возделывания суданской травы на мелиорированных землях Калмыкии / В. В. Бородычёв, Э. Б. Дедова, Е. А. Кравченко, А. В. Даваев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 3. – С. 34-40.

2. Бельченко, С. А. Продуктивность сортимента кормового сорго в зависимости от фона минерального питания / С. А. Бельченко, А. В. Дронов, В. Ф. Шаповалов // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2018. – № 2. – С. 38-44. DOI 10.31367/2079-8725-2019-62-2-27-31.

3. Дедов, А. А. Опыт возделывания сорго зернового на светло-каштановых почвах Республики Калмыкия / А. А. Дедов, Э. Б. Дедова, Е. Г. Чернова [и др.] // Научная жизнь. – 2019. – Т. 14, вып. № 4. – С. 430-437.

4. Дедова, Э. Б. Продуктивность и питательная ценность сена суданской травы в аридных условиях Калмыкии / Э. Б. Дедова, Г. Н. Кониева, Е. А. Кравченко, Б. Б. Эрднеева // Вестник мясного скотоводства – Оренбург. – Т. 3. – № 77 – С. 114-117.

5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов // М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.

6. Кибальник, О. П. Продуктивность сорговых культур в зависимости от агротехнических приемов возделывания в регионах Российской Федерации (обзор) / О. П. Кибальник, И. Г. Ефремова, Ю. В. Бочкарёва [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – № 22 (2). – С. 155-166.

7. Кониева, Г. Н. Суданская трава как основа кормовой базы на юге России // Вестник мелиоративной науки. – 2021. – № 1 – С. 20-24.

8. Кониева, Г. Н. Суданская трава – ценная кормовая культура на орошаемых землях Калмыкии // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: мат. междунар. науч.-практ. конф. / сост. Н. А. Щербакова // с. Солёное Займище. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». – Солёное Займище, 2020. – С. 519-521.

9. Матвиенко, Е. В. Посевные площади, валовые сборы и урожайность сорго в России и Самарской области // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 12 (191). – С. 9-18. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-9-18.

10. Румянцев, А. В. Культура сорго в решении проблемы засухи и экономической стабильности сельского хозяйства в условиях Поволжского региона и Урала // Известия Оренбургского аграрного университета. – 2014. – № 2. – С. 46-49.

11. Сыркина, Л. Ф. Продуктивность и кормовая ценность сортов зернового сорго для северной зоны соргосеяния / Л. Ф. Сыркина, Л. А. Косых, А. К. Антимонов, О. Н. Антимонова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20. – № 2. – С. 280-285.

12. Филин, В.И. Удобрение и орошение однолетних кормовых культур в интенсивном кормопроизводстве Прикаспийского региона / В. И. Филин, М. М. Оконов // Элиста: АПП «Джангар», 2004. – 304 с.

13. Kapustin S. I., Volodin A. B., Vlasova O. I., Don't I. A., Golub A. S., Kapustin A. S. The use of sorghum-sudanense hybrids in the North Caucasus // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. – Т. 10. – № 2. – С. 646-653.

14. Emendack Y., Burke J., Sanchez J., Laza H. E., Hayes C. Agro-morphological of diverse sorghum lines for pre- and post-flowering drought tolerance // Australian Journal of Crop Science. – 2018. – № 12 (01). – С. 135-150.

Bibliographic list

1. Borodychev, V. V. Improvement of technological methods of cultivation of Sudanese grass on the reclaimed lands of Kalmykia / V. V. Borodychev, E. B. Dedova, E. A. Kravchenko, A. V. Davaev // Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. – 2013. – No. 3. – Pp. 34-40.

2. Belchenko, S. A. Productivity of forage sorghum assortment depending on the background of mineral nutrition / S. A. Belchenko, A. V. Dronov, V. F. Shapovalov // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. – 2018. – No. 2. – Pp. 38-44. DOI 10.31367/2079-8725-2019-62-2-27-31.

3. Dedov, A. A. Experience of grain sorghum cultivation on light chestnut soils of the Republic of Kalmykia / A. A. Dedov, E. B. Dedova, E. G. Chernova [et al.] // Scientific Life. – 2019. – Vol. 14. Issue No. 4. – Pp. 430-437.

4. Dedova, E. B. Productivity and nutritional value of Sudan grass hay in the arid conditions of Kalmykia / E. B. Dedova, G. N. Konieva, E. A. Kravchenko, B. B. Erdneeva // Bulletin of beef cattle breeding – Orenburg . – Vol. 3. – No. 77. – Pp. 114-117.

5. Dospekhov, B. A. Methods of field experience / B. A. Dospekhov // M.: Agropromizdat, 1985. – 352 p.

6. Kibalnik, O. P. Productivity of sorghum crops depending on agrotechnical methods of cultivation in the regions of the Russian Federation (review) / O. P. Kibalnik, I. G. Efremova, Yu. V. Bochkareva [et al.] // Agrarnaya science of the Euro-North-East. – 2021. – No. 22 (2). – Pp. 155-166.

7. Konieva, G. N. Sudanese grass as the basis of the forage base in the south of Russia // Bulletin of ameliorative science. – 2021. – No. 1 – Pp. 20-24.

8. Konieva, G. N. Sudan grass is a valuable fodder crop on the irrigated lands of Kalmykia // Results and prospects for the development of the agro-industrial complex: Mat. intl. scientific-practical. conf. / comp. N. A. Shcherbakova // Salty Zaimishche. – Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Salty Zaimishche, 2020. – Pp. 519-521.

9. Matvienko, E. V. Sown areas, gross yields and productivity of sorghum in Russia and the Samara region // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2019. – No. 12 (191). – Pp. 9-18. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-9-18.

10. Rumyantsev, A. V. Sorghum culture in solving the problem of drought and economic stability of agriculture in the conditions of the Volga region and the Urals // Bulletin of the Orenburg Agrarian University. – 2014. – No. 2. – Pp. 46-49.

11. Syrkina, L. F. Productivity and nutritional value of grain sorghum varieties for the northern zone of sorghum sowing / L. F. Syrkina, L. A. Kosykh, A. K. Antimonov, O. N. Antimonova // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian academy of sciences. – 2018. – Vol. 20. - No. 2. – Pp. 280-285.

12. Filin, V. I. Fertilization and irrigation of annual fodder crops in the intensive forage production of the Caspian region / V. I. Filin, M. M. Okonov // Elista: «Dzhangar», 2004. – 304 p.

13. Kapustin S. I., Volodin A. B., Vlasova O. I., Don't I. A., Golub A. S., Kapustin A. S. The use of sorghum-sudanense hybrids in the North Caucasus // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. – Vol. 10. – No. 2. – Pp. 646-653.

14. Emendack Y., Burke J., Sanchez J., Laza H. E., Hayes C. Agro-morphological of diverse sorghum lines for pre- and post-flowering drought tolerance // Australian Journal of Crop Science. – 2018. – No. 12 (01). – Pp. 135-150.

УДК 631.12 : 631.17 DOI: 10.35809/2618-8279-2023-1-14

ПРИМЕНЕНИЕ СВЁРТОЧНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

APPLICATION OF RECURRENT NEURAL NETWORKS IN AGRICULTURE

К. Ю. Козенко, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории экономических исследований, ky_kozenko@vniioz.ru, ORCID: 0000-0001-5407-1486

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», Волгоград, Российская Федерация

K. Yu. Kozenko, Candidate of Economy Sciences senior researcher at the laboratory of economical studies, ky_kozenko@vniioz.ru, ORCID: 0000-0001-5407-1486

All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russian Federation

Исследования выполнены в соответствии с государственным заданием на 2022-2024 гг. ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» по теме FNFR-2022-0003 «Дать оценку экологическому состоянию агроландшафтов при их длительном регулярном орошении в условиях усиления антропогенных и климатических стрессовых воздействий на основе данных эколого-мелиоративного мониторинга с использованием технологий цифрового анализа»

Искусственные нейросети представляют собой перспективное программное средство обработки больших данных, обладающее значительным потенциалом применения в сельском хозяйстве, в том числе и в орошаемом земледелии. Проблематика дистанционного зондирования ландшафтов в части мониторинга агрофитоценозов с оценкой в реальном времени комплекса факторов водного и трофического стресса растений является одним из ключевых факторов адаптации возможностей Индустрии 4.0 к задачам сельскохозяйственной отрасли. Теоретический аппарат высокоточного земледелия, в т. ч. и с применением дистанционного мониторинга, был заложен советскими учёными в 1950-х гг. в рамках методологии математической декомпозиции поля на квазиоднородные участки. Квазиоднородность данных участков означает однородность их геометрических параметров при многообразии отслеживаемых фенологических признаков растений на участке, что обладает достаточно сильной для принятий агрономических решений корреляцией данных признаков с множеством факторов развития растений, а также различными фитопатологиями. Устранённая современным уровнем развития вычислительной техники недостаточность аппаратных мощностей для поддержки агрономических решений с помощью искусственного интеллекта создаёт возможности практической реализации интеллектуальных киберфизических систем, интегрирующих данные различной физической природы. При этом особым потенциалом в автоматизации дешифровки аэрокосмических фотоснимков агроландшафтов и агрофитоценозов обладают свёрточные нейронные сети, архитектура которых оптимизирована для обработки графических данных. В работе проведён обзор зарубежных и отечественных публикаций по данной теме, рассмотрены предпосылки адаптации свёрточных нейросетей к проблематике развития интеллектуальных информационных систем в орошаемом земледелии, а также методологии верификации данных дистанционного зондирования Земли конвенциональными лабораторными методами.

Artificial neural networks are a promising software tool for processing big data, which has a significant potential for application in agriculture, including irrigated agriculture. The problem of remote sensing of landscapes in terms of monitoring agrophytocenoses with a real-time assessment of a complex of factors of water and trophic stress for plants is one of the key factors in adapting the capabilities of Industry 4.0. to the tasks of the agricultural sector. The theoretical apparatus of high-precision agriculture, including remote monitoring, was founded by Soviet scientists in the 1950s. within the framework of the methodology of mathematical decomposition of the field into quasi-homogeneous sections. The quasi-homogeneity of these plots means a homogeneity of their geometric parameters with a variety of tracked phenological traits of plants on the plot, which has a strong enough correlation of these traits with a variety of plant development factors, as well as various phytopathologies, for making agronomic decisions. Eliminated by current level of development of computer technology, the lack of hardware capacity to support agronomic decisions using artificial intelligence creates opportunities for the practical implementation of intelligent cyber-physical systems that integrate data of various physical nature. At the same time, convolutional neural networks, the architecture of which is optimized for processing graphic data, have a special potential in automating the decoding of aerospace photographs of agrolandscapes and agrophytocenoses. The paper reviews foreign and domestic publications on this topic, considers the prerequisites for adapting convolutional neural networks to the development of intelligent information systems in irrigated agriculture, as well as the methodology for verifying Earth remote sensing data using conventional laboratory methods.

Ключевые слова: точное земледелие, киберфизические системы, искусственные нейронные сети, большие данные в сельском хозяйстве.

Key words: precision agriculture, artificial neural networks, big data in agriculture.

Введение. Искусственные нейронные сети являются особым классом нелинейных математических моделей, реализующих алгоритмы машинного обучения. Обучение заключается в повышении точности экстракции из входных данных заданного вектора признаков, статистической оценки экстрагированных данных на основе предустановленных коэффициентов в ядре модели и построения экстраполяций на выходе.

Понятие нейросети было впервые введено в когнитивистике – мультидисциплинарном направлении на стыке нейрофизиологии и когнитивной психологии [11], исследующих деятельность головного мозга, аналогии с которой создали предпосылки для выработки теории искусственного интеллекта. Наследием этого является и само понятие искусственной нейросети (ИНС, Artificial Neural Network, ANN), введённое для различения естественной нейросети в составе головного мозга с её упрощённым подобием, реализуемым программными алгоритмами.

Это подобие заключается в наличии в ИНС множества субалгоритмов, именуемых узлами (nodes) или собственно нейронами, которые индивидуально принимают решение в разрезе поставленной задачи, что математически реализуется через нелинейную функцию, аргумент которой является линейной комбинацией входных сигналов. Функция, называемая функцией активации или передаточной функцией, подаёт либо не подаёт на выход субалгоритмабинарный сигнал, именуемый возбуждением или активацией нейрона, при этом система запоминает результаты решения аналогичных задач в предыдущих итерациях и посредством динамического изменения весовых коэффициентов формирует между нейронами связи, обобщённо подобные синапсам естественной нейросети. Принцип их взаимодействия, математически сформулированный Уорреном Мак-Каллохом и Уолтером Питтсом (1943), основывается на усилении связей между активировавшимися в одной итерации нейронами [15].

На языке оригинала этот процесс был обобщён ёмкой и афористичной формулировкой «fire together – wire together». Современная модель искусственного нейрона, использующая суммирование входящих сигналов с присвоением весовых коэффициентов и функцию активации, была разработана Фрэнком Розенблаттом, создателем перцептронного алгоритма, реализованного в нейрокомпьютере «Mark I Perceptron» – первом рабочем образце ИНС (1960), ограниченно способном к графическому распознаванию текстовых символов, в том числе рукописных. Однако разработки Ф. Розенблатта, существенно опередив своё время, не получили широкого внедрения прежде всего в силу нехватки доступных вычислительных мощностей. Мейнстримом исследований машинного обучения стали другие направления, преимущественно основанные на различных вариантах символьных вычислений и построения деревьев решений.

