

ISSN 2500-0047

НАУЧНО-АГРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



SCIENTIFIC AGRONOMY
JOURNAL

1 (124) 2024



12+

ISSN 2500-0047

НАУЧНО-АГРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC AGRONOMY
JOURNAL

1 (124) 2024

Волгоград
2024

Научно-агрономический журнал

Научно-практический журнал

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)

Главный редактор: **Кулик К.Н.**, д.с.-х.н., профессор, академик РАН

Журнал с 25.05.2022 г. включен в «Перечень рецензируемых научных изданий ВАК»
по следующим научным специальностям и отраслям науки:

1.5.15. – Экология (сельскохозяйственные науки),

4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),

4.1.2. – Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки),

4.1.6. – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение,
лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

Редакционный совет:

Беляев А.И., д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
Беленков А.И., д.с.-х.н., «ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», Москва
Еремин Г.В., д.с.-х.н., академик РАН, Крымская ОСС – филиал ВИР, г. Крымск Краснодарского края
Кружилин И.П., д.с.-х.н., академик РАН, ВНИИОЗ, Волгоград
Лихацевич А.П., д.т.н., член-корреспондент НАН Беларуси, Минск
Мелихов В.В., д.с.-х.н., член-корреспондент РАН, ВНИИОЗ, Волгоград
Муқанов Б.М., д.с.-х.н., КазНИИЛХА, Республика Казахстан
Сложенкина М.И., д.б.н., член-корреспондент РАН, «Поволжский НИИММП», Волгоград
Турусов В.И., д.с.-х.н., академик РАН, «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева», Воронеж
Чекмарев П.А., д.с.-х.н., академик РАН, заместитель президента РАН, Москва

Редакционная коллегия:

Барабанов А.Т. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	Петров Н.Ю. , д.с.-х.н., ВолГАУ, Волгоград
Беляков А.М. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	Питоня А.А. , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
Борисенко И.Б. , д.т.н., ВолГАУ, Волгоград	Прянишников А.И. , д.с.-х.н., член-корреспондент РАН, АО «Щелково Агрохим», Москва
Воронина В.П. , д.с.-х.н., к.б.н., ВолГАУ, Волгоград	Рахимжанов А.Н. , к.с.-х.н., ТОО «КазНИИЛХА им. А.Н. Букейхана», Республика Казахстан
Гурова О.Н. , к.с.-х.н., Областной комитет с/х, Волгоград	Сагалаев В.А. , д.б.н., ВолГУ, Волгоград
Желтобрюхов В.Ф. , д.т.н., ВолГТУ, Волгоград	Салугин А.Н. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
Зеленев А.В. , д.с.-х.н., МСХА им.К.А.Тимирязева, Москва	Смутнев П.А. , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
Зеленская Г.М. , д.с.-х.н., Донской ГАУ, Ростовская область	Солонкин А.В. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
Иванцова Е.А. , д.с.-х.н., ВолГУ, Волгоград	Срослова Г.А. , к.б.н., ВолГУ, Волгоград
Иванченко Т.В. , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	Трещевская Э.И. , д.с.-х.н., Воронежский ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова, Воронеж
Калмыкова Е.В. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	Турчин Т.Я. , д.с.-х.н., филиал ВНИИЛМ, Ростовская область
Кошелев А.В. , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	Тютюма Н.В. , д.с.-х.н., «ПАФНЦ РАН», Астрахань
Крючков С.Н. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	Фомин С.Д. , д.т.н., ВолГАУ, Волгоград
Кулик А.К. , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	Юферев В.Г. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
Манаенков А.С. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	
Нефедьева Е.Э. , д.б.н., ВолГТУ, Волгоград	
Оконов М.М. , д.с.-х.н., КалмГУ, Республика Калмыкия	

Ответственный редактор Леонтьева Е.Е.
Перевод на английский: Хныкин А.С.

Адрес издателя и редакции: 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97
E-Mail: info@vfanc.ru <https://vfanc.ru/>

© ФНЦ агроэкологии РАН

© Научно-агрономический журнал

Регистрационный номер ПИ № ФС77-76293 от 12 июля 2019 г. присвоен Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN 2500-0047 DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.000

Печатается в копировально-множительном бюро ФНЦ агроэкологии РАН

Адрес: 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97

Тираж 500 экз. Заказ 3, подписано в печать 28 марта 2024 г. Дата выпуска 29 марта 2024 г.

Журнал выходит 4 раза в год и распространяется по адресной рассылке,
а также на выставках и ярмарках агропромышленной тематики. Цена свободная.

Подписной индекс ПР354

Издатель не несет ответственности за достоверность данных, предоставленных в опубликованных материалах.
При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна.

Scientific Agronomy Journal

Research and Practice Journal

Founder and publisher: «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»
(FSC of Agroecology RAS)

Editor-in-Chief: **Kulik K.N.**, Dr. Sci. (Agr.), Professor, Academician of RAS

In 25.05.2022, the journal was included in the List of publications of the Higher Attestation Commission
in the following specialties and fields of science:

1.5.15. – Ecology (agricultural sciences),

4.1.1. – General agriculture and crop production (agricultural sciences),

4.1.2. – Breeding, seed production and plant biotechnology (agricultural sciences),

4.1.6. – Forest science, forestry, forest cultures, agroforestry melioration, greening, forest pyrology and taxation (agricultural sciences)

Editorial Council:

Belyaev A.I., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Moscow

Belenkov A.I., Dr. Sci. (Agr.), Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R. Williams, Moscow

Eremin G.V., Dr. Sci. (Agr.), Academician of RAS, Krymsk experimental breeding station – branch of the VIR, Krymsk

Kruzhilin I.P., Dr. Sci. (Agr.), Academician of RAS, All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Likhatsevich A.P., Dr. Sci. (Eng.), Corresponding member of HAS of Belarus, Minsk

Melikhov V.V., Dr. Sci. (Agr.), Corr. member of RAS, All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Mukanov B.M., Dr. Sci. (Agr.), Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Republic of Kazakhstan

Slozhenkina M.I., Dr. Sci. (Biol.), Corresponding member of RAS, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd

Turusov V.I., Dr. Sci. (Agr.), Academician of RAS, Voronezh Federal Agrarian Research Center named after V. V. Dokuchaev, Voronezh

Chekmarev P.A., Dr. Sci. (Agr.), Academician of RAS, Deputy President of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Editorial Board:

Barabanov A.T., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd

Belyakov A.M., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd

Borisenko I.B., Dr. Sci. (Eng.), Volgograd State Agrarian University

Voronina V.P., Dr. Sci. (Agr.), Volgograd State Agrarian University

Gurova O.N., Cand. Sci. (Agr.), Committee of Agriculture, Volgograd

Zheltoobryukhov V.F., Dr. Sci. (Eng.), Volgograd State Technical University, Volgograd

Zelenev A.V., Dr. Sci. (Agr.), Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow

Zelenskaya G.M., Dr. Sci. (Agr.), Don State Agrarian University, Rostov region

Ivantsova E.A., Dr. Sci. (Agr.), Volgograd State University, Volgograd

Ivanchenko T.V., Cand. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd

Kalmykova E.V., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd

Koshelev A.V., Cand. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd

Kryuchkov S.N., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd

Kulik A.K., Cand. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd

Manayenkov A.S., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd

Nefed'eva E.E., Dr. Sci. (Biol.), Volgograd State Technical University

Okonov M.M., Dr. Sci. (Agr.), Kalmyk State University, Republik of Kalmyk

Petrov N.Yu., Dr. Sci. (Agr.), Volgograd State Agrarian University

Pitonya A.A., Cand. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd

Pryanishnikov A.I., Dr. Sci. (Agr.), RAS corr. member, JSC «Shchelkovo Agrochem» in the Moscow region, Moscow

Rakhimzhanov A.N., Cand. Sci. (Agr.), Kazakh Scientific Research Institute of Forestry and Agroforestry, Republik of Kazakhstan

Sagalayev V.A., Dr. Sci. (Biol.), Volgograd State University, Volgograd

Salugin A.N., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd

Smutnev P.A., Cand. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd

Solonkin A.V., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd

Sroslova G.A., Cand. Sci. (Biol.), Volgograd State University

Treshchevskaya E.I., Dr. Sci. (Agr.), Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.E. Morozov, Voronezh

Turchin T.Ya., Dr. Sci. (Agr.), branch of All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Rostov region

Tyutyuma N.V., Dr. Sci. (Agr.), Caspian Agrarian FSC of RAS, Astrakhan

Fomin S.D., Dr. Sci. (Eng.), Volgograd State Agrarian University

Yuferev V.G., Dr. Sci. (Agr.), FSC of Agroecology RAS, Volgograd

Managing Editor: Leontyeva E.E.

Translation into English: Khnyckin A.S.

Publisher's Address: 400062, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97

e-mail: info@vrfanc.ru <https://vrfanc.ru/>

© FSC of Agroecology RAS

© Scientific Agronomy Journal

In the registration of registers, the entry PI number FS77-76293 dated July 12, 2019.

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technologies and Mass Communications

ISSN 2500-0047

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.000

Published by FSC of Agroecology RAS

Address: 400062, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97

Circulation 500 copies. Order 3, signed to print on 28 March 2024. Date of issue 29 March 2024.

The journal is published 4 times a year and distributed through an address list and at agro-industrial exhibitions and fairs.

The price is free. Subscription index IIP354

The publisher is not responsible for the credibility of the data in the published materials.

Reprints of the materials must include a reference to the journal.

Содержание

Content

<i>Колонка редактора</i>5	<i>Editorial Column</i>5
<i>Поздравления</i>6	<i>Congratulations</i>6
А.И. Беленков. Слово об Учителе.....8	A.I. Belenkov. A Word about the Teacher.....8
 <i>Агролесомелиорация</i>	 <i>Agroforestry melioration</i>
Г.А. Сурхаев, Г.М. Сурхаева. Оценка дигрессии и потенциал реопустынивания Кизлярских пастбищ в Западном Прикаспии.....13	H.A. Surkhaev, G.M. Surkhaeva. Assessment of Digression and the Potential of Re-Establishment of Kizlyar Pastures in the Western Near-Caspian Region.....13
А.А. Алтаев, А.С. Билтуев, А.К. Уланов, С.Н. Дрегваль, Л-З.В. Будажапов, С.В. Хутакова. Почвенные и флористические индикаторы эродированных и опустыненных ландшафтов Бурятии.....19	A.A. Altaev, A.S. Biltuev, A.K. Ulanov, S.N. Dregval, L-Z.V. Budazhapov, S.V. Khutakova. Soil and Floral Indicators of Eroded and Desolate Landscapes of Republic of Buryatia.....19
О.И. Бабошко, А.А. Пузанков. Анализ хода роста и особенности состояния ясеня ланцетного в условиях сухой дубравы Ростовской области.....26	O.I. Baboshko, A.A. Puzankov. (<i>Fraxinus Lanceolata</i>) Analysis in the Dry Oak Forest of the Rostov Region Conditions.....26
И.А. Болгов, А.Н. Берденгалиева. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга понижений мезорельефа в зоне опустыненных степей.....31	I.A. Bolgov, A.N. Berdengalieva. Remote Sensing Data Using for Mesorelief Depressions Monitoring in the Desolate Steppe Zone.....31
 <i>Земледелие, растениеводство</i>	 <i>Land cultivation, crop production</i>
Н.Н. Цыбулько, В.Б. Цырибко, И.И. Жукова, И.А. Логачев. Водоустойчивость структуры дерново-подзолистых почв, подверженных водной эрозии, на разных агрофонах.....40	N.N. Tsybulka, V.B. Tsyribka, I.I. Zhukova, I.A. logachov. Water Stability of Sod-podzolic Soils Structure Subject to Water Erosion, on Different Agrophones.....40
А.И. Беленков, В.Д. Полин, В.А. Николаев. Взаимосвязь агрометеорологических условий, плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности культур полевого опыта.....48	A.I. Belenkov, V.D. Polin, V.A. Nikolaev. Interrelation of Agrometeorological Conditions, Turf-Podzolic Soil Fertility and Field Experience Crops Productivity.....48
М.И. Рокотянский, А.Н. Сарычев, О.В. Резникова, Е.К. Серединцев. Влияние гибридов, регуляторов роста и органоминеральных удобрений на формирование урожая зернового сорго.....56	M.I. Rokotyanskij, A.N. Sarychev, O.V. Reznikova, E.K. Seredintsev. The Influence of Hybrids, Growth Regulators and Organomineral Fertilizers on the Grain Sorghum Yield Formation.....56
 <i>Селекция, семеноводство</i>	 <i>Breeding, seed production</i>
Е.В. Калмыкова, А.И. Передриенко. Оценка качества семенного материала сосны Палласа в сухостепной зоне Нижнего Поволжья.....63	E.V. Kalmykova, A.I. Peredrienko. Assessment of the <i>Pinus Pallasiana</i> Seed Material Quality in the Dry Steppe Zone of the Lower Volga Region.....63

Дорогие коллеги, авторы и друзья нашего журнала!

Перед вами юбилейный выпуск!