Качественный скачок в мощностях ЭВМ в 80-90х гг., а затем в развитии аппаратных графических ускорителей (дискретных видеокарт общего назначения и аналогичных, но более производительных специализированных устройств) в 2010-х гг. повлёк за собой возрождение интереса к ИНС, которые в настоящее время применяются в широком круге задач, связанных с обработкой данных, в особенности т. н. «больших данных» (Big Data), что включает в себя дешифровку графических данных, в том числе потоковых, с осуществлением распознавания и классификации образов, кластерного анализа, реализации прогностических моделей на основе экстраполяции временных рядов, автоматизированное управление технологическими процессами и поддержку принятия решений, коллаборативную фильтрацию данных в поисковых системах с их дифференцированием под индивидуальные предпочтения пользователей [4].

Материалы и методы. Многообразие задач влечёт за собой многообразие архитектуры и гиперпараметров ИНС. Гиперпараметры представляют собой предустановленные данные, управляющие алгоритмом машинного обучения: количественные параметры нейронов, слоёв и заданные функции активации, параметры же формируются в ходе обучения внутри алгоритма и связаны, прежде всего, с оптимизацией весовых коэффициентов и устранением ошибок в обучении. Архитектура ИНС формирует качественные свойства слоёв, формируемых нейронами, а также принципы распространения сигналов внутри слоёв и между ними. Существует свыше 20 классов архитектуры ИНС [17], однако обобщённо они сводятся к трём группам: нейросети с прямым распространением сигнала (Feed-Forward Neural Networks, FNN), где реализуются многообразные варианты взаимодействия перцептронных алгоритмов, свёрточные нейросети (Convolutional Neural Networks, CNN), где входные данные перед поступлением в перцептронный алгоритм подвергаются предобработке через специальные слои, осуществляющие математическую операцию свёртки, и рекуррентные нейросети (Recurrent Neural Networks), основанные на цикличном взаимодействии слоёв и принципе обратного распространения ошибки (back propagation). Распространены и сочетания основных классов в рамках одной архитектуры, например, сверточные ИНС с рекуррентными слоями.

Результаты и обсуждение. Для задач, связанных с дешифровкой графических данных дистанционного зондирования Земли в разрезе анализа агрофитоценозов, наиболее релевантна свёрточная архитектура, реализующая алгоритмы глубокого обучения (deep learning, DL), иначе именуемом «обучением представлению», т.е. операциям классификации и кластеризации на основе распознавания образов, которые формируются из обучающих выборок, сочетающих размеченные образцы данных, демонстрирующие алгоритму образец правильного решения задачи, и неразмеченные образцы для самостоятельного принятия решений [9]. Архитектура свёрточных сетей была впервые предложена Яном Лекуном в 1989 году [14] для автоматизации распознавания рукописных почтовых кодов на конвертах. Однако свёрточные ИНС, также опередив развитие аппаратного компонента, не получили широкого развития до появления высокопроизводительных дискретных графических ускорителей, особо знаковым моментом стала разработка свёрточной нейросетевой архитектуры AlexNet, в 2012 году одержавшей победу на специализированном чемпионате ImageNet, со средней ошибкой распознавания в 15,3 % опередившей соперников более чем на 10 пунктов [1].

В работе A. Kamilaris и F. X. Prenafeta-Boldú [10] проанализированы 23 публикации из базы данных Web of Science, посвящённые применению нейросетевых алгоритмов с глубоким обучением в сельском хозяйстве, было выделено двенадцать направлений применения свёрточных ИНС. Наиболее популярными направлениями распознавания и классификации образов являются распознавание фитопатологий по снимкам высокого разрешения [6, 16, 21], дешифровка фотоснимков с классификацией поверхности земли [7], дешифровка аэрокосмических снимков с классификацией поверхности земли и культур в агроландшафтах [12], подсчет фруктов по фотоснимкам плодовых деревьев [19], прогнозирование урожайности кукурузы на основе экстраполяции данных ДЗЗ, в т.ч. вегетационных индексов [13], моделирование пространственно-временного распределения влаги в почве [22]. 19 рассмотренных работ

из 23 так или иначе посвящены оценке состояния посевов, 3 – почвенному покрову, одна – распознаванию и классификации пород скота [20].

Источниками данных для обучающих выборок в данных работах в некоторых случаях являлись внешние базы данных, содержащие тысячи изображений, например Plant Village, или же собственные графические материалы авторов [23]. В работах, связанных с распознаванием почвенного покрова и классификацией агрофитоценозов, обучающие выборки были весьма небольшими (до 100 фотоснимков) [12]. В работе [8] исследовалось распределение корней в почве с обучающей выборкой, полученной с помощью рентгеновской компьютерной томографии. Также в некоторых проектах, помимо графических обучающих выборок, использовались дополнительные данные текстового характера [23].

В техническом аспекте описываемой выборки готовые решения по используемой архитектуре нейросети (AlexNet, VGG, InceptionResNet и др.) и собственные разработки авторов использовались примерно поровну (12 и 11 работ соответственно). В работах с малыми объёмами датасетов применялась аугментация графических данных для количественного увеличения обучающих выборок. Также в условиях количественного недостатка данных показало свою полезность использование готовых архитектурных решений с возможностью трансферного обучения, т. е. заимствования для последующей доработки весовых коэффициентов других нейросетевых моделей, обученных на частично релевантные задачи [18].

В отношении отечественных исследований проблематики применения нейросетей для исследования агрофитоценозов также следует отметить, что одной из важнейших проблем разработки свёрточных нейросетевых моделей является нехватка качественных изображений для обучающей выборки. В работе [3] рассмотрена проблематика аугментации входных данных в форме аэрофотоснимков, первоначальный набор которых составлял 250 изображений, однако с помощью наклона и горизонтального отображения снимков, а также добавления ошибочно распознанных изображений окончательный размер подаваемой на входы ИНС обучающей выборки составил 6500 снимков, что позволило обеспечить достаточную эффективность глубокого обучения.

В работе А. Ф. Рогачёва и Е. В. Мелиховой [5] был представлен практический результат разработки мультиклассовой системы распознавания аэрофотоснимков агроценоза в RGB-диапазоне на основе свёрточного нейросетевого алгоритма. На языке программирования Python был реализован рабочий прототип искусственного интеллекта, классифицирующий аэрофотоснимки агроценозов по четырём классам распознавания: засеянное поле, поле со всходами, прокультивированное поле, а также посторонние объекты.

Фактором дальнейшего развития искусственных нейросетей для сельскохозяйственных исследований является наличие мониторингового полигона ФГБНУ ВНИИОЗ, светло-каштановые почвы динамических площадок которого обладают множеством проявлений почвенной неоднородности, в том числе проявлениями почвенной деградации естественного и искусственного характера. Например, в работе Е. В. Зинченко и соавторов [2] на материалах данных площадок за пятидесятилетний период была изучена динамика почвенного плодородия и деградации почв, выявившая долгосрочное ослабление вторичного засоления ввиду уменьшения фактически вносимых поливных норм в сравнении с советским периодом. В то же время проявляет себя процесс ирригационного окарбоначивания почв, снижающий их водопроницаемость за счёт накопления карбонатов кальция, что негативно сказывается на доступе воды к корням растений.

Заключение. Дистанционное зондирование Земли с помощью БПЛА позволяет получить снимки в мультиспектральном и RGB-диапазонах в разрешении 4K (~1см на пиксель) с попиксельной привязкой к GPS-координатам, вследствие чего построенная трёхмерная модель (ортофотоплан) участка позволяет с высокой точностью выявлять границы зон угнетённой вегетации, которым присуща устойчивая корреляция с агрофизическими и агрохимическими факторами деградации почвы. Верификация данных показателей через конвенциональные лабораторные исследования содержания NPK, почвенной влажности и состава почвенного раствора позволит использовать эти данные для формирования вектора признаков в глубоком обучении искусственной нейросети мультиклассовому распознаванию данных участков.

Библиографический список

1. Багаев, И. И. Анализ понятий нейронная сеть и свёрточная нейронная сеть, обучение свёрточной нейросети при помощи модуля Tensorflow / И. И. Багаев // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2020. – Т. 8. – № 1. – С. 15-22.

2. Зинченко, Е. В. Современное состояние орошаемых почв юга Приволжской возвышенности / Е. В. Зинченко, И. Н. Горохова, Н. Г. Круглякова, Н. Б. Хитров // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. – 2020. – Вып. 104. – С. 68-109.

3. Белоусов, И. С. Нейросетевой анализ изображений в сельском хозяйстве с использованием SaaS-системы / И. С. Белоусов, А. Ф. Рогачёв // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 8. – С. 152-161.

4. Костин, Н. С. Место модульных нейронных сетей в классификации искусственных нейронных сетей / Н. С. Костин // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. – 2013. – № 19. – С. 91-95.

5. Рогачёв, А. Ф. Исследование развития и продуктивности сельскохозяйственных культур с применением беспилотных летательных аппаратов / А. Ф. Рогачёв, Е. В. Мелихова // Известия НВ АУК. – 2020. –№ 3 (59). – С. 142-152.

Bibliographic list

1. 1. Bagaev, I. I. Analysis of the concepts of a neural network and a convolutional neural network, training a convolutional neural network using the Tensorflow module / I. I. Bagaev // Mathematical and software support of systems in industrial and social spheres. – 2020. – Vol. 8. – No. 1. – Pp. 15-22.

2. Zinchenko, E. V. Current state of irrigated soils in the south of the Volga Upland / E. V. Zinchenko, I. N. Gorohova, N. G. Kruglyakova, N. B. Khitrov // Bulletin of the Soil Institute named after V. V. Dokuchaev . – 2020. – Issue. 104. – Pp. 68-109.

3. Belousov, I. S. Neural network analysis of images in agriculture using SaaS-systems / I. S. Belousov, A. F. Rogachev // Engineering Bulletin of the Don. – 2022. – No. 8. – Pp. 152-161.

4. Kostin, N. S. The place of modular neural networks in the classification of artificial neural networks / N. S. Kostin // Intellectual potential of the XXI century: stages of knowledge. – 2013. – No. 19. – Pp. 91-95.

5. Rogachev, A. F. Study of the development and productivity of agricultural crops using unmanned aerial vehicles / A. F. Rogachev, E. V. Melikhova // Proceedings of the Nizhnevolzhsky AgroUniversity Complex. – 2020. – No. 3 (59). – Pp. 142-152.

6. Amara, J. A deep learning-based approach for banana leaf diseases classification / J. Amara, B. Bouaziz, A. Algerawy.

6. Amara, J. A. Deep learning-based approach for banana leaf diseases classification / J. Amara, B. Bouaziz, A. Algerawy. In Mitschang B (ed.), Daten bank systeme für Business, Technologie und Web (BTW 2017). – Workshopband. Lecture Notes in Informatics (LNI). Stuttgart, Germany: Gesellschaft für Informatik. – Pp. 79-88.

7. Chen, Y. Deep learning-based classification of hyperspectral data / Y. Chen, Z. Lin, X. Zhao, G. Wang, Y. Gu // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. – 2014. – No.7. – Pp. 2094-2107.

8. Douarre, C. Deep learning based root-soil segmentation from X-ray tomography / C. Douarre, R. Schlielien, C. Frindel, S. Gert, D. Rousseau // BioRxiv. – 2016. – Article no. 071662. – DOI: https://doi.org/10.1101/071662.

9. He, K. Deep Residual Learning for Image Recognition / K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – Pp. 770-778.

10. Kamilaris, A. A review of the use of convolutional neural networks in agriculture / A. Kamilaris, F. X. Prenafeta-Boldú // The Journal of Agricultural Science. – 2018. – No. 1 – Vol. 11. – Pp. 72-98.

11. Kuan, C. M. Artificial Neural Networks: an Econometric Perspective / C. M. Kuan, H. White // Econometric Reviews. – 1994. – Vol. 13. – No. 1. – P. 91.

12. Kussul, N. Deep learning classification of land cover and crop types using remote sensing data / N. Kussul, M. Lavreniuk, S. Skakun, A. Shelestov // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. – 2017. – No. 14. – Pp. 778-782.

13. Kuwata, K. Estimating crop yields with deep learning and remotely sensed data / K. Kuwata, R. Shabasaki // IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). –2015. – Milan, Italy: IEEE. – Pp. 858-861.

14. LeCun, Y. Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition / Y. LeCun, B. Boser, J. S. Denker, D. Henderson [et al.] // Neural Computation. – 1989. – No. 1 (4). – Pp. 541-551.

15. McCulloch, W. S. A logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity / W. S. McCulloch, W. Pitts // Bulletin of Mathematical Biophysics. –1943. – URL: https://www.aemea.org/math/McCulloch_Pitts_1943.pdf.

16. Mohanty, S. P. Using deep learning for image-based plant disease detection / S. P. Mohanty, D. P. Hughes, M. Salathé // Frontiers in Plant Science. – 2016. – No. 7. – Article number 1419. – DOI: 10.3389/fpls.2016.01419.

17. Neural Network Zoo. Asimov Institute. – URL: https://www.asimovinstitute.org/neural-network-zoo (дата обращения 17.12.2022).

18. Pan, S. J. A survey on transfer learning / S.J. Pan, Q. Yang // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2010. – No. 22. – Pp. 1345-1359.

19. Rahnemoonfar, M. Deep count: fruit counting based on deep simulated learning / M. Rahnemoonfar, C. Sheppard // Sensors. – 2017. – No. 17. – Article number 905.

20. Santoni, M. M. Cattle race classification using gray level co-occurrence matrix convolutional neural networks / M. M. Santoni, D. I. Sensuse, A. M. Arymurthy, M. I. Fanany // Procedia Computer Science. – 2015. – No. 59. – Pp. 493-502.

21. Sladojevic, S. Deep neural networks based recognition of plant diseases by leaf image classification / S. Sladojevic, M. Arsenovic, A. Anderla, D. Culibrk, D. Stefanovic // Computational Intelligence and Neuroscience. – 2016. – No. 32. – Article number 89801.