Во-первых, 100 лет назад русский учёный Алексей Григорьевич Дояренко организовал «Научно-агрономический журнал» и, став его главным редактором, сделал журнал авторитетным не только в нашей стране, но и за рубежом. Во-вторых, 24 марта научная общественность отметила 150-летний юбилей со дня рождения основателя нашего журнала.

О профессоре Дояренко Алексее Григорьевиче, портрет которого перед вами, имеется множество воспоминаний ученых, его последователей, соратников, учеников, друзей. Да, о нём написано несколько книг, но о судьбе этого талантливого и мужественного человека можно снимать кинокартины.

На сайте журнала, в библиотеках, в интернете молодым учёным рекомендуем ознакомиться с научной биографией А.Г. Дояренко, который в 1892-1898 годы учился на двух отделениях Петербургского университета и одновременно в Петербургской консерватории, 32 года его жизни связаны с Петровской, позже с Московской сельскохозяйственной академией им. К.А. Тимирязева, здесь он начинал в качестве преподавателя и ученого-исследователя, затем был ассистентом у Прянишникова Д.Н., а с 1914 года избран профессором кафедры земледелия и руководителем при ней Опытного поля.

В 1924 году первый номер «Научно-агрономического журнала» был открыт статьей Алексея Григорьевича об использовании солнечной энергии полевыми культурами.

Этот яркий человек предложил множество оригинальных идей, которые старался доводить до практического результата, и много сделал не только для отечественной, но и для мировой сельскохозяйственной науки. Он оставил нам не только научные труды, но и ряд музыкальных произведений.

С 1930 по 1950 год на долю Алексея Григорьевича выпали тяжелые испытания, но они не сломили его, до конца жизни он участвовал в научных спорах, отстаивал свою точку зрения. Похоронен Алексей Григорьевич Дояренко на саратовском кладбище рядом с памятником его младшему другу и соратнику Николаю Ивановичу Вавилову.



Дояренко А. Г. (24.03.1874 - 09.05.1958)

Залог успешного развития науки – это преемственность идей. В юбилейном номере мы публикуем статью профессора Алексея Ивановича Беленкова о своем учителе Константине Георгиевиче Шульмейстере, который в свою очередь был учеником Алексея Григорьевича Дояренко.

Также в юбилейном номере нам приятно поздравить и наших юбиляров: доктора сельскохозяйственных наук, профессора Вениамина Михайловича Кретинина с 90-летием, кандидата географических наук Панова Валерия Ивановича с 85-летием и доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра Михайловича Белякова с 75-летием, который тоже был учеником Константина Георгиевича Шульмейстера, а затем и коллегой по педагогической работе. Сердечно поздравляем дорогих юбиляров и желаем им счастья, долголетия и реализации всех научных идей. Благодарим Вас за искреннее служение сельскохозяйственной и агролесомелиоративной науке. Успехов Вам во всех Ваших делах!

Всех же приславших поздравления в редакцию журнала благодарим и будем стараться продолжать начатое Алексеем Григорьевичем Дояренко дело популяризации российской аграрной и лесомелиоративной науки.

Главный редактор К.Н. Кулик



Уважаемые коллеги, коллектив редсовета, редколлегии и редакции нашего «Научно-агронического журнала»!

Поздравляю Вас с юбилейным выпуском и благодарю за Ваш труд по развитию и продвижению нашего научного издания! Труд этот ответственен и благороден, так как решает актуальные вопросы пропаганды и распространения новых знаний агрономической, лесомелиоративной и экологической науки.

В адрес нашего издательства и редакции поступили поздравления из Российской академии наук и других научных учреждений.

С теплыми словами поздравления обратились к нам академик, член президиума РАН Николай Николаевич Дубенок, академики Игорь Петрович Свинцов, главный научный сотрудник-консультант ФНЦ агроэкологии РАН, Виктор Александрович Шевченко, директор «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Виктор Иванович Турусов, заведующий лабораторией, главный научный сотрудник Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева, Александр Александрович Мартынюк, директор ФБУ ВНИИЛМ, Сергей Анатольевич Родин, заместитель директора ФБУ ВНИИЛМ по научной работе.



Все академики отмечают важность редакционной и издательской работы в научном журнале.

Дорогие коллеги, желаю Вам здоровья и дальнейших творческих успехов в этой неотъемлемой части российской агролесомелиоративной науки!

Александр Иванович Беляев,
директор ФНЦ агроэкологии РАН,
доктор с.-х. наук, профессор

Уважаемые коллеги, авторы и читатели нашего издания «Научно-агронический журнал»!

Несмотря на почтенный возраст, юбиляр отличается молодым и энергичным характером. Все наиболее острые проблемы, связанные с деградацией экосистем, опустыниванием, агролесомелиорацией, земледелием и агротехнологиям присутствуют в каждом номере, заинтересованно воспринимаются читателями. Журнал пользуется авторитетом у профессионалов и нацелен на серьезную перспективу развития. На его страницах находится место не только корифеям, но и молодым ученым, у которых путь в науку только начинается.

Нам всем хорошо известен тот непростой путь, который журнал преодолел за годы своего существования. И все же, несмотря ни на что, издание

продолжает жить и развиваться. Журнал стал одним из авторитетных профессиональных изданий в своей области. Это, конечно, заслуга всех сотрудников. Хочется отметить главное достижения руководства журнала – создание квалифицированного, сплоченного и доброжелательного коллектива.

Желаю не останавливаться на достигнутом, добиваться дальнейших творческих успехов, расширять круг новых интересных тем и талантливых авторов. Желаю Вам новых успехов и новых целей.

Анна Владиславовна Федотова,
зам. директора по научной работе,
доктор биол. наук, профессор



Уважаемые члены издательства, редакции, редколлегии «Научно-агронического журнала»!

Коллектив преподавателей и студентов кафедры агрономии Ярославского государственного аграрного университета поздравляет вас с юбилейным выпуском журнала, основанного выдающимся учёным Алексеем Григорьевичем Дояренко в 1924 году. Мы благодарим Вас за продолжение и развитие вклада Алексея Григорьевича в популяризацию российской агрономической науки.

Нам приятно сообщить, что на базе нашего университета 6 февраля 2024 года в преддверии Дня российской науки на агротехнологическом факультете состоялся научно-практический семинар «Научное наследие профессора Алексея Григорьевича Дояренко», посвященный 150-летию со дня рождения учёного, с именем которого связана целая эпоха в развитии ряда агрономических наук – земледелия, растениеводства, агрофизики, методики опыт-

ного дела, агрометеорологии и других.

Сегодня на кафедре агрономии преподаётся дисциплина «Методика опытного дела», и для студентов второго курса было интересно узнать, что именно А. Г. Дояренко обозначил опыт в качестве самостоятельного метода агрономического исследования, а опытное дело – самостоятельной научной дисциплиной. По его инициативе были проведены первые съезды по опытному делу в России (1901-1902 гг.). В 1907 году он начал читать приват-доцентский курс «Организация и методика опытного дела» в Петровской земледельческой и лесной академии.

В ходе проведенного семинара были заслушаны доклады студентов агротехнологического факультета об этапах жизненного пути А. Г. Дояренко и его роли в сельскохозяйственной науке и агрономической практике.



В докладах было отмечено, что он прожил долгую и богатую в творческом отношении жизнь, которую без преувеличения можно назвать научным подвигом. В ней были периоды взлета и падения, периоды славы и забвения, необоснованных репрессий и унижений. Но до конца своих дней ученый был верен своему научному призванию, что, несомненно, является ориентиром для всех тех, кто занимается наукой.

Желаем всем, кто участвует в издании «Научно-агронического журнала», творческих успехов, чтобы журнал достиг среди научных российских журналов высокого рейтинга, сравнимого с тем авторитетом, который он имел в прошлом столетии.

Сергей Владимирович Щукин,
заведующий кафедрой агрономии,
кандидат с.-х. наук, доцент



Уважаемые коллеги, коллектив редколлегии «Научно-агрономического журнала»!

Позвольте поздравить Вас со славной юбилейной датой – столетием с момента образования журнала! Важно и престижно то, что организатором и вдохновителем журнала является выдающийся российский и советский ученый, профессор Алексей Григорьевич Дояренко, 150-летие со дня рождения которого также отмечается в этом году. Долгое время Алексей Григорьевич возглавлял кафедру земледелия Московской сельскохозяйственной академии, проявив свои незаурядные способности руководителя и организатора агрономической науки, много сделавший для ее становления и развития. В 1912 году при его участии на территории полевой станции академии был заложен стационарный полевой опыт, ныне известный как Длительный полевой опыт Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, научным руководителем

которого я являлся на протяжении последних пяти лет. В 2022 году мы отмечали 110-летие организации и функционирования опыта.

Пройдя тернистый путь научной и преподавательской деятельности от ассистента до профессора, доктора сельскохозяйственных наук, не понаслышке знаю нелегкие задачи, которые решает современный научный журнал. Приветствую и поздравляю всех, кто причастен к его работе, авторов и рецензентов, редакторов и обслуживающий персонал со знаменательной датой. Позвольте пожелать дальнейшей успешной работы на благо отечественной сельскохозяйственной науки, крепкого здоровья, мира, благополучия и добра!

Алексей Иванович Беленков,
консультант НФЦ кормопроизводства и
агроэкологии имени В.Р. Вильямса,
доктор с.-х. наук, профессор

Слово об Учителе

В апреле 2025 года исполняется 130 лет со дня рождения известного ученого в области земледелия – Заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора, доктора сельскохозяйственных наук Константина Георгиевича Шульмейстера.

К.Г. Шульмейстер уроженец с. Каменка Камышинского уезда Саратовской губернии, выходец из крестьянской семьи поволжских немцев. В родном селе получил начальное образование, закончил Камышинское реальное училище. Два года учительствовал, а затем, накопив достаточную сумму денег, в 1913 году поступил на учебу в Московскую сельскохозяйственную академию на сельскохозяйственное отделение.

Учебу в академии с 1913 по 1918 годы совмещал с работой на производстве. В период полевых работ с мая по сентябрь 1914-1916 гг. работал нивелировщиком в изыскательных экспедициях, практикантом-агротехником на сельскохозяйственных опытных станциях. С января 1917 года был зачислен практикантом-стажером на селекционную станцию и в этой должности трудился до окончания академии. Работая на станции, под руководством профессора Д.Л. Рудзинского выполнил и защитил дипломную работу, имеющую земледельческий характер.

В годы учебы Константин Георгиевич охотно посещал лекции выдающихся ученых того времени: профессоров А.Г. Дояренко, Д.Н. Прянишникова, Д.Л. Рудзинского, Е.А. Богданова, В.И. Эдельштейна, Н.С. Нестерова, А.Ф. Фортунатова. Общение с известными учеными произвели неизгладимое впечатление на любознательного студента и послужили основой формирования характера будущего исследователя и неутомимого экспериментатора. После сдачи государственного экзамена в 1918 году утвержден в звании ученого агронома первого разряда.



Фото 1. Шульмейстер Константин Георгиевич (30.04.1895 – 07.01.1996), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ



Фото 2. Шульмейстер К.Г., студент Московской сельскохозяйственной академии, 1918 г.



Трудовую деятельность после окончания высшего учебного заведения К.Г. Шульмейстер начал в должности заведующего Камышинского опытного поля Саратовской губернии. Там, под руководством профессора Н.М. Тулайкова, началась многогранная научно-исследовательская деятельность будущего научного руководителя моей кандидатской диссертации.

Возглавляя работу Камышинской опытного поля, К.Г. Шульмейстер занимался изучением агротехники зерновых, пропашных и бахчевых культур, испытывались новые сорта зерновых культур саратовской селекции. В 1923 году, при участии Н.И. Вавилова, на опытном поле был организован сортоиспытательный участок, на котором изучались сорта озимой, яровой пшеницы и кукурузы. Тогда начались публикации в местной и областной печати результаты исследований, привлекая внимание научно-агронимической общественности не только региона, но и всей страны. Признавая заслуги опытного поля, в 1928 году оно было преобразовано в Камышинскую сельскохозяйственную опытную станцию, которую продолжал возглавлять К.Г. Шульмейстер.



Фото 3. Шульмейстер К.Г., директор Камышинской сельскохозяйственной опытной станции, 1930 г.

В 1931 году молодой ученый получил приглашение от руководства Саратовского сельскохозяйственного института на должность заведующего кафедрой агротехники на отделение механизации и электрификации сельского хозяйства, с 1935 года он руководит кафедрой общего земледелия, и по совместительству исполняет обязанности заместителя директора института по научной и учебной работе. Помимо этого, Константин Георгиевич в те же годы руководил группой научных работников по сухому земледелию в НИИ зернового хозяйства (ВИЗХ). В 1935 году по совокупности опубликованных работ ВАК присвоил ему ученое звание профессора по кафедре земледелия и растениеводства. Тогда же он был введен в состав экспертов ВАК по присуждению ученых степеней и званий по агрономическим специальностям.