22. Song, X. Modeling spatiotemporal distribution of soil moisture by deep learning-based cellular automata model / X. Song, G. Zhang, F. Liu, D. Li [et al.] // Journal of Arid Land. – 2019. – No. 8. – Pp. 734-748.

23. Xinshao, W. Weed seeds classification based on PCANet deep learning baseline / W. Xinshao, C. Cheng // In IEEE Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA). – Hong Kong, China: Asia-Pacific Signal and Information Processing Association. – Pp. 408-415.

In Mitschang B (ed.), Daten bank systeme für Business, Technologie und Web (BTW 2017) – Workshopband. Lecture Notes in Informatics (LNI). Stuttgart, Germany: Gesellschaft für Informatik. – Pp. 79-88.

7. Chen, Y. Deep learning-based classification of hyperspectral data / Y. Chen, Z. Lin, X. Zhao, G. Wang, Y. Gu // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. – 2014. – No. 7. – Pp. 2094-2107.

8. Douarre, C. Deep learning based root-soil segmentation from X-ray tomography / C. Douarre, R. Schlielien, C. Frindel, S. Gert, D. Rousseau // BioRxiv. – 2016. – Article number 071662. – DOI: https://doi.org/10.1101/071662.

9. He, K. Deep Residual Learning for Image Recognition / K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – Pp. 770-778.

10. Kamilaris, A. A review of the use of convolutional neural networks in agriculture / A. Kamilaris, F. X. Prenafeta-Boldú // The Journal of Agricultural Science. – 2018. – No. 1–11. – Pp. 72-98.

11. Kuan, C. M. Artificial Neural Networks: an Econometric Perspective / C. M. Kuan, H. White // Econometric Reviews. – 1994. – Vol. 13. – No. 1. – P. 91.

12. Kussul, N. Deep learning classification of land cover and crop types using remote sensing data / N. Kussul, M. Lavreniuk, S. Skakun, A. Shelestov // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. – 2017. – No. 14. – Pp. 778-782.

13. Kuwata, K. Estimating crop yields with deep learning and remotely sensed data / K. Kuwata, R. Shabasaki // IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). – 2015. – Milan, Italy: IEEE. – Pp. 858-861.

14. LeCun, Y. Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition / Y. LeCun, B. Boser, J. S. Denker, D. Henderson [et al.] // Neural Computation. – 1989. – No. 1 (4). – Pp. 541-551.

15. McCulloch, W. S. A logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity / W. S. McCulloch, W. Pitts // Bulletin of Mathematical Biophysics. – 1943. – URL: https://www.aemea.org/math/McCulloch_Pitts_1943.pdf.

16. Mohanty, S. P. Using deep learning for image-based plant disease detection / S. P. Mohanty, D. P. Hughes, M. Salathé // Frontiers in Plant Science. – 2016. – No. 7. – Article number 1419. – DOI: 10.3389/fpls.2016.01419.

17. Neural Network Zoo. Asimov Institute. – URL: https://www.asimovinstitute.org/neural-network-zoo (access date 17.12.2022).

18. Pan, S. J. A survey on transfer learning / S. J. Pan, Q. Yang // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2010. – No. 22. – Pp. 1345-1359.

19. Rahnemoonfar, M. Deep count: fruit counting based on deep simulated learning / M. Rahnemoonfar, C. Sheppard // Sensors. – 2017. – No. 17. – Article number 905.

20. Santoni, M. M. Cattle race classification using gray level co-occurrence matrix convolutional neural networks. / M. M. Santoni, D. I. Sensuse, A. M. Arymurthy, M. I. Fanany // Procedia Computer Science. – 2015. – No. 59. – Pp. 493-502.

21. Sladojevic, S. Deep neural networks based recognition of plant diseases by leaf image classification / S. Sladojevic, M. Arsenovic, A. Anderla, D. Culibrk, D. Stefanovic // Computational Intelligence and Neuroscience. – 2016. – No. 32. – Article number 89801.

22. Song, X. Modeling spatiotemporal distribution of soil moisture by deep learning-based cellular automata model / X. Song, G. Zhang, F. Liu, D. Li [et al.] // Journal of Arid Land. – 2019. – No. 8. – Pp. 734-748.

23. Xinshao, W. Weed seeds classification based on PCANet deep learning baseline / W. Xinshao, C. Cheng // In IEEE Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA). – Hong Kong, China: Asia-Pacific Signal and Information Processing Association. – Pp. 408-415.

УДК: 631.861 DOI: 10.35809/2618-8279-2023-1-9

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СМЕШЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ С ВОДОЙ И ТРАНСПОРТИРОВКИ СМЕСИ НА ОРОШЕНИЕ ПРИ УДОБРИТЕЛЬНЫХ ПОЛИВАХ

THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MIXING LIVESTOCK EFFLUENTS OF VARIOUS HUMIDITY WITH WATER AND TRANSPORTING THE MIXTURE FOR IRRIGATION DURING FERTILIZING IRRIGATION

С. А. Тарасьянц, доктор технических наук, профессор, starasyancz@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0076-6850,
М. С. Васинёв, аспирант, mvasinev@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0376-4925,
В. Н. Ширяев, кандидат технических наук, доцент, vadik334@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3290-0383,
К. А. Дегтярёва, кандидат технических наук, доцент, karina.degtyareva.2014@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1314-3516

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», Ростовская область, г. Новочеркасск, Российская Федерация

S. A. Tarasyants, Doctor of Technical Sciences, Professor, starasyancz@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0076-6850,
M. S. Vasinev, graduate student, mvasinev@mail.ru, mvasinev@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0376-4925,
V. N. Shirayev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, vadik334@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3290-0383,
K. A. Degtyareva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, karina.degtyareva.2014@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1314-3516

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunov Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», Rostov region, Novocherkassk, Russian Federation

В работе рассмотрен технологический процесс смешения животноводческих стоков и воды с помощью водоёма смесителя, разработанный институтом «Севкавгипроводхоз» для свиноводческого комплекса ООО «Калалинское» Красногвардейского района, Ставропольского края, имеющего ряд недостатков: отсутствие возможности изменения концентрации смеси животноводческих стоков и воды; цикличность проводимых удобрительных поливов; затруднённый контроль необходимого расхода стоков в смеси. Для исключения допущенных недостатков предложена технологическая схема внесения смеси животноводческих стоков и воды с помощью кольцевого струйного смесителя, позволяющая исключить допущенные недостатки, вносить органические удобрения необходимой концентрации для удобрительных поливов возделываемых сельскохозяйственных культур, удобным способом изменять и контролировать состав смеси. В качестве рабочего потока для смесителя предложена линия рециркуляции, соединяющая напорный трубопровод центробежного насоса, подающего смесь на поля, и рабочий патрубок смесителя. При заборе чистой воды центробежным насосом во всасывающий трубопровод врезан напорный трубопровод смесителя с задвижкой, изменяющей расход смесителя. Для проведения исследований по данной технологической схеме изготовлена и испытана в животноводческих хозяйствах Воронежской области плавучая установка с заборами навоза низкой влажности шнековым насосом и транспортировкой в смеситель с одновременной подачей стоков высокой влажности параллельным центробежным насосом с дальнейшей транспортировкой смеси в насосную станцию, установленную на понтоне. Для разработанной технологической схемы в качестве плавучей установки с забором навоза низкой влажности предложен вариант передвижной насосной установки с предвключенным шнеком, выпускаемой Белебеевским машиностроительным заводом.

The paper considers the technological process of mixing livestock effluents and water with the help of a mixer reservoir developed by the Sevkavgiprovodkhoz Institute for the Kalalinskoye pig breeding complex of Krasnogvardeisky district, Stavropol region, which has a number of disadvantages: the absence of the possibility of changing the concentration of a mixture of livestock effluents and water; cyclicity of fertilizing irrigation; difficult control of the required flow of effluents in the mixture. To eliminate the admitted shortcomings, a technological scheme for introducing a mixture of livestock effluents and water using an annular jet mixer is proposed, which allows to eliminate the admitted shortcomings, to introduce organic fertilizers of the required concentration for fertilizing irrigation of cultivated crops, in a convenient way to change and control the composition in the mixture. As a working flow for the mixer, a recirculation line is proposed connecting the pressure line of the centrifugal pump feeding the mixture to the fields and the working nozzle of the mixer. When pure water is taken by a centrifugal pump, a mixer pressure line with a valve that changes the mixer flow rate is embedded in the suction pipeline. To conduct research on this technological scheme, a floating installation with low-humidity manure intake by a screw pump and transportation to a mixer with simultaneous supply of high-humidity effluents by a parallel centrifugal pump with further transportation of the mixture to a pumping station mounted on a pontoon was manufactured and tested in livestock farms of the Voronezh region. For the developed technological scheme, as a floating installation with low humidity manure intake, a variant of a mobile pumping unit with a pre-connected auger produced by the Belebeyevsky Machine-Building Plant is proposed.

Ключевые слова: технологическая схема, насосная установка, животноводческие стоки, всасывающий трубопровод, смеситель.

Key words: technological scheme, pumping unit, livestock drains, suction pipeline, mixer.

Введение. В настоящее время в целом по РФ наблюдается воспроизводство скота и птицы на животноводческих предприятиях. Наиболее прогрессивно птицеводство и животноводство развиваются в Белгородской, Курской, Волгоградской и Ростовской областях, Ставропольском и Краснодарском краях, при этом большое количество ценного удобрения из животноводческих стоков и птичьего помёта вместо возможной пользы приносит вред сельскому хозяйству и окружающей среде. Наиболее распространённым способом удаления навоза является механический с погрузкой в мобильный транспорт и гидравлический [9, 8, 12]. Затраты труда на гидравлический способ более чем на 50 % ниже механического.

Кроме того, при гидравлическом способе производится предварительная подготовка смешения воды и стоков для удобрительных поливов с помощью оросительных систем, представляющих собой как локальные сети, так и дождевальное орошение [2, 3, 5, 11]. Системы эксплуатируются в случае наличия процесса разделения навоза на фракции следующим образом: густая часть мобильным транспортом вывозится на поля, жидкая подаётся по трубопроводам, смешивается с водой в необходимых пропорциях и транспортируется на участки орошения.

При приготовлении смеси в водоём-смеситель подаются поочерёдно вода и животноводческие стоки [1, 4], что требует значительных затрат и времени. В случае необходимости в процессе работы системы, при изменении концентрации смеси, процесс приготовления усложняется.

Материалы и методы. При решении проблемы смешения животноводческих стоков и воды на оросительных системах, как правило, имеются ввиду процесс смешения жидкой фракции навоза с водой (рисунок 1) и варианты забора и транспортировки неразделённых на фракции животноводческих стоков [6, 10]. В предложенных технологических схемах рассматривались системы, входящие в проблемы существующих схем смешения и регулирования подачи стоков, независимо от отметок поверхности воды и навозохранилища и контроля расхода стоков с использованием манометров, а также возможность транспортировки густой фракции навоза по трубопроводам.

Для примера рассмотрен технологический процесс смешения стоков и воды на насосной станции ООО «Калалинское» Ставропольского края. Проект выполнен институтом «Севкавгипроводхоз», и на момент внедрения систем, с возможностью смешения стоков и воды в водоёме-смесителе 1, являлся типовым с большим количеством недостатков:

- Отсутствие возможности изменения концентрации смеси животноводческих стоков и воды;
- Цикличность проводимых удобрительных поливов;
- Затруднённый контроль необходимого расхода стоков в смеси.

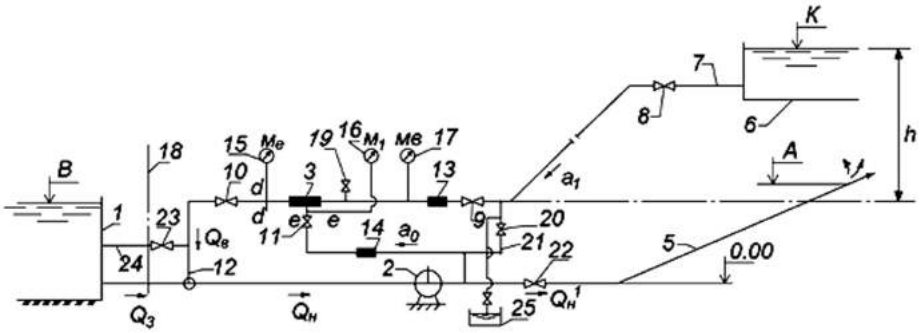
В процессе проводимых исследований по настоящей работе построенная система реконструирована, и в качестве смесителя использовался трёхкомпонентный кольцевой смеситель удобрений (рисунок 2) [7].

Перед пуском насосных агрегатов на трубопровод 7 подачи животноводческих стоков открываются задвижки 8 и 9, спускной кран (спуска воздуха) 19, в том случае, когда отметка «К» превышает отметку «В», и через кран 19 спускаются воздух, а затем стоки. Кран 19 закрывается, и мановакуумметр 17 регистрирует наличие давления в трубопроводе 7, величина которого соответствует разница отметок «К» и «В».

Пускается агрегат 2, при открытой задвижке 10 и через смеситель 3 (рисунок 1) производится свободное движение стоков. Манометр 15 и мановакуумметр 17 фиксируют начало движения стоков, расход при этом зависит от отметок в накопителях 6 и 1 и соответственно потерь в трубопроводе 7. В таком случае смесь необходимой концентрации не соблюдается, а расход животноводческих стоков контролируют расходомер 13 и мановакуумметр 17. В случае, когда в системе необходима фиксированная подача животноводческих стоков, задвижка 11 открывается, и стоки из накопителя 6 подаются во всасывающий трубопровод насоса 2.