В июле 1938 года К.Г. Шульмейстер был арестован, впоследствии осужден по клеветническому

обвинению по статье 58 УК РСФСР (антисоветская агитация и групповая террористическая деятельность против членов Правительства СССР) и приговорен к расстрелу с конфискацией имущества. В дальнейшем приговор был заменен лишением свободы сроком на 10 лет с последующим поражением в политических правах на 5 лет. После двухмесячного пребывания в камере смертников Саратовской тюрьмы осужденный был этапирован в исправительно-трудовой лагерь в Магаданскую область для отбывания незаслуженного наказания.

Вначале отбывания срока заключения будущий крупнейший ученый в области земледелия был направлен на земляные работы на оловянный прииск, но врачебная комиссия признала его, как дистрофика крайней степени, негодным к тяжелым земляным работам и отправила на сельскохозяйственные работы в подсобное хозяйство УСВИТЛ (Управление Северо-Восточным исправительно-трудовым лагерем). Здесь К.Г. Шульмейстер, находясь в заключении, проработал бригадиром полеводческой бригады из заключенных по выращиванию овощных культур до срока полной реабилитации в 1956 году. Производственную работу в бригаде сочетал, насколько это было возможно, с проведением полевых опытов по повышению урожайности полевых культур.



Фото 4. Шульмейстер К.Г., заключенный, подсобный рабочий УСВИТЛ. Магаданская область, 1950 г.

По истечении десятилетнего срока Константин Георгиевич приобрел право участвовать в научно-производственных совещаниях, выступать в печати г. Магадана со статьями по узловым вопросам северного земледелия. После семнадцати лет пребывания в Магаданской области в 1955 году К.Г. Шульмейстер был реабилитирован и окончательно оправдан в 1956 году.

После отбывания наказания он еще более года трудился в Магадане, подготовил к печати и в 1958 году опубликовал книгу «Растениеводство на Северо-Востоке», в которой были изложены научные основы северного земледелия для получения высоких и устойчивых урожаев овощных и кормовых культур с использованием 16-летнего опыта работы.



В 1957 году К.Г. Шульмейстер соединился со своей семьей (женой и двумя дочерьми) после почти двадцатилетнего вынужденного перерыва. В 1958 году ему была предложена должность заведующего кафедрой общего земледелия Красноярского СХИ. По окончании двухлетнего пребывания в Восточной Сибири возник вопрос о перемене места жительства.

В 1960 году Константин Георгиевич был избран по конкурсу профессором кафедры общего и орошаемого земледелия Волгоградского сельскохозяйственного института, в котором он с 1 сентября этого года и до последнего дня жизни, 7 января 1996 года, беспрерывно проработал в течение более 35-летнего периода активной, насыщенной и весьма полезной жизни вначале профессором, с 1977 г. профессором-консультантом кафедры общего и орошаемого земледелия Волгоградского СХИ (позже Волгоградской ГСХА, ныне Волгоградский ГАУ). К.Г. Шульмейстер читал лекции по земледелию и методике полевого опыта, лекции на факультете повышения квалификации преподавателей сельхозтехникумов, имел аспирантов, около 50 раз выступал в качестве официального оппонента на защитах докторских и кандидатских диссертаций в ученых советах различных сельскохозяйственных вузов. В 1964 г. К.Г. Шульмейстер защитил докторскую диссертацию на тему «Вопросы сухого земледелия в зоне каштановых почв Нижнего Поволжья». В 1965 г. был введен в состав секции земледелия ВАСХНИЛ. С 1965 по 1976 гг. был экспертом ВАК по кандидатским и докторским диссертациям в области сельскохозяйственных наук. Он принимал активное участие в агрономической жизни Волгоградской области: разрабатывал рекомендации по проведению полевых работ в колхозах и совхозах, периодически выезжал в хозяйства области. Неоднократно направлял докладные записки в обком и облисполком по актуальным вопросам сельского хозяйства. В 1966 г. Константин Георгиевич был награжден орденом «Знак почета», а в 1977 г. – орденом Трудового Красного Знамени. В 1977 г., в возрасте 82 лет, перешел на положение профессора-консультанта при кафедре общего и орошаемого земледелия, продолжая научную деятельность.

Мысленно охватывая более, чем вековой жизненный путь этого замечательного человека, невольно приходишь к выводу, что его судьба является ярким воплощением, несомненно, великого и одновременно сложного и трагичного периода в истории нашей страны прошлого столетия. Самыми важными и показательными моментами и условиями, позволившим нашим людям выполнить гигантскую созидательную работу и преодолеть невероятные трудности военного и мирного времени XX века является принадлежность к великому российскому и советскому народу, которому присущи патриотизм, воля и жизнелюбие. В этом кроются главные причины негибкого характера нашего народа в целом и каждого человека в отдельности.

Вызывая в памяти воспоминания о К.Г. Шульмейстере, общении с ним, по прохождении все большего периода времени, все более убеждаюсь, что это был незаурядный человек, которого можно и следует поставить в один ряд с выдающимися учеными и гениальными людьми отечественной науки.

Прежде всего, поражала его неумемная энергия и тяга к познанию, жизненный оптимизм и природная интеллигентность, морально-нравственная устойчивость и принципиальность. Это был лидер по натуре, призванию, отношению к жизни. Таким он оставался до последних дней.



Фото 5. Шульмейстер К.Г. за рабочим столом в кабинете кафедры общего и орошаемого земледелия, 1990 г.

Следует сказать, что последнее мое общение с Константином Георгиевичем произошло по телефону. Он позвонил мне домой 31 декабря 1995 года, поздравил с Новым годом, пожелал здоровья, успехов, счастья мне и моим близким, как обычно, расспросил о работе, семье, поинтересовался, какую научную литературу читаю, каковы дальнейшие планы. Это было наше обычное общение двух коллег, старшего и младшего товарищей, учителя и ученика. Я взаимно поздравил Учителя с праздником, не подозревая, что это был наш последний разговор. Через неделю его не стало.

По поводу празднования столетия со дня рождения стоит сказать особо. 29 апреля 1995 года в кругу многочисленных коллег, учеников, гостей, близких друзей и родных праздновал столетний юбилей профессор К.Г. Шульмейстер, известный ученый, патриарх отечественного земледелия, убеленный сединами мудрости и жизненных невзгод. Это было фантастично и труднодоступно для понимания и осмысления. Здесь важен не только факт редкого для нашей страны долголетия, но и то, что вековой юбилей отмечал замечательный и удивительный человек, навсегда оставивший глубокий след в наших сердцах и судьбах! Константин Георгиевич был, как всегда, безукоризнен: спокоен, доброжелателен, вежлив, аккуратен, светился внутренней добротой и чистотой, очередной раз поражая окружающих ясностью и четкостью мыслей, абсолютной памятью на прошлые события.



Фото 6. Празднование 100-летнего юбилея выдающегося ученого. Слева К.Г. Шульмейстер, посередине ректор Волгоградской ГСХА А.М. Гаврилов, справа представитель Департамента высшего и среднего образования РФ, 1995 г.

Свой жизненный путь в науке ученый представил в предисловии к собранию сочинений такими словами: «Оценивая пережитое, свой нелегкий путь в науку, прихожу к выводу: да, к своему несчастью, я принадлежу к той категории интеллигенции, которой довелось испытать все виды репрессий сталинского режима. Еще более горькая участь постигла моих учителей Н.И. Вавилова, А.Г. Дояренко, Н.М. Тулайкова, Р.Э. Давида, Г.К. Мейстера. И тем не менее я благодарен судьбе, которая подарила мне счастье работать с такими людьми, ставшими моими учителями и помогшими мне добиться своей цели». О К.Г. Шульмейстере написано и сказано немало его соратниками, учениками, близко знакомыми. Писать о Константине Георгиевиче не просто, но и одновременно достаточно легко. Трудно, потому что есть опасение очередной раз повторить избитые, трафаретные фразы, мысли и суждения. Легко, в силу того, что всегда есть потребность еще и еще раз высказать в его адрес слова благодарности и восхищения. Замечу, что Константин Георгиевич отличался скромностью и доброжелательностью. Он не любил лести, словословия. К окружающим, независимо от возраста, занимаемой должности и общественного статуса, относился искренне и уважительно, всегда общался на равных. Вспоминаю случай, когда на одном из его чествований по случаю столетнего юбилея, проректор Волгоградской госсельхозакадемии выразил сожаление, что заслуги ученого недостаточно полно и объективно оценены, по крайней мере, звание академика или член-корреспондента РАСХН он вполне достоин и заслужил. На что Константин Георгиевич без всякого самолюбования и внешней рисовки заметил: «Я вполне доволен тем, что есть. Самое главное, что я всегда окружен близкими товарищами и единомышленниками, с которыми мне хочется делиться своим опытом и знаниями. Они понимают и поддерживают меня, дают новый жизненный импульс, я ощущаю свою полезность для людей, несмотря на преклонный возраст».

Интересными представляются воспоминания К.Г. Шульмейстера о своих учителях и наставниках, особенно впечатляли разговоры о Николае Ивановиче Вавилове. Об этом ученом с мировым именем Константин Георгиевич отзывался всегда тепло и трепетно, подчеркивая, прежде всего, незаурядные человеческие качества Н.И. Вавилова, с которым он тесно общался не только в рабочей, но и домашней обстановке.

Несомненно, то, что Константин Георгиевич учился у таких людей, а также работал вместе с ними, отложило отпечаток на его воспитание и становление как большого, маститого научного работника, перенявшего у своих учителей лучшие качества отечественного ученого-интеллекта.

Поражали лекции по актуальным вопросам земледелия и выступления с воспоминаниями, с которыми часто приходил К.Г. Шульмейстер в молодежную аудиторию аспирантов и соискателей на различные семинары, конференции, собрания. Это было классическое, профессионально отточенное изложение материала, логично выстроенное, насыщенное примерами из практики.

Основное направление научной работы: К.Г. Шульмейстера отражено в названии главного труда его жизни – монографии «Борьба с засухой и урожаем», изданной в 1975, дополненной и переизданной в 1989 году. Здесь и в подобных работах ученый анализирует многолетний опыт ведения сельскохозяйственного производства в засушливых регионах страны. Он являлся одним из разработчиков и участников составления систем земледелия для засушливых областей Поволжья, Урала и Северного Казахстана. Эти системы действуют до сей поры. Значителен его вклад в совершенствование структуры посевных площадей и построение полевых, кормовых и специальных севооборотов. Особое значение К.Г. Шульмейстер придавал агротехнической роли чистых паров в накоплении и сохранении почвенной влаги. Он настаивал на достаточно высоком удельном весе чистых паров в полевых севооборотах (достигающих 20-25 процентов), за что неоднократно подвергался критике, особенно со стороны руководящих государственных и партийных чиновников. Большое внимание Константин Георгиевич уделял правильным системам основной, предпосевной и послепосевной обработки почвы, уходу за парами. Велика его заслуга в решении вопросов сохранения и повышения плодородия зональных почв за счет принципов биологизации и экологизации земледелия. Особую заботу ученого вызывала проблема защиты почв от водной и ветровой эрозии. Он явился одним из инициаторов внедрения в Поволжье почвозащитной системы земледелия с использованием безотвальных обработок, расширением применения кулисных паров, обустройством территории в плане создания и эффективного использования сети лесных полос, отвода избытка влаги на склоновых землях, расширения посева многолетних трав. К.Г. Шульмейстер всегда был



заинтересован в увеличении ассортимента выращиваемых полевых культур, выведении засухоустойчивых сортов и гибридов. Многие положения и выводы, вытекающие из научного наследия К.Г. Шульмейстера, были и остаются востребованными, по некоторым моментам он опередил время и предвосхитил развитие событий.

Неизгладимое впечатление на многих из нас производило личное, близкое общение с Учителем. Он часто и подолгу беседовал со своими аспирантами и соискателями. Такое общение проходило на работе, когда Константин Георгиевич, будучи профессором-консультантом кафедры общего и орошаемого земледелия, приходил в ВУЗ. Иногда он приглашал к себе домой, многие из нас посещали его квартиру, в которой он проживал вместе с младшей дочерью, Маргаритой Константиновной. Эти встречи были насыщенными и запоминающимися, поскольку каждое общение обогащало новыми знаниями, неизгладимыми впечатлениями, настраивали на активную работу. Особенно важное внимание К.Г. Шульмейстер уделял воспитанию у учеников необходимости постоянного прочтения и изучения научной литературы. Он рекомендовал целый перечень источников, где были работы классиков земледелия, современные источники, периодические: журналы, газеты, научные сборники.

Хочу особо подчеркнуть вдохновенное, возвышенное отношение Константина Георгиевича к книгам. Он часто повторял: «Чем больше я живу, тем больше убеждаюсь, как мало я знаю. Поэтому решил для себя и советую другим постоянно работать с литературой, узнавать новое, неизведанное, вести конспекты прочитанного». Любовь к книге он старался передать своим коллегам и ученикам. Мы часто обсуждали прочитанные публикации. Ученый спрашивал мнение о содержании, делился своими впечатлениями, пояснял и дополнял смысл прочитанного.