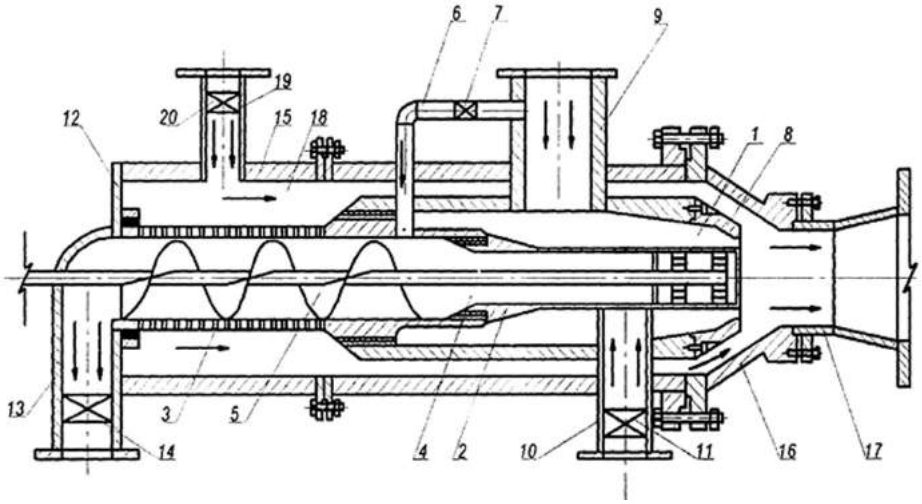
Расчётная подача стоков в насосный агрегат 2 регулируется задвижкой 10, изменяющей напор смесителя в пределах от максимального значения, зависящего от геометрии системы и установленного напора в трубопроводе 4, до нулевой величины.

В случае необходимости очистки трубопровода 7 для подачи стоков к смесителю закрывают задвижку



1 – накопитель чистой воды; 2 – насосный агрегат; 3 – смеситель; 4 – трубопровод подачи рабочего расхода к смесителю; 5 – трубопровод подачи смеси навоза с водой на орошаемый участок; 6 – накопитель жидкого навоза; 7 – трубопровод подачи жидкого навоза к смесителю; 8, 9, 10, 11, 20, 22, 23 – задвижки; 12 – трубопровод подачи жидкого навоза во всасывающий патрубок центробежного насоса; 13, 14 – расходомеры; 15, 16 – манометры; 17 – мановакуумметр; 18 – граница здания насосной станции; 19 – спускной кран; 21 – трубопровод промывки; 24 – трубопровод подачи стоков в водоём-смеситель; 25 – дренажный приямок.

Рисунок 1 – **Схема смешения животноводческих стоков и воды ООО «Калалинское» Ставропольского края**



1 – кольцевая щель; 2 – внутренний насадок; 3 – перфорированный трубопровод; 4 – цилиндрический канал; 5 – шнек; 6 – трубопровод напорной воды; 7 – задвижка; 8 – наружное сопло; 9 – трубопровод; 10 – трубопровод животноводческих стоков; 11 – задвижка; 12 – кольцевая заглушка; 13 – трубопровод отвода густой фракции навоза; 14 – задвижка; 15 – полый стакан; 16 – конфузор; 17 – смеситель, 18 – кольцевая вакуумная зона; 19 – трубопровод подачи минеральных удобрений; 20 – задвижка

Рисунок 2 – **Струйный смеситель животноводческих стоков и воды**

10, и поток с расходом Q0 и необходимым давлением по трубопроводу 7 возвращается в накопитель стоков 6.

При укладке трубопровода 7 на большие расстояния (более 1 км) устраивается обводной трубопровод 21 с задвижкой 20. При этом задвижки 10 и 11 закрываются, открывается задвижка 20, и трубопровод 7 промывается с напором центробежного насоса 2. При необходимости увеличения концентрации смеси или орошении чистыми стоками задвижка 22 закрывается, и по трубопроводу 7 стоки перекачиваются в накопитель 1 насосом 2. Вышеописанный технологический процесс позволяет регулировать и контролировать расход стоков задвижкой 10 и манометром 15.

Очевидно, что регулировку подачи и контроль расхода имеется возможность проводить задвижкой 11 и манометром 15. Данный процесс неэкономичен и увеличивает расход потока Q3 при увеличении подсасываемого потока Q1, в некоторых случаях это единственно возможный вариант подачи стоков. Процесс пуска насоса аналогичен предыдущему с возможностью регулировки подачи задвижкой 10. При пуске насоса 2 задвижку 10 открывают, что соответствует наименьшим потерям в трубопроводе 12, задвижку 11 открывают на величину необходимого расхода Q1. Проведённый расчёт в табличной форме или при наличии зависимости M1 = f (Q1) даёт возможность машинисту определить степень открытия задвижки 11 для нужной подачи Q1.

Возможность данной системы по значению расхода стоков Q1 ограничена и увеличивается при росте разности отметок «К» и «В». Максимальный напор Н в системе, как правило, равен геометрическому напору, создаваемому смесителем. Как правило, регулировка расхода Q1 начинается от нулевого значения. При этом увеличивается подсасываемый расход Q1, приравнивается к расходу насосного агрегата 2.

В случае, когда в системе величина h = 0, полный геометрический напор не превышает 9 м. В данных условиях при правильно проведённом соответствующем расчёте смесителя система отвечает необходимым технологическим требованиям.

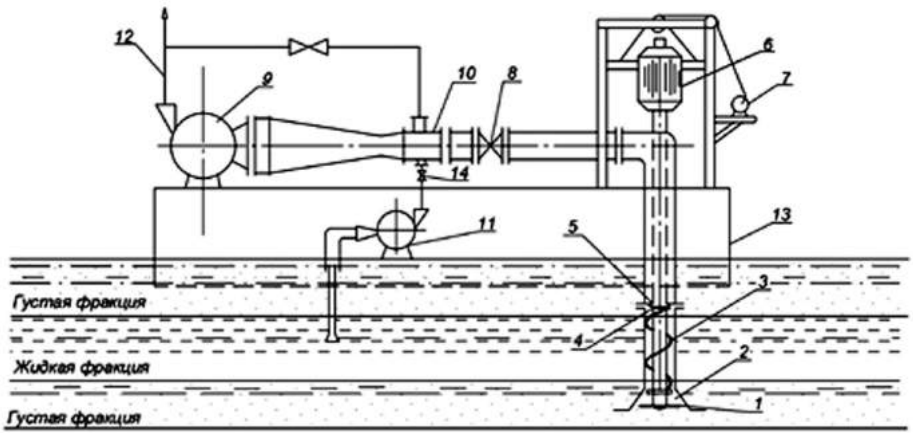
При решении проблемы транспортировки не разделённых на фракции животноводческих стоков в работе предлагается схема плавучей установки, состоящей из погружного насосного оборудования и позволяющей при помощи шнека транспортировать навоз низкой влажности (менее 60 %) (рисунок 3).

В работе предлагается два варианта монтажа оборудования:

- весь комплекс на корпусе понтона;
- на корпусе понтона заборный механизм, с подачей в передвижную или стационарную насосные станции.

Принцип эксплуатации идентичен, и в данном разделе рассматривается вариант с использованием понтона.

Перед пуском насосного агрегата 9 включается электродвигатель 6 привода рабочего колеса 2, шнека 3 и размельчителя 4 (рисунок 3). Стоки подаются в смеситель 10. Включается насос 11 рабочего потока жидкой фракции в смеситель 10, регулируемый по высоте. Всасывающая труба и жидкая фракция стоков подаются одновременно с густой фракцией в смеситель. Перемешанная смесь с влажностью, необходимой для дальнейшей транспортировки, подаётся в насос 9 и по трубопроводу 12 на участок орошения.

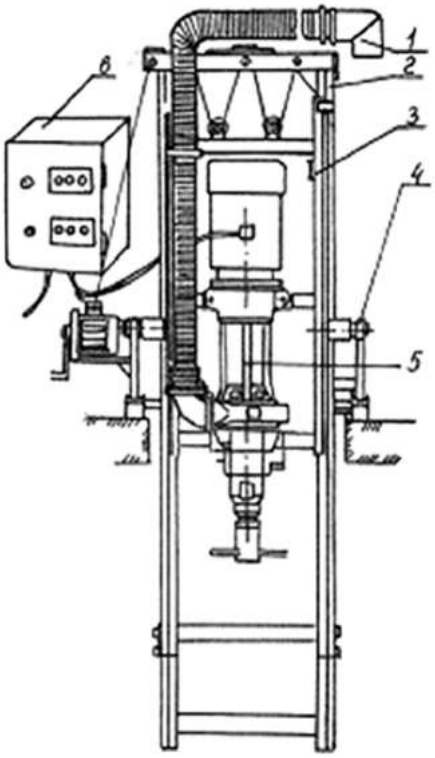


1 – мешалка; 2 – рабочее колесо центробежного насоса; 3 – шнек; 4 – измельчитель; 5 – сетка; 6 – электродвигатель; 7 – лебёдка; 8, 14 – задвижки; 9 – центробежный насос; 10 – смеситель; 11 – насос рабочего потока в смеситель; 12 – напорный трубопровод; 13 – корпус понтона.

Рисунок 3 – **Технологическая схема забора и транспортировки животноводческих стоков низкой влажности**

Производственные испытания описанного комплекса, смонтированного на плавающем понтоне, проводились на полях объединения «Воронежскотопром» при устойчивых эксплуатационных параметрах центробежного насоса НК-150 и дождевальной машины ДДН-70. Установка оборудована на плавучем понтоне, она позволила при уменьшении глубины в навозонакопителе иметь стабильную допустимую высоту всасывания центробежного насоса 11 с паспортной напорно-расходной характеристикой.

Рисунок 5 – **Струйный смеситель животноводческих стоков и воды**



1 — рукав
2 — рама поворотная
3 — рама подвижная
4 — опора
5 — насосная часть
6 — ящик управления

Рисунок 4 – **Схема насосной установки с предвключенным шнеком и заборным устройством**

Приведённая технологическая схема установки универсальна и может быть использована как для погрузки стоков густой фракции в мобильный транспорт, так и подачи смеси стоков на орошаемый участок.

Насос 9 может устанавливаться как на стационарной насосной станции, так и на плавучем понтоне. Смеситель 10 пригоден к использованию в качестве механизма, увеличивающего влажность стоков для транспортировки по трубопроводу, и как оборудование, способствующее повышению напора шнека 3.

Замена плавучей установки может быть проведена передвижной насосной установкой с предвключенным шнеком, выпускаемой Белебеевским машиностроительным заводом (рисунок 4).

Результаты и обсуждение. Разработанный технологический процесс позволяет усовершенствовать схему гидравлического удаления и утилизации органических удобрений на животноводческих комплексах РФ. Установлен эффективный способ изменения концентрации поливной смеси животноводческих стоков и воды в процессе полива, контроля объёмов поливов и возможности проведения непрерывного цикла. Предложен вариант забора навоза низкой влажности плавучей насосной установкой, смешение с жидкой фракцией и транспортировка по трубопроводу смеси в случае возможности удаления навоза в невегетационный период.

Рассмотрен вариант использования насосной установки НЖН-200 с предвключенным шнеком, выпускаемым Белебеевским машиностроительным заводом, для транспортировки не разделённого на фракции навоза

Заключение. Вышеприведённые технические варианты системы смешения густой и жидкой фракций навоза и разработанный комплекс оборудования для забора и транспортировки не разделённых на фракции животноводческих стоков позволили снять часть проблем по удалению и внесению животноводческих стоков, дают возможность проектным организациям усовершенствовать традиционные схемы утилизации органических удобрений для исключения недостатков существующих технологий.

Библиографический список

1. Барабаш, В. М. Обзор работ по теории и практике перемешивания / В. М. Барабаш, Р. Ш. Абиев, Н. Н. Кулов // Теоретические основы химической технологии. – 2018. – Т. 52. – № 4. – С. 367-383.

2. Костоварова, И. А. Технологии подготовки и внесения животноводческих стоков с поливной водой при дождевании / И. А. Костоварова, С. Л. Шленов // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 11. – С. 37-41.

Bibliographic list:

1. Barabash, V. M. Review of works on the theory and practice of mixing / V. M. Barabash, R. Sh. Abiev, N. N. Kulov // Theoretical foundations of chemical technology. – 2018. – Vol. 52. – No. 4. – Pp. 367-383.

2. Kostovarova, I. A. Technologies for the preparation and application of livestock effluents with irrigation water during sprinkling / I. A. Kostovarova, S. L. Shlenov // Technique and equipment for the village. – 2016. – No. 11. – Pp. 37-41.

3. Лихоманова, М. А. Влияние способов полива на эффективность возделывания овощных культур / М. А. Лихоманова, О. А. Соловьёва // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 1 (61). – С. 161-173.

4. Мазанов, Р. Р. Струйные смесители минеральных удобрений и животноводческих стоков в системах орошения / Р. Р. Мазанов, Ч. М. Мутуев, С. А. Тарасьянц // Научная жизнь. – 2019. – Т. 14. – № 6 (94). – С. 823-834.

5. Оконов, М. М. Продуктивность кормовых культур и основные принципы применения удобрений на мелиорируемых землях Калмыкии / М. М. Оконов, Б. А. Гольдварг, Г. Д. Унканжинов [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2022. – № 1 (51). – С. 12-16.

6. Пат. на полезную модель № 175851 РФ, МПК F04F 5/10. Струйный насос для разделения жидкого навоза на фракции / К. А. Дегтярёва, Ю. С. Уржумова, Д. С. Ефимов, А. С. Тарасьянц, С. А. Тарасьянц; заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО Донской ГАУ. – № 2017105523; заявл. 20.02.2017; опубл. 21.12.2017. – Бюл. № 36.

7. Пат. на полезную модель № 188521 РФ, МПК F04F 5/10. Струйный трёхкомпонентный насос-смеситель с промывкой всасывающих трубопроводов животноводческих стоков / В. А. Рудаков, К. А. Дегтярёва, Ю. С. Уржумова, С. А. Тарасьянц; заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО Донской ГАУ. – № 2018136477; заявл. 15.10.2018.; опубл. 16.04.2019. – Бюл. № 11.