К.Г. Шульмейстер был заботливым и чутким наставником, отличался завидной выдержкой и корректностью. Но вместе с тем мог строго спросить и открыто выразить свое неудовольствие. Надо сказать, что я старался быть дисциплинированным и ответственным учеником, чтобы не волновать и не расстраивать Учителя. Тем не менее несколько случаев, когда он был мною недоволен, припоминаю.

Однажды я, молодой соискатель, написал весьма объемную научную статью, ее отпечатали, и этот вариант я принес показать руководителю. Константин Георгиевич прочитал и забраковал ее по содержанию и форме изложения. Неудовольно сказал, чтобы я написал статью заново. Скажу честно, переписывать работу и печатать новый вариант не было ни желания, ни времени. Ссылаясь на преподавательскую занятость, я предложил не переделывать статью, а только частично подкорректировать, не меняя сути в целом. На что научный руководитель сказал фразу, прочно засевшую в моей памяти: «Лев Толстой переписывал свою «Анну Каренину» пять раз, мне приходилось ис-

правлять свои работы по семь-восемь раз, поскольку я пигмей перед Толстым, который, несомненно, является общепризнанным гением». Я рассмеялся и ответил: «Следуя Вашей логике, мне надо исправлять свои работы до десяти и более раз, так как чувствую себя пигмеем перед Вами!» Так, мы, шутя, разрешили этот вопрос, и следующий вариант статьи был принят и одобрен. Этот эпизод и подобные ему свидетельствуют, что Константину Георгиевичу не были чужды незатейливый юмор, простота и скромность в общении. Это подкупало и настраивало на откровенные беседы и полезные встречи

Чем далее уходят годы совместной работы с К.Г. Шульмейстером, тем больше убеждаюсь, что, действительно, нам, близко знавшим его, посчастливилось и повезло. Поскольку в один ряд с ним по мировоззренческим, нравственным, профессиональным качествам, трудно кого-либо поставить. Не побоюсь высокопарности, Учитель был гениален всегда и во всем. Мы высоко ценили и искренне любили этого человека!

Профессор К.Г. Шульмейстер оставил достойное и солидное научное «наследство». Им опубликовано около 200 печатных работ, в т. ч. 7 книг и 8 брошюр. Константин Георгиевич подготовил более 30 кандидатов наук, он был консультантом по трем докторским диссертациям.

Константин Георгиевич был внимательным, чутким и заботливым мужем, отцом, дедушкой и прадедушкой, его любили и уважали члены большой и дружной династии, проживавшие в разных уголках нашей страны.

В память о К.Г. Шульмейстере в г. Волгограде установлена мемориальная доска на доме, в котором в последние годы проживал ученый, в его честь оборудована и функционирует учебная аудитория на кафедре земледелия и агрохимии ВолгГАУ, лучшие студенты награждаются именной стипендией имени К.Г. Шульмейстера. Книга «Борьба с засухой и урожай» является настольным пособием многих научных работников и практиков с.х. производства, поскольку является плодом и результатом многолетних исследований автора, обобщения передового опыта различных учреждений.

Завершая воспоминания о Константине Георгиевиче Шульмейстере, скажу, что я горжусь тем, что являюсь одним из его учеников, продолжать и развивать его идеи и дела считаю необходимым. Часто вспоминаю большого ученого, мысленно обращаюсь к нему, ощущаю его незримую поддержку доброго, мудрого наставника и советчика.

После двадцати пяти лет непрерывной работы в Волгоградском СХИ (позже Волгоградской ГСХА, ныне Волгоградском ГАУ), я пятнадцать лет трудился профессором кафедры земледелия и МОД РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. Выпускником этого высшего учебного заведения являлся Константин Георгиевич Шульмейстер, навсегда оставивший след в жизни и судьбах большого количества коллег и учеников.

А.И. Беленков

4.1.6. – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

УДК 631.445.52

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.001.13-18

Оценка дигрессии и потенциал реопустынивания Кизлярских пастбищ в Западном Прикаспии

Гасан Абдулкадирович Сурхаев✉, к.с-х.н., в.н.с., e-mail: gasan2255@mail.ru,
ORCID: 0000-0002-6579-0918

Гульнара Магомедовна Сурхаева, н.с., ORCID: 0000-0003-4440-6371

Северо-Кавказский филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (СК Ф ФНЦ агроэкологии РАН),
e-mail: Achikylak356890@mail.ru, 356890, ул. Пролетарская 10, Ачикулак, Россия

Аннотация. Кизлярские пастбища – это обширная часть Западного Прикаспия, куда входят степные и полупустынные ландшафты юго-востока Ставрополя и северо-запада Дагестана. Их фитоценозы издавна используют в отгонном и оседлом животноводстве аридного региона, где засушливость климата и пастбищная перегрузка скота являются причиной деградации угодий, сопровождающейся сокращением их проективного покрытия, видового состава и кормоемкости. Цель работы – оценка фитоэкологического и биопродуктивного состояния природных кормовых угодий в условиях усиления антропогенной дигрессии и проявления обратного ей по направленности процесса локальной демутации опустыненных пастбищных экосистем. Полученные результаты НИР в ходе многолетнего (2003-2020 гг.) мониторинга состояния кормовых биоценозов, по данным 12 постоянных площадок, приуроченных к животноводческим комплексам и другим узловым пунктам в степи, и 37 временных ключевых площадок (для расширения базы данных) на Кизлярских пастбищах, в пограничных районах Ставрополя (юго-восток) и Дагестана (северо-запад), с охватом значительной их площади, позволили экстраполировать их эколого-продуктивное и фитоценотическое состояние на почти 400 тыс. га природных и около 15 тыс. га мелиорированных пастбищных угодий. Новизной является блок исследований о проявлении локальной демутации (реопустынивания) деградированных фитоценозов в ходе формирования моновидовой синусии ценного злакового растения свиного пальчатого на деградированных участках пастбищ. Итоги работы имеют важность для современной оценки пастбищной дигрессии и решения актуальной проблемы фитомелиоративной трансформации опустыненных фитоценозов в кормоустойчивые угодья аридного региона.

Ключевые слова: дигрессия, пастбище, экосистема, растительность, деградация, фитоценоз, свиной пальчатый.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания №0713-2019-0002 «Разработать научные основы, новые методы, модели и технологии эффективного лесомелиоративного освоения и многоцелевого использования низкопродуктивных и деградированных земель засушливой зоны Российской Федерации».

Цитирование. Сурхаев Г.А., Сурхаева Г.М. Оценка дигрессии и потенциал реопустынивания Кизлярских пастбищ в Западном Прикаспии // Научно-агрономический журнал. 2024. 1(124). С. 13-18. DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.001.13-18

Поступила в редакцию: 26.01.2024

Принята к печати: 06.03.2024

Введение. Природные фитоценозы Западного Прикаспия – это основа ведения пастбищного овцеводства в полупустынных районах Ставрополя, Калмыкии, Чечни и Дагестана [15] (рисунок 1).