8. РД-АПК 1.30.03.01-20. Методические рекомендации по технологическому проектированию оросительных систем с использованием животноводческих стоков / Министерство сельского хозяйства РФ. – Москва, 2019. – 79 с.

9. Тиво, П. Ф. Анализ современных технологий использования животноводческих стоков / П. Ф. Тиво, А. С. Анженков, Л. А. Саскевич, Е. А. Бут // Мелиорация. – 2017. – № 3 (81). – С. 54-63.

10. Храмешин Р. А. Применение мобильного транспортирующего агрегата для очистки биологических прудов ООО «Восточный» Удмуртской Республики / Р. А. Храмешин, М. А. Эндерс // В сборнике: Научные труды студентов Ижевской ГСХА. Сборник статей. ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск. – 2015. – С. 82-88.

11. Hsu, Esher & Kuo, Chen-Ming. (2017). The Energy Recovery of Livestock Waste in Taiwan. 10.1007/978-3-319-52192-3_13.

12. Ifeanyi PhD, Ogbuewu & Odoemelam, Victor & Omede, Apeh & Durunna, C & Emenalom, Oliver & Uchegbu, Maxwell & Ifeanyi Charles, Okoli & Iloeje, M. (2012). Livestock waste and its impact on the environment. Scientific Journal of Review. 1. – Pp. 17-32.

3. Likhomanova, M. A. Influence of irrigation methods on the efficiency of cultivation of vegetable crops / M. A. Likhomanova, O. A. Solovieva // Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. – 2021. – No. 1 (61). – Pp. 161-173.

4. Mazanov, R. R. Jet mixers of mineral fertilizers and livestock wastewater in irrigation systems / R. R. Mazanov, Ch. M. Mutuev, S. A. Tarasyants // Scientific life. – 2019. – Vol. 14. – No. 6 (94). – Pp. 823-834.

5. Okonov, M. M. Productivity of fodder crops and basic principles of fertilizer application on reclaimed lands of Kalmykia / M. M. Okonov, B. A. Goldvarg, G. D. Unkanzhinov [et al.] // Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. – 2022. – No. 1 (51). – Pp. 12-16.

6. Pat. for utility model No. 175851 RF, IPC F04F 5/10. Jet pump for separating liquid manure into fractions / K. A. Degtyareva, Yu. S. Urzhumova, D. S. Efimov, A. S. Tarasyants, S. A. Tarasyants; applicant and patent holder: Donskoy State Agrarian University. – No. 2017105523; dec. 02/20/2017; publ. 12/21/2017. – Bull. No. 36.

7. Pat. for utility model No. 188521 RF, IPC F04F 5/10. Jet three-component mixing pump with flushing of suction pipelines of livestock effluents / V. A. Rudakov, K. A. Degtyareva, Yu. S. Urzhumova, S. A. Tarasyants; applicant and patent holder: Donskoy State Agrarian University. – No. 2018136477; dec. 10/15/2018.; publ. 04/16/2019. – Bull. No. 11.

8. RD-APK 1.30.03.01-20. Guidelines for the technological design of irrigation systems using livestock waste / Ministry of Agriculture of the Russian Federation. – Moscow, 2019. – 79 p.

9. Tivo, P. F. Analysis of modern technologies for the use of livestock wastewater / P. F. Tivo, A. S. Anzhenkov, L. A. Saskevich, E. A. But // Reclamation. – 2017. – No. 3 (81). – Pp. 54-63.

10. Khrameshin, R. A. The use of a mobile transport unit for cleaning biological ponds of Vostochny LLC of the Udmurt Republic / R.A. Khrameshin, M. A. Enders // In the collection: Scientific works of students of the Izhevsk State Agricultural Academy. Digest of articles. Izhevsk State Agricultural Academy. – Izhevsk, 2015. – Pp. 82-88.

11. Hsu, Esher & Kuo, Chen-Ming. (2017). The Energy Recovery of Livestock Waste in Taiwan. 10.1007/978-3-319-52192-3_13.

12. Ifeanyi PhD, Ogbuewu & Odoemelam, Victor & Omede, Apeh & Durunna, C & Emenalom, Oliver & Uchegbu, Maxwell & Ifeanyi Charles, Okoli & Iloeje, M. (2012). Livestock waste and its impact on the environment. Scientific Journal of Review. 1. – Pp. 17-32.

УДК 631.67:551.5 DOI: 10.35809/2618-8279-2023-2-5

АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕПЛОГО ПЕРИОДА ГОДА ДЛЯ РАЙОНОВ ОРОШЕНИЯ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ANALYSIS OF CLIMATIC CONDITIONS OF THE WARM PERIOD OF THE YEAR FOR IRRIGATION REGIONS OF THE ROSTOV REGION

А. Н. Бабичев, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела сельскохозяйственной мелиорации, babichevan2006@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1146-7530,
Д. П. Сидаренко, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник сектора агрофизики мелиорированных земель, sidarenko1@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3273-6499

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», Ростовская область, г. Новочеркасск, Российская Федерация

A. N. Babichev, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Agricultural Melioration, babichevan2006@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1146-7530,
D. P. Sidarenko, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Sector of Agrophysics of Reclaimed Lands, sidarenko1@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3273-6499

Russian Research Institute for Land Reclamation Problems, Rostov region, Novocherkassk, Russian Federation

Цель исследований состояла в сравнительной оценке территории размещения орошаемых земель Ростовской области по обеспеченности её такими важными для произрастания сельскохозяйственных культур факторами, как тепло и влага тёплого периода года. В качестве материалов исследования использовались данные Ростовстата, Росреестра. Объектом исследования являются метеорологические данные за период май-сентябрь 2013-2022 гг. по 12 метеостанциям Ростовской области. Максимальная площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий сконцентрирована в центральной орошаемой зоне, где имеются 76732,0 га, тут же находится и самое большое количество орошаемых сельскохозяйственных угодий с действующей оросительной системой, площадь таких земель составляет 59168,1 га или 81,3 % от общей площади орошаемых сельскохозяйственных угодий, имеющихся в регионе. Территория Ростовской области в силу своего географического положения обеспечена достаточным количеством тепла для возделывания сельскохозяйственных культур. Лимитирующим фактором для ведения сельскохозяйственного производства здесь является наличие влаги. Величина дефицита влажности увеличивается при продвижении с севера в центральную часть Ростовской области, его максимальные значения 14,51 и 15,17 мб получены для двух метеостанций на востоке области. В целом за период май-август наблюдается тенденция к увеличению дефицита влажности. Проведённый анализ климатических условий тёплого периода в районах размещения орошаемых земель показывает, что в условиях Ростовской области тепловые ресурсы позволяют выращивать практически все сельскохозяйственные культуры. Вместе с тем, теплоэнергетические ресурсы региона не в полной мере реализуются из-за недостатка естественного увлажнения, в связи с чем необходимо восполнение его путём орошения.

Ключевые слова: орошаемые земли, тёплый период, гидротермический коэффициент, обеспеченность, дефицит влажности.

The purpose of the research was to make a comparative assessment of the area of irrigated land in the Rostov region in terms of its provision with such important factors for the growth of agricultural crops as heat and moisture during the warm period of the year. The data of Rostovstat, Rosreestr were used as research materials. The object of the study is meteorological data for the period May-September 2013-2022. at 12 weather stations in the Rostov region. The maximum area of irrigated agricultural land is concentrated in the central irrigated zone, where there are 76732.0 ha, there is also the largest number of irrigated agricultural land with an operating irrigation system, the area of such land is 59168.1 ha or 81.3 % of the total irrigated area. agricultural land available in the region. The territory of the Rostov region, due to its geographical location, is provided with sufficient heat for the cultivation of crops. The limiting factor for agricultural production here is the presence of moisture. The magnitude of the moisture deficit increases when moving from the north to the central part of the Rostov region, its maximum values are 14.51 and 15.17 mb obtained for two meteorological stations in the east of the region. In general, for the period May-August, there is a tendency to increase the deficit of humidity. The analysis of the climatic conditions of the warm period in the areas where irrigated lands are located shows that in the conditions of the Rostov region, thermal resources make it possible to grow almost all agricultural crops. At the same time, the heat and power resources of the region are not fully realized due to the lack of natural moisture, and therefore it is necessary to replenish it through irrigation.

Key words: irrigated lands, warm period, hydrothermal coefficient, availability, moisture deficit.

Введение. Климат больших территорий формируется под воздействием комплекса физико-географических условий, из которых наиболее важными являются солнечная радиация, циркуляция атмосферы и подстилающая поверхность. Районы Юго-Востока европейской территории страны, к которому в том числе можно отнести и территорию Ростовской области, являются местом столкновения различных систем атмосферных циркуляций. Территория региона благодаря своему южному положению получает много тепла. Продолжительность солнечного сияния здесь в среднем составляет 2000-2200 час. в год. Подстилающая поверхность Ростовской области более или менее однообразна, существенных различий в рельефе местности нет [1].

Климат области умеренно-континентальный. Для него характерно сочетание избытка тепла с относительным недостатком влаги. Количество осадков находится в непосредственной связи с общей циркуляцией воздушных масс и удалённостью от Атлантического океана. Осадки убывают с запада на северо-восток. Так, если в Приазовье на юге Зерноградского, Егорлыкского и Песчанокопского районов осадков выпадает 500-510 мм, то на юго-востоке это количество уменьшается до 341 мм (Заветное) и 322 (Ремонтное). Однако по годам и сезонам осадки распределяются крайне неравномерно. В тёплый период года их выпадает больше, чем в холодный. Но осадки тёплого периода часто выпадают в виде ливней и мало способствуют увлажнению почвы, так как большая часть воды не успевает поглотиться почвой и стекает с полей. Осадки, выпадающие в холодный период года в виде снега и моросящих дождей, являются основным источником накопления влаги в почве [3-4, 6-9,12].

Практически во всех административных районах Ростовской области урожайность сельскохозяйственных культур зависит от степени увлажнённости года, изменяясь в 2-3 раза и более. Поэтому здесь особенно важное значение для получения высоких и устойчивых урожаев имеет орошение. Цель исследований – дать сравнительную оценку территории размещения орошаемых земель Ростовской области по обеспеченности её такими важными для произрастания сельскохозяйственных культур факторами, как тепло и влага тёплого периода года.

Материалы и методы. В качестве материалов исследования использовались данные Ростовстата, Росреестра. Применялись методы системного, комплексного изучения, сравнения, анализа и обобщения данных. Объектом исследования являются метеорологические данные за период май-сентябрь 2013-2022 гг. по 12 метеостанциям Ростовской области.

Таблица 1 – **Распределение и площади орошаемых земель в Ростовской области по состоянию на 01.01.2016 [5]**

Административный район	Площадь, га	
	Орошаемые сельскохозяйственные угодья	С действующей оросительной системой
1	2	3
Северо-западная сельскохозяйственная зона		
Верхнедонской	6841,1	
Кашарский	1615	
Тарасовский	1561,5	
Всего по зоне	10017,6	0
Северо-восточная сельскохозяйственная зона		
Константиновский	434,4	
Цимлянский	1159	
Всего по зоне	1593,4	0
Центральная орошаемая зона		
Мартыновский	8349,4	7515
Пролетарский	17642,5	16793,3
Семикаракорский	11358,6	9534
Багаевский	15310,2	10235,8
Волгодонской	12102,1	5661
Веселовский	11969,2	9429
Всего по зоне	76732	59168,1
Приазовская зона		
Матвеево-Курганский	1127,2	
Родионово-Несветайский	1140,6	
Неклиновский	4690	817,8
Азовский	4355,1	2015
Аксайский	6124,7	1554,2
Всего по зоне	17437,6	4387
Южная зона		
Зерноградский	2448,9	
Егорлыкский	1996,8	
Сальский	10061	9201
Песчанокопский	4830,3	
Всего по зоне	19337	9201
Восточная зона		
Дубовский	4846	
Всего по зоне	4846	0
Итого по области	129963,6	72756,1

Результаты и обсуждение. Орошаемые сельскохозяйственные угодья на территории Ростовской области располагаются во всех шести сельскохозяйственных зонах (таблица 1). Максимальная площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий сконцентрирована в центральной орошаемой зоне, где имеются 76732,0 га, тут же находится и самое большое количество орошаемых сельскохозяйственных угодий с действующей оросительной системой, площадь таких земель составляет 59168,1 га или 81,3 % от общей площади орошаемых

Таблица 2 – **Гидротермический коэффициент за период 2013-2022 гг.**

Метео-станция	Годы									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Казанская	0,9	0,4	0,5	1,0	1,1	0,9	0,9	0,6	1,1	1,1
Боковская	0,6	0,7	0,5	1,1	0,5	0,7	0,6	0,6	1,2	0,8
Миллерово	0,6	0,8	0,5	1,1	0,5	0,7	0,6	0,6	1,2	0,8
Каменск-Шатиниский	0,6	0,7	0,5	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6	1,3	1,0
Морозовск	0,6	0,7	0,5	1,1	0,5	0,7	0,6	0,6	1,2	0,4
Семикаракорск	0,4	0,4	0,5	0,9	0,3	0,4	0,6	0,5	0,8	0,4
Цимлянск	0,7	0,4	0,6	0,9	0,6	0,4	0,6	0,4	0,8	0,3
Маргаритово	0	0,7	0,5	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,9	0,7
Зерноград	0,2	0,6	1,0	0,6	0,3	0,3	0,6	0,7	0,8	0,4
Гигант	0,7	0,6	0,5	1,0	0,4	0,2	0,6	0,6	0,8	0,6
Зимовники	0,5	0,4	0,4	0,7	0,5	0,4	0,9	0,4	1,4	0,7
Ремонтное	0,8	0,2	0,4	0,6	0,9	0,4	0,6	0,3	0,5	0,4

сельскохозяйственных угодий, имеющихся на территории области.

Основным показателем условия развития или возможности произрастания сельскохозяйственных культур является тепло. Количество тепла, поступающее на данную территорию, может быть учтено путём подсчёта сумм температур за определённый период. В агроклиматологии для характеристики теплообеспеченности территории принято пользоваться суммами активных (положительных) температур воздуха за период с температурами выше 10 ^{0}С.

Продуктивность сельскохозяйственных культур при достаточном количестве тепла и других факторов роста (питательных веществ, света) в основном определяется обеспеченностью их влагой. Об этом судят по количеству выпадающих осадков. Эффективность осадков, как источника водоснабжения, сильно зависит от условий их испарения. При одинаковом количестве осадков в двух пунктах больше их уйдёт на непроизводственное испарение там, где будет выше температура, и условия увлажнения в этом случае будут хуже. Характеристику увлажнения территории с учётом количества выпавших осадков и испаряемости даёт гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова (ГТК) [1]. Нами рассчитан гидротермический коэффициент по сельскохозяйственным зонам Ростовской области (таблица 2).

Анализ данных таблицы 2 показывает, что гидротермический коэффициент по двенадцати метеостанциям, размещённым в различных сельскохозяйственных зонах, где имеются орошаемые земли, за период май-сентябрь 2013-2022 гг. находился в пределах от 0,5 до 0,9. Согласно классификации, предложенной С. А. Сапожниковым по оценке увлажнения территории, это можно характеризовать как очень засушливую и засушливую подзоны. Минимальный показатель зафиксирован для метеостанции с. Ремонтное, максимальный для ст. Казанская, в целом центральную орошаемую зону, по данным метеостанций г. Семикаракорск и г. Цимлянск, можно отнести к очень засушливой территории.

При практическом использовании данных гидротермического коэффициента следует иметь в виду, что они характеризуют атмосферное увлажнение и не учитывают местных особенностей, связанных с почвенным покровом, уровнем грунтовых вод и ещё рядом показателей. Лимитирующим фактором для ведения сельскохозяйственного производства здесь является наличие влаги.

Таблица 3 – **Обеспеченность осадками (%) по метеостанциям Ростовской области за период 2013-2022 гг.**

Метео-станция	P, % обеспеченности									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Казанская	18	27	73	9	55	64	36	91	82	45
Боковская	27	45	73	9	64	55	18	91	36	82
Миллерово	27	45	73	9	64	55	18	91	36	82
Каменск- Шахтиниский	82	27	73	9	64	45	18	55	20	91
Морозовск	91	27	45	9	73	64	55	18	36	82
Семикаракорск	55	18	9	91	18	27	73	64	82	36
Цимлянск	91	18	55	73	64	45	27	9	82	36
Маргаритово	9	45	55	64	73	91	18	27	36	82
Зерноград	9	55	45	91	18	64	73	83	36	27
Гигант	55	45	27	73	91	18	64	9	47	36
Зимовники	82	18	45	73	27	45	9	36	91	64
Ремонтное	73	18	55	27	91	82	64	36	9	45

Таблица 4 – **Характерная для года обеспеченность осадками (%) по метеостанциям Ростовской области за период 2013-2022 гг.**

Метеостанция	Средневлажные	Средний	Среднесухой
	P ~25 %	P ~50 %	P ~75 %
Казанская	2015	2017	2020
Боковская	2015	2017	2020
Миллерово	2015	2017	2020
Каменск-Шахтиниский	2015	2018	2020
Морозовск	2015	2017	2020
Семикаракорск	2015	2018	2020
Цимлянск	2015	2017	2020
Маргаритово	2015	2017	2020
Зерноград	2015	2017	2020
Гигант	2015	2017	2020
Зимовники	2015	2017	2020
Ремонтное	2015	2017	2020

В таблице 3 приводится обеспеченность осадками в % за период 2013-2022 гг.

При расчёте режима орошения в зависимости от климатических условий, реального или фиктивного года, процент обеспеченности должен составлять не менее 75-95%.

В таблице 4 приведена сводка лет по обеспеченность (%) осадками за период 2013-2022 гг.

В последнее десятилетие в научно-исследовательских институтах и проектных организациях, занимающихся вопросом орошения, в качестве показателя влагообеспеченности территории наибольшее распространение получил коэффициент увлажнения (таблица 5). Коэффициент Иванова-Высоцкого – это крайне важный климатический показатель. Ведь он способен дать картину обеспеченности местности водными ресурсами. Этот коэффициент просто необходим для развития сельского хозяйства, а также для общего экономического планирования территории.

Анализ данных таблицы 5 свидетельствует, что значение коэффициента увлажнения за период 2013-2022 гг. по 12 метеостанциям Ростовской области колебалось от 0,4 до 0,7, что характеризуется как недостаточное увлажнение территории. Этот показатель играет очень важную роль в развитии народного хозяйства и агропромышленного комплекса. Данный коэффициент зависит от двух значений: от количества атмосферных осадков и от объёмов испаряемости за определённый отрезок времени.

Орошаемые земли в Ростовской области расположены в III-V климатических зонах.

III. Полусухая, занимает восточную часть Ростовской области. Климат отличается крайней засушливостью. Продолжительные периоды бездождья, суховеи и пыльные бури – характерное явление для данной зоны. Коэффициент увлажнения равен 0.2-0.3. Сумма осадков за тёплый период составляет 120-150 мм. Сумма активных температур (более 10 ^{0}C) изменяется от 3400 ^{0}C в северных широтах до 3600 ^{0}C в южных. Продолжительность безморозного периода длится 180-200 дней, среднемесячная температура воздуха в июле – 25 ^{0}C. Число суховейных дней за тёплый период с относительной влажностью воздуха менее 30 % составляет 40-55 дней. Испаряемость достигает 980-1000 мм, что в три раза и более превышает сумму годовых осадков (250-350 мм). Биоклиматический потенциал (БКП) очень низкий и составляет всего 75-80 единиц. Почвы здесь в основном пустынностепные солонцеватые с вкраплениями светлокаштановых солонцеватых почв и солонцов. Почвенно-климатические условия зоны позволяют заниматься, главным образом, овцеводством.

IV. Очень засушливая, охватывает северо-восточные и центральные районы Ростовской области. Климат умеренно-континентальный, жаркий с коэффициентом увлажнения 0.3-0.4, годовое количество осадков 350-400 мм. Сумма активных температур (более 10 ^{0}C) составляет 3000 ^{0}C в северных районах зоны и 3600 ^{0}C в юж-

Таблица 5 – **Коэффициент увлажнения по метеостанциям Ростовской области за период 2013-2022 гг.**

Метеостанция	K_y									
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Казанская	0,7	0,3	0,4	0,8	0,9	0,7	0,7	0,5	0,9	0,8
Боковская	0,5	0,5	0,4	0,8	0,4	0,5	0,5	0,4	0,9	0,6
Миллерово	0,5	0,6	0,4	0,8	0,4	0,5	0,5	0,4	0,9	0,6
Каменск-Шахтиниский	0,5	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	1,0	0,8
Морозовск	0,5	0,5	0,4	0,8	0,4	0,5	0,5	0,5	0,9	0,3
Семикаракорск	0,3	0,3	0,4	0,7	0,2	0,3	0,5	0,4	0,6	0,3
Цимлянск	0,6	0,3	0,5	0,7	0,5	0,3	0,4	0,3	0,6	0,2
Маргаритово	0,1	0,6	0,4	0,2	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,5
Зерноград	0,2	0,4	0,8	0,5	0,2	0,2	0,5	0,5	0,6	0,3
Гигант	0,5	0,5	0,4	0,8	0,3	0,2	0,5	0,4	0,6	0,4
Зимовники	0,4	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3	0,7	0,3	1,1	0,6
Ремонтное	0,6	0,2	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,2	0,4	0,3

Таблица 6 – **Районирование Ростовской области по температурным условиям**

Территории области	Сумма активных температур, >10 ^{0}C		Продолжительность	Дата перехода
	Для вегетационных посевов	Для поукосных посевов	периода с t >10 ^{0} C, дней	воздуха через + 15 ^{0}C весной
А. Миллерово-Боковская	2800-3000	1800-1900	160-167	11-14.05
Б. Покровская-Новочеркасск-Константиновск	3000-3200	1900-2200	167-173	07-09.05
В. Левобережье Нижнего Дона	3200-3300	2200-2250	173-180	05-07.05
Г. Ремонтное-Пролетарск-Сальск	3300-3400	2250-2400	180-195	28.04-03.05

ных. Продолжительность безморозного периода от 160 дней до 180 дней. Среднемесячная температура воздуха в июле составляет 24-25 ^{0}C, число суховейных дней 45-55. При испаряемости 900-1000 мм дефицит водного баланса равен 55-65 %, БКП – 100-150 единиц. Почвы представлены чернозёмами и каштановыми солонцеватыми почвами. Возделывание сельхозкультур возможно в отдельные годы на богаре, но гарантированные высокие урожаи можно получать только при орошении (таблица 6).

V. Засушливая, в эту зону входят юго-западные районы Ростовской области. Климат умеренно-континентальный, засушливый, коэффициент увлажнения равен 0,4-0,5. Годовое количество осадков составляет 400-450 мм. Основное их количество (250-300) мм выпадает в летний период. Сумма активных температур достигает 3100-3600 ^{0}C. Продолжительность безморозного периода составляет около 180 дней. При среднемесячной температуре июля 22-24 ^{0}C число суховейных дней находится в пределах 30-35. Дефицит водного баланса равен 450 мм, БКП – 120-125 единиц, при орошении 190 единиц. Почвы к северу от Таганрогского залива представлены северо-приазовскими и обыкновенными чернозёмами, в южных районах Ростовской области предкавказские карбонатные чернозёмы, которые к югу постепенно переходят в тёмно-каштановые почвы. Почвенно-климатические условия вполне удовлетворительные для возделывания всех сельскохозяйственных культур. Орошение позволяет получать стабильные высокие урожаи, в том числе и в поукосных посевах.

VI. Полузасушливая зона на севере занимает приазовские районы Ростовской области. Климат умеренно-тёплый с неустойчивым увлажнением. Коэффициент увлажнения по Н. И. Иванову составляет 0,5-0,6, среднегодовое количество осадков колеблется от 450 до 600 мм, в том числе за тёплый период 300-400 мм. Сумма активных температур – 3200-3400 ^{0}C. Безморозный период составляет 185-190 дней, суховейных дней – 10-25. Почвенный покров представлен северо-приазовскими и предкавказскими чернозёмами, переходящими к югу в лугово-чернозёмные почвы с близким залеганием галечника [9-11].

Область в целом отличается большим разнообразием почвенно-климатических и геоморфологических условий. Обилие тепла и света на юге, преобладание плодородных почв чернозёмного типа в сочетании с различным характером местности создаёт благоприятные условия для выращивания сельскохозяйственных культур. Восток области отличается

Таблица 7 – **Коэффициент увлажнения K_y, испаряемость E по метеостанциям Ростовской области для вегетационного периода**

Метеостанция	Коэффициент увлажнения, K_y					Испаряемость, E, мм				
	5 %	25 %	50 %	75 %	95 %	5 %	25 %	50 %	75 %	95 %
Казанская	0,85	0,76	0,57	0,45	0,26	531,8	576,5	679,1	787,7	957,8
Боковская	0,87	0,58	0,52	0,43	0,25	546,0	625,5	746,6	802,4	1061,3
Миллерово	0,80	0,63	0,43	0,34	0,21	593,5	670,5	770,1	868,6	1098,2
Каменск-Шатиниский	0,93	0,59	0,51	0,34	0,26	574,2	689,4	755,7	866,8	1047,6
Морозовск	0,93	0,55	0,46	0,31	0,19	632,3	686,4	797,0	955,3	1089,5
Семикаракорск	0,94	0,72	0,45	0,38	0,28	576,0	651.0	798,7	888,2	944,7
Цимлянск	1,02	0,69	0,41	0,35	0,22	620,6	670,7	814,0	886,1	1011,9
Маргаритово	0,94	0,73	0,65	0,47	0,41	566,6	613,7	673,2	765,5	843,8
Зерноград	1,03	0,83	0,55	0,40	0,35	588,2	643,6	771,3	885,6	988,5
Гигант	1,08	0,98	0,53	0,44	0.31	551,1	627,7	796,1	846,0	945,8
Зимовники	0,54	0,40	0,35	0,26	0,14	705,9	772,5	911,6	998,8	1269,0
Ремонтное	0,66	0,53	0,40	0,27	0,18	681,0	755,1	842,4	974,9	1165,1

Таблица 8 – **Относительная влажность воздуха (%) за период май-сентябрь 2013-2022 гг.**

Метеостанция	Месяц					Среднее
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	
Казанская	63	61	65	65	71	65
Боковская	63	56	47	47	59	54
Миллерово	63	56	47	47	58	54
Каменск-Шахтиниский	59	53	47	47	56	52
Морозовск	62	55	48	48	54	53
Семикаракорск	66	57	47	47	59	55
Цимлянск	63	56	50	50	57	55
Маргаритово	62	56	47	47	54	53
Зерноград	55	49	42	42	50	47
Гигант	65	55	45	45	57	53
Зимовники	60	49	44	44	44	48
Ремонтное	52	47	42	42	58	48

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ – НАДЕЖНЫЙ ПАРТНЕР АГРОБИЗНЕСА

СОРТА СОИ ДЛЯ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Всероссийским научно-исследовательским институтом созданы скороспелые (90-115 дней) высокобелковые (36-40%) сорта Волгоградка 1 (в Госреестре с 1993 года), ВНИИОЗ 86 (с 2002 года), ВНИИОЗ 76 (с 2003 года), ВНИИОЗ 31 (с 2011 года), Волгоградка 2 (на государственном сортоиспытательном участке с 2018 года) с потенциалом урожайности до 3-4 т/га. Разработан ускоренный метод получения качественных, оригинальных и элитных семян.

КЛЮЧЕВЫЕ КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА, ПОТРЕБИТЕЛЬСКАЯ ЦЕННОСТЬ:
рекомендуемым методом оптимизации технологии производства семян сои в первичном семеноводстве достигается наиболее полная сохранность генетической идентичности, характерная генотипу, экономия оросительной воды на уровне 20% по сравнению с типовым ведением производства сои в условиях орошения.

СОРТ СОИ ВОЛГОГРАДКА 2

Начало цветения и время созревания раннее (105 дней). Доля зерна в общей биомассе – 40%. Среднее содержание белка в семенах 37,1%, максимальное – 40,1%, жира – 18,9%. Устойчив к полеганию и поражению болезнями. Пригоден к механизированной уборке благодаря оптимальному ветвлению и прикреплению нижних бобов (0,13 м) от поверхности почвы. Генетический уровень зерновой продуктивности орошаемого посева составляет 4,2 т/га. Сорт обладает повышенной засухоустойчивостью в посевах без орошения.

СОРТ СОИ ВНИИОЗ 31

Начало цветения и время созревания – 105 дней. Растение короткостебельное (0,55 м), доля зерна в общей биомассе – 40%. Среднее содержание белка в семенах 37,1%, максимальное – 40,1%, жира – 18,9%. Устойчив к полеганию и поражению болезнями. Пригоден к механизированной уборке. Генетический уровень продуктивности орошаемого посева – 4,2 т/га. Сорт обладает повышенной засухоустойчивостью в посевах без орошения.

400002, Россия, Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9 8 (8442) 60-24-33 vniioz@yandex.ru

Таблица 9 – **Дефицит влажность воздуха (мб) за период май-сентябрь 2013-2022 гг.**

Метеостанция	Месяц					Среднее
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	
Казанская	7,32	9,99	10,90	8,42	4,71	8,27
Боковская	7,58	12,33	14,06	16,59	8,65	11,84
Миллерово	7,62	12,38	14,16	16,68	8,72	11,91
Каменск-Шахтиниский	8,21	12,77	14,69	15,99	8,75	12,08
Морозовск	7,66	12,67	14,57	16,13	10,73	12,35
Семикаракорск	6,61	13,98	13,98	16,72	8,09	11,88
Цимлянск	7,55	12,56	14,08	15,98	10,27	12,09
Маргаритово	5,81	9,38	11,57	13,88	7,58	9,64
Зерноград	6,12	11,39	13,57	15,12	9,16	11,07
Гигант	7,24	12,80	16,07	17,88	9,42	12,68
Зимовники	8,37	14,96	16,80	18,57	17,14	15,17
Ремонтное	12,96	15,58	16,76	18,65	8,60	14,51

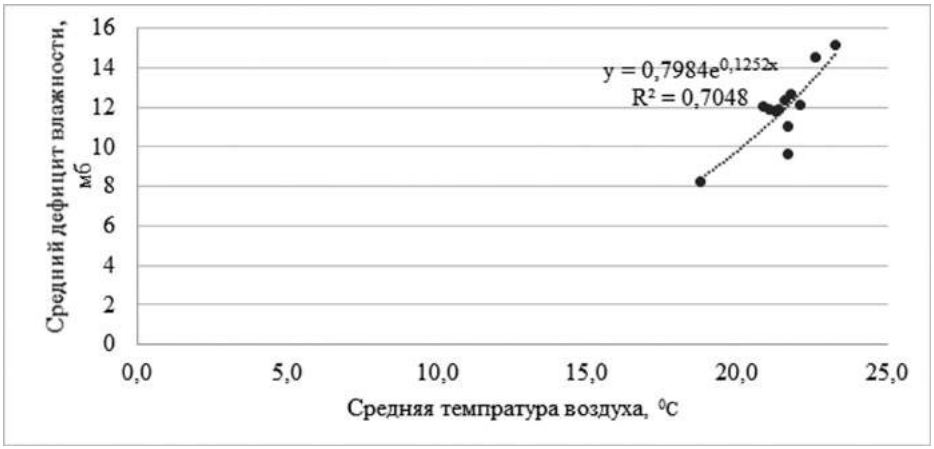


Рисунок 1 – **Зависимость между средней температурой воздуха и дефицитом влажности за период май-сентябрь**

наиболее засушливым климатом и малопродуктивными почвами. Для севера характерны всхолмленный, изрезанный оврагами и балками рельеф местности и невысокие по потенциальному плодородию южные чернозёмы [2].

Анализ данных таблицы 6 показывает, что в условиях области тепловые ресурсы позволяют выращивать практически все сельскохозяйственные культуры. Вместе с тем, теплоэнергетические ресурсы региона не в полной мере реализуются из-за недостатка естественного увлажнения, восполнить его можно путём орошения.

Проведённая оценка тепловлагообеспеченности соответствует среднемноголетним погодным условиям и вполне достаточна для характеристики региона.

Данные по испаряемости и коэффициентам увлажнения (таблица 7) были ранжированы в убывающем порядке и обработаны статистически, в результате чего получены ряды с обеспеченностью 5, 25, 50, 75 и 95 %. При этом 5%-ная обеспеченность соответствует влажному году, 25 % – средневлажному, 50 % – среднему, 75 % - среднесухому и 95 % – сухому.

При анализе таблицы 7 прослеживается следующая закономерность: в направлении с запада на восток засушливость возрастает, снижается коэффициент увлажнения, возрастают значения испаряемости. Та же тенденция отмечена при увеличении обеспеченности с 5 до 95 %: возрастают значения испаряемости и снижается коэффициент увлажнения.

Согласно данным таблицы 8 относительная влажность в среднем за период май-сентябрь сокращается на севере области с 65 % до 55 % в зоне основного размещения орошаемых земель, и на востоке области данный показатель уменьшается до 48 %. При этом максимальное значение в среднем по двенадцати метеостанциям отмечается в мае и составляет 61 %, а минимальное 48 % в июле и августе.

Причиной снижения относительной влажности воздуха по мере повышения его температуры является то, что фактическая абсолютная влажность при этом или не меняется, или в малой степени увеличивается [2].

Нами были рассчитаны дефициты влажности за период май-сентябрь 2013-2022 гг., результаты расчёта приведены в таблице 9.

Величина дефицита влажности увеличивается при продвижении с севера в центральную часть Ростовской области, его максимальные значения 14,51 и 15,17 мб получены для двух метеостанций на востоке области. В целом за период май-август наблюдается тенденция к увеличению дефицита влажности.

Наибольших значений дефицит влажности достигает в августе, максимальные значения при расчёте нами этого показателя 18,65 и 18,57 мб также получены за период 2013-2022 гг. для метеостанций, расположенных в с. Ремонтное и с. Зимовники. На этих же метеостанциях была зафиксирована самая высокая температура воздуха в августе, в среднем за указанный период она составила 25,1 и 25,7 ^{0}С соответственно. Между средней температурой и дефицитом влажности за период май-сентябрь по данным 12 метеостанций (рисунок 1) выявлена тесная зависимость.

Заключение. Проведённый анализ климатических условий тёплого периода районов размещения орошаемых земель показывает, что в условиях Ростовской области тепловые ресурсы

позволяют выращивать практически все сельскохозяйственные культуры. Вместе с тем, теплоэнергетические ресурсы региона не в полной мере реализуются из-за недостатка естественного увлажнения, в связи с чем необходимо восполнение его путём орошения.

Для повышения эффективности орошаемого земледелия важное значение имеют биологические оптимальные нормы водопотребности для орошения. Потери урожая на мелиорируемых землях прямо пропорциональны дефициту влажности почвы в период вегетации. Режим орошения должен обеспечивать полное использование оросительной воды на формирование урожая, сохранение почвенного плодородия и не допускать повышения минерализации и загрязнения воды в водоисточниках. Всё это может быть достигнуто только при нормированном водопользовании, основанном на учёте биологических особенностей сельскохозяйственных растений и складывающихся метеорологических условий.

В условиях дефицита оросительной воды необходимо учитывать неравнозначность поливов в зависимости от фазы вегетации растений. Во избежание недобора урожая от недополива должна быть обеспечена оптимальная влажность почвы в критические фазы развития сельскохозяйственных культур. В остальные периоды нужно применять дифференцированный подход к назначению поливов с учётом фенофаз, предполивной влажности почвы, глубины увлажнения, водно-физических свойств почвы, приоритетности культур.

Библиографический список

1. Агроклиматические ресурсы Ростовской области / под ред. З. М. Русеева // Ленинград: Гидрометеоиздат, 1972. – 252 с.
2. Дьяков, А. Б. Температура и влажность воздуха как экологические факторы, влияющие на урожайность / А. Б. Дьяков, В. В. Гронин, А. С. Егорин // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2012. – № 1 (150). – С. 67-71.
3. Жидкова, А. Ю. Ростовская область – зона климатической уязвимости / А. Ю. Жидкова, В. А. Ковярова // Вестник Таганрогского института имени А. П. Чехова. – 2020. – № 2. – С. 124-129.
4. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022-2026 / А. И. Клименко, А. В. Гринько, А. И. Грабовец, Н. А. Коробова // М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. – Ростов н/Д., 2022. – 736 с.
5. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года: в 8 т. // Федеральная служба государственной статистики по Ростовской области (Ростовстат), 2018. – Т. 3: Число объектов Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. Земельные ресурсы и их использование. – 267 с.
6. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области / Ю. П. Хрусталёв [и др.] // Ростов н/Д.: Батайское кн. изд-во, 2002. – 184 с.
7. Назаренко, О. В. Изменение некоторых метеорологических показателей в условиях засушливой степи / О. В. Назаренко // Изв. Вузов Северо-Кавк. региона. Естеств. науки. – 2019. – № 4 (204). – С. 84-90.
8. Назаренко, О. В. Изменение увлажнения в Ростовской области за период 1966-2019 годов / О. В. Назаренко // Изв. Вузов Северо-Кавк. региона. Естеств. науки. – 2022. – № 4-2 (216-2). – С. 45-52.
9. Полуэктов, Е. В. / Е. В. Полуэктов, Е. М. Цвылев // Почвенно-земельные ресурсы Ростовской области. Учебное пособие. – Новочеркасск. НГМА, 1999. – 201 с.
10. Режим орошения сельскохозяйственных культур на юге европейской части РСФСР. Рекомендации. – Ростов н/Д: Кн. изд-во, 1986. – 64 с.
11. Школьник, И. М. Федеральные округа России: изменения климата и экономика / И. М. Школьник, Е. М. Акентьева, М. В. Клюев [и др.] // Труды Главной геофизической обсерватории им. А. Е. Воейкова. – 2022. – № 604. – С. 55-201.
12. Gudko, V. Dependen of maise yield on hidrotermal factors in varios agro-climatic zones of the Rostov region of Russia in the context of contex in the contex of climate change / V. Gudko, A. Usatov, Y. Denisenko, K. Azarin // International Journal of Biometeorology. – 2022. – Т. 66. – № 7. – С. 1462-1472.

Bibliographic list

1. Agroclimatic resources of the Rostov region / ed. Z. M. Ruseeva // Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972. – 252 p.
2. Dyakov, A. B. Temperature and humidity as environmental factors affecting productivity / A. B. Dyakov, V. V. Gronin, A. S. Egorin // Oil crops. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds. – 2012. – No. 1 (150). – Pp. 67-71.
3. Zhidkova, A. Yu. Rostov region – a zone of climatic vulnerability / A. Yu. Zhidkova, V. A. Kovyarova // Bulletin of the Taganrog Institute named after A. P. Chekhov. – 2020. – No. 2. – Pp. 124-129.
4. Zonal farming systems of the Rostov region for 2022-2026 / A. I. Klimenko, A. V. Grinko, A. I. Grabovets, N. A. Korobova // Ministry of Agriculture and Food of the Rostov Region. Rostov-on-Don, 2022. – 736 p.
5. Results of the All-Russian Agricultural Census of 2016: in 8 volumes // Federal State Statistics Service for the Rostov Region (Rostovstat), 2018. – Vol. 3: Number of objects of the All-Russian Agricultural Census of 2016. Land resources and their use. – 267 p.
6. Climate and agro-climatic resources of the Rostov region / Yu. P. Khrustalev [et al.] // Rostov-on-Don: Batai book publishing house, 2002. – 184 p.
7. Nazarenko, O. V. Change of some meteorological indicators in the conditions of arid steppe / O. V. Nazarenko // News of the universities of the North Caucasus region. Natural Sciences. – 2019. – No. 4 (204). – Pp. 84-90.
8. Nazarenko, O. V. Changes in moisture in the Rostov region for the period 1966-2019 / O. V. Nazarenko // News of the universities of the North Caucasus region. Natural Sciences. – 2022. – No. 4-2 (216-2). – Pp. 45-52.
9. Poluektov, E. V. / E. V. Poluektov, E. M. Tsvylev // Soil and land resources of the Rostov region. Tutorial. – Novocherkassk State Reclamation Academy, 1999. – 201 p.
10. Irrigation regime of agricultural crops in the south of the European part of the RSFSR: Recommendations. – Rostov on Don: Book. publishing house, 1986. – 64 p.
11. Shkolnik, I. M. Federal districts of Russia: climate change and economy / I. M. Shkolnik, E. M. Akent'eva, M. V. Klyuev [et al.] // Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after A. E. Voeikov. – 2022. – No. 604. – Pp. 55-201.
12. Gudko, V. Dependen of maise yield on hidrotermal factors in varios agro-climatic zones of the Rostov region of Russia in the context of contex in the contex of climate change / V. Gudko, A. Usatov, Y. Denisenko, K Azarin // International Journal of Biometeorology. – 2022. – Vol. 66. – No. 7. – Pp. 1462-1472.

РИА

РЕГИОНИНВЕСТАГРО
основано 2003

УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА

(восстановления из навоза)

ПОДСТИЛКИ ДЛЯ КРС

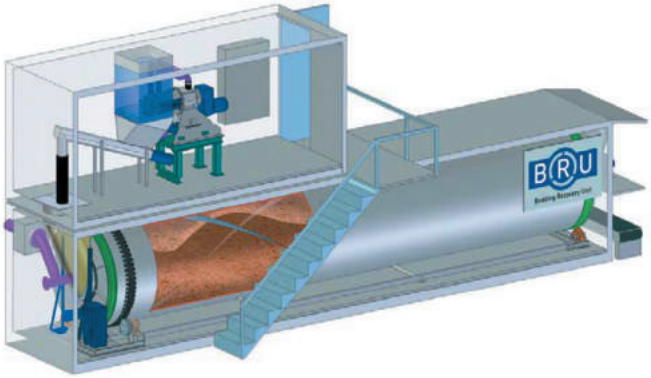
BRU (Германия)

Преимущества производства подстилочного материала из навоза установками BRU:

- Анаэробный процесс переработки навоза уменьшает содержание возбудителей мастита и способствует сохранению родной микрофлоры
- Увеличение надоев
- Экономия средств на покупку подстилочного материала
- Снижение затрат на переработку/утилизацию навоза
- Простота переработки и утилизации
- Стабильное качество подстилки

Процесс производства подстилочного материала автоматизирован и может осуществляться непрерывно 24 часа в сутки

Возможна поставка установок BRU на 1 000 и 2 000 голов КРС



Волгоград, ул. Тимирязева, 9
Тел.: +7 (8442) 41-62-83, +7 (8442) 26-04-31
www.riagro.ru
E-mail: vasilyuk@riagro.ru

Шафоат Маматкуловна ХАБИБРАХМАНОВА,
глава агрокомплекса «Авилат»

Башкортостан идёт на орошение

Агрокомплекс «Авилат» сегодня – это более 150 сотрудников, 13 тысяч тонн овощей, 25 тысяч тонн зерновых и 110 тысяч тонн технических культур в год. В составе предприятия тепличное хозяйство, сушильно-сортировальный семенной комплекс с хранилищами силосного типа, 15 тысяч гектар земель. Наше предприятие располагается в Буздякском районе Республики Башкортостан и за более чем четверть века завоевало прочные лидирующие позиции в регионе. Достижения Агрокомплекса отмечены наградами – это дипломы «Лучшее свеклосеющее хозяйство России» от Союза сахаропроизводителей России, «Золото отечественных технологий» и другие мы получили за активное продвижение отечественных технологий. За внедрение зеркальных ламп, в рамках конкурса «Золотая опора», нам присуждён диплом «Лучший потребитель энергоресурсов в регионе». В 2021 году мы стали победителями проекта «Земляки» в номинации «Сельское хозяйство».

Развитие агрокомплекса «Авилат» шло постепенно. В 1997 году была разработана первая плёночная теплица площадью 40 соток. В 2009-м получили первый урожай с открытого грунта. Через два года реализован инвестиционный проект строительства современного высокотехнологичного тепличного комплекса. В 2013 году состоялся ввод в эксплуатацию первой очереди защищённого грунта, а через пять лет было завершено строительство третьей очереди тепличного комплекса площадью 10 гектаров. Мощность завода рассчитана на переработку 33 тысяч тонн зерна, масличных и зернобобовых культур.

Сейчас мы решаем проблему повышения продуктивности земель, и с этим тесно связан проект создания оросительной системы в хозяйстве, полномасштабная реализация которого началась в 2022 году. По плану он охватит 647 гектаров. Причём здесь не только действующие угодья, но и новые, целинные, ранее не используемые. Наша задача не просто увеличить урожайность и сделать её устойчивой – хотим использовать мелиорированные площади для выращивания экономически более ценных культур. Одна из них – сахарная свёкла.

Оросительная система будет включать в себя насосную станцию, дождевальные установки, сеть водоподающих трубопроводов, трансформаторную подстанцию с системой освещения и электроснабжения. Главной составляющей этой системы стали, конечно, дождевальные установки. Все орошаемые площади оснащены дождевальными машинами австрийской фирмы «BAUER». Мы приобрели два типа установок данной марки – Centerliner 9000 и Centerstar 9000. Первая – ипподромного типа. Мы убедились в её эффективности для всех культур и полей различной конфигурации. Оптимальное использование площади достигается благодаря «умной» системе контроля и высокой мобильности даже на пересечённой местности. Centerliner 9000 обеспечивает высокое качество полива при низком энергопотреблении. Вот ещё её характеристики: обеспечение разных

Все орошаемые площади оснащены дождевальными машинами австрийской фирмы «BAUER». Мы приобрели два типа установок данной марки – Centerliner 9000 и Centerstar 9000

Установка CENTERSTAR 9000

норм полива на одном участке, энергосберегающая система низкого давления, возможность буксировки.

Широкозахватные установки кругового действия Centerstar 9000 тоже обладают целым рядом технических и экономических преимуществ. Они низконапорные, равномерность распределения дождя на поверхности достигается благодаря оснащению высокоэффективными распылителями, что тоже играет серьёзную роль в увеличении урожайности. Круговые установки оснащены системой дистанционного управления и контроля, позволяющей на удалении управлять работой каждой и при необходимости корректировать её.

Дождевальные установки мы приобретали у официального дилера фирмы «BAUER» компании «Регионинвестагро». Её специалисты в точном соответствии с техническим заданием своевременно осуществили поставку, монтаж и ввод в эксплуатацию каждой единицы техники. После запуска установок специалисты «Регионинвестагро» провели обучение операторов нашего предприятия управлению и работе. Сейчас мы не испытываем сложностей в обслуживании этих машин, все они автоматизированы. Благодаря простой и надёжной системе управления этими установками наши эксплуатационные затраты минимальны.

Сегодняшнее сельскохозяйственное высокотехнологичное производство основано на передовых технологиях и такой же технике. Так что вложения в оросительные мелиорации считаем надёжными и перспективными, будем и дальше двигаться в том же направлении, повышая конкурентоспособность агрокомплекса.

И ещё важны люди. У нас сложилась команда, в которой каждый стремится к общей цели. В этом мы видим одно из главных составляющих успеха. А цель у нас одна – обеспечение населения республики свежими, полезными и экологически чистыми продуктами, выращенными на родной земле!

Республика Башкортостан

Установка CENTERLINER 9000

Правила направления, рецензирования и опубликования научных статей в журнале «Орошаемое земледелие»

1. Редакция журнала в своей деятельности руководствуется принципами научности, объективности, профессионализма и беспристрастности, опирается на рекомендации и стандарты Committee on Publication Ethics (COPE).

2. К опубликованию принимаются статьи, соответствующие научным специальностям и отраслям науки журнала, требованиям к оформлению публикации, прошедшие проверку по всем коллекциям в системе Antiplagiat.ru (https://antiplagiat.ru/), процедуру двустороннего слепого рецензирования и получившие рекомендацию к публикации на заседании редакционной коллегии журнала. Допустимый объем цитирований (корректного правомерного заимствования) – не более 30 % от общего объема статьи.

3. Электронная версия статьи направляется в редакцию журнала по электронному адресу oz.vniioz@yandex.ru.

Требования к оформлению статей

1. Оформление статьи должно соответствовать Межгосударственным и национальным стандартам Российской Федерации по издательскому делу.

2. Количество авторов в статье – не более четырёх.

3. Объем статьи – 10-12 тыс. знаков с пробелами.

4. Структура статьи (на русском и английском языках):

4.1. УДК (http://teacode.com/online/udc/).

4.2. Заголовок (буквы прописные, шрифт полужирный).

4.3. Инициалы и фамилия, учёная степень, учёное звание, должность, электронная почта, ORCID автора(-ов).

4.4. Место работы с указанием адреса автора(-ов).

4.5. Информация о финансовой поддержке, благодарности (при наличии).

4.6. Аннотация (200-250 знаков).

4.7. Ключевые слова / Key words (не более 10).

4.8. Введение / Introduction.

4.9. Материалы и методы / Materials and Methods.

4.10. Результаты и обсуждение / Results and Discussion.

4.11. Заключение / Conclusions.

4.12. Библиографический список / Bibliographic list.

5. Статья набирается в текстовом процессоре Microsoft Word со следующими установками: формат А4, ориентация книжная, поля страницы – 2,0 см. Стиль обычный. Размер шрифта – 14 пт. Межстрочный интервал для текста и таблиц – одинарный, абзацный отступ– 1,25 см, режим выравнивания – по ширине.

6. Таблицы и рисунки (схемы, фотографии, графики) встраиваются в текст статьи и не должны выходить за поля страницы. Таблицы должны иметь заголовок, размещаемый над табличным полем, а рисунки – подрисуночные подписи. При наличии в статье нескольких таблиц или рисунков их нумерация обязательна. Формат рисунков «.jpg», разрешение рисунков не ниже 300 dpi.

7. Формулы набираются в редакторе формул Microsoft Word.

8. Библиографический список оформляется согласно ГОСТ Р 7.0.100-2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Количество источников – не менее 12, в том числе отражающие зарубежные исследования. Библиографические ссылки в тексте статьи приводятся в квадратных скобках в соответствии с библиографическим списком, составленным в алфавитном порядке. Самоцитирование не более 30 %.

9. Авторы статьи должны раскрывать любой финансовый или другой существенный конфликт интересов, который мог бы быть истолкованным как влияющий на результаты оценки их статьи. Все источники финансовой поддержки должны быть раскрыты (например, «Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов»; «Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России № …»; «Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № …»).

10. Авторы статьи должны указывать авторский вклад (например, «Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования»).

Памяти академика В. И. Петрова

2 июня 2023 года ушёл из жизни доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН Владимир Иванович Петров.

Академик В. И. Петров был видным советским и российским учёным в области агролесомелиорации, внёсшим крупный вклад в сельскохозяйственную науку и практику. Владимир Иванович в 1960 году окончил Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт, работал на Ачикулакской НИЛОС ВНИАЛМИ и в Тебердинском государственном заповеднике, а с 1976 г. заведующим отделом освоения малопродуктивных земель во ВНИАЛМИ.

Труды академика В. И. Петрова посвящены проблемам управления природно-климатическим потенциалом аридных экосистем лесомелиоративными методами. Им выполнены многолетние исследования водно-солевого режима почв в экологическом ряду сопряжённых систем «насаждение-эдасфера», сделана классификация грунтовых вод по доступности древесным растениям в зависимости от условий их залегания и химического состава, определены критерии многофакторной оценки территории для лесоаграрного освоения, разработана методика агролесомелиоративного картографирования сельскохозяйственных угодий с использованием аэрокосмической информации.

На основе многофакторной оценки агроресурсного и биоклиматического потенциалов Прикаспийского региона разработана (с коллективом) и реализована Генеральная схема борьбы с опустыниванием Чёрных земель и Кизлярских пастбищ (4,5 млн га). Разработаны концепции адаптивного лесоаграрного природопользования в аридном поясе путём комплексной мелиорации с участием агролесомелиорации и новые технологии трансформации деградирующих и опустыненных земель в агролесные, лесопастбищные, агролесопастбищные и другие адаптивные лесоаграрные ландшафты. В. И. Петров – один из авторов Национального плана действий по борьбе с опустыниванием в Калмыкии и субрегиональных национальных программ действий по борьбе с опустыниванием для Юго-востока европейской части России и Западной Сибири (94,5 млн га).

За время научно-производственной деятельности им опубликовано более 200 научных работ. Он лауреат Государственной премии СССР, заслуженный деятель науки Республики Калмыкия, награждён медалями ВДНХ.

Светлая память о Владимире Ивановиче Петрове навсегда сохранится в наших сердцах. Приносим свои соболезнования родным и близким, друзьям и коллегам Владимира Ивановича.

Коллектив ФГБНУ ВНИИОЗ

Облесение Терско-Кумского песчаного массива. Дагестан

Ученые ФНЦ агроэкологии РАН на обследовании степного участка заповедника «Чёрные земли» в Калмыкии. Бывшие песчаные массивы успешно заросли растительностью и задерновались, став эталонной территорией для сравнительного анализа в рамках борьбы с опустыниванием

Волгоград, ул. Тимирязева, 9
Тел.: +7 (8442) 41-62-83, +7 (8442) 26-04-30
www.riagro.ru, e-mail: vasilyuk@riagro.ru

РИА

РЕГИОНИНВЕСТАГРО
основано 2003

ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ И ВНЕСЕНИЯ В ПОЧВУ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

1 из коровника навозная жижа попадает в предлагуну

2 навозная жижа на сепаратор

навозная жижа на биореактор

3 созревание осветленной фракции в лагуне

внесение в почву

компост

4 твердая фракция

готовый подстилочный материал

МИКСЕРЫ
Хорошо перемешанная навозная жижа гарантирует равномерное распределение питательных веществ, а значит - оптимальный рост растений и большой урожай

СЕПАРАТОРЫ
Разделение жижи на твердую и жидкую фракции является первым шагом на пути к утилизации навоза

BRU Фильтрационно-сушильная установка
Производство (восстановление из навоза) обеззараженного подстилочного материала для КРС

ЦИСТЕРНЫ
Использование цистерн - простое решение для транспортировки и внесения ценных органических удобрений в почву

НАСОСЫ
Для перекачки навозных стоков с содержанием твердых и длинных волокнистых веществ на сельскохозяйственных фермах используют насосы со специальными мощными режущими устройствами

на правах рекламы