Климат региона умеренно-континентальный с высокой теплообеспеченностью территории (среднегодовая температура 12,4°C), почвы на большей части слабо гумусированные, легкого механического состава (песчаные, супесчаные) с большой вариабельностью засоления (0,3-1,8%), где близко залегают (2-10 м) несильно минерализованные (1-12 г) и поэтому вполне доступные ксерофитным культурам-интродуцентам грунтовые воды для формирования зоозащитных насаждений [10].

Продолжающийся бессистемный выпас скота и нарастающая аридизация климата территории

остаются неизменными факторами усиления деградации и падения кормовой емкости пастбищных угодий региона [2; 3]. В составе фитоценозов преобладают полынно-злаковые, полынно-ковыльные, полынно-эфемеровые и другие ассоциации растений полупустынных песчаных ландшафтов [1].

По данным мониторинга, за последние десятилетия опустынивание сопровождается обратным процессом локальной демутации деградированных пастбищных фитоценозов в ходе одновидовой синусии злаковым растением свиноем пальчатым [9].

Цель работы – выявить многолетнюю динамику дигрессии на обширной части естественных кормовых угодий Западного Прикаспия – Кизлярских пастбищах – по данным систематического зондирования их фитоценотического и биопродуктивного состояния.



Рисунок 1. Участок Кизлярских пастбищ в Нефтекумском районе (юго-восток Ставрополя)

Материалы и методы. Работа выполнена в ходе многолетнего (2003-2020 гг.) мониторинга эколого-продуктивного состояния природных и мелиорированных пастбищных экосистем Западного Прикаспия (территория Нефтекумского района Ставрополя и Тарумовского, Ногайского районов Дагестана) с использованием типовых методических разработок изучения состояния выпасных угодий [4; 13]. Результаты получены на основе анализа полевого материала геоботанических, почвенных и фитомелиоративных исследований естественных и искусственных фитоценозов по данным 12 постоянных площадок (по 10-12 га), приуроченных к животноводческим комплексам и другим узловым пунктам в степи, и 37 временных мониторинговых площадок (по 300-600 м²) на участках Кизлярских пастбищ (районы северо-запада Дагестана и юго-востока Ставрополя). Также проведена оценка проективного покрытия, и уровня продуктивности кормовых угодий, роста и развития дифференцированных на хозяйственно-экологические группы растений (кормовые, лекарственные, рудеральные, ядовитые и др.) пастбищного травостоя. Оценка питательного состава пастбищного корма выполнена по данным анализа агрохимической станции (г. Буденновск, Ставропольский край).

Результаты и обсуждение. Засушливость климата, низкое плодородие и засоленность почв в сочетании с их высокой податливостью к дефляции – основные природные факторы, способствующие деградации аридных пастбищ региона [5; 7]. Еще более усугубляют оценку их экологического и продуктивного состояния процессы, связанные с неурегулированной пастбой скота и распашкой хрупких угодий, которые с середины прошлого века обрели заметно усиливающиеся темпы разрушения хозяйственно-ценных кормовых фитоценозов на обширной части Прикаспийской низменности [8; 11].

Так, если до 1959 года на песчаных почвах региона Черных земель негативными процессами дигрессии было затронуто лишь 3,5 % всех пастбищ, а спустя менее 15 лет, в 1972 году, опустыниванием охвачено уже более 37 % угодий, то последующее лавинообразное ее ускорение в течение 10-12 лет приводит к настоящему экологическому бедствию из-за катастрофического оголения скотом песчаных пастбищ вследствие многократного превышения нормы выпаса овец на экологически хрупких фитоценозах песчаных почв региона [6; 12].

С начала нынешнего века прогрессирующее ухудшение эколого-продуктивного состояния естественных фитоценозов в другом полупустынном районе Западного Прикаспия – Кизлярских пастбищах, по данным мониторинговых исследований, протекает по схожему сценарию: неудержимое возрастание нагрузки овец сопровождается быстрым сокращением биоценотического состава и кормовой массы угодий. А в сравнении с ними фитомелиорированные участки угодий, напротив, характеризуются высокой флористической насыщенностью кормовых видов растений и урожайной массой травостоя (таблица 1).

Установлено, что в опустыненных пастбищных экосистемах мониторинга, на участках со слабой и средней степенью деградации пастбищ, продуктивность и биоразнообразие фитоценологических структур не столь разрушительны, как при сильном и очень сильном ее проявлении, когда из-за экзогенной сукцессии происходит глубокая негативная трансформация пастбищных фитоценозов с преобладанием малоценных терофитов и слабо поедаемых сегетальных и рудеральных групп растений (рисунок 2).

Дигрессия угодий сопровождается не только заметным спадом фитомассы, но и существенным снижением питательной ценности пастбищного корма (таблица 2).

Таблица 1. Мониторинговая оценка деградации пастбищных угодий в полупустынных районах Ставрополья и Дагестана (2001-2020 гг.)

Локализация мониторинговой площадки	Площадь, га	*Тип пастбищных угодий	Степень дигрессии	Проективное покрытие, %	Флористическая насыщенность видов(шт) на 100 м ²		Фитомасса, ц/га	
					всего	всего из них кормов	всего	в т.ч. кормо вая
Ачикулакская НИЛОС (ю-в Ставрополья)	840,0	МП	-	100,0	51,0	47,0	27,8	23,4
Закумский СПК (ю-в Ставрополья)	320,0	МП	-	100,0	32,0	27,0	18,1	15,3
Махмудский СПК (ю-в Ставрополья)	620,0	ПП	средняя	65,0	14,0	11,0	12,3	8,7
Ачикулакский СПК (ю-в Ставрополья)	302,0	МП	-	100,0	43,0	37,0	22,7	20,7
Каясулинское ОПХ (ю-в Ставрополья)	240,0	МП	-	100,0	39,0	36,0	19,3	17,6
Нефтекумский СПК (ю-в Ставрополья)	230,0	ПП	сильная	45,0	8,0	5,0	3,4	1,9
Русский хутор (с-з Дагестана)	160,0	ПП	сильная	40,0	6,0	3,0	3,6	2,1
Нурово СХП (с-з Дагестана)	140,0	ПП	средняя	70,0	13,0	9,0	7,3	5,5
Димитровский СХП (с-з Дагестана)	120,0	ПП	средняя	60,0	11,0	7,0	8,1	4,7
Кочубеевская ЛМС(с-з Дагестана)	210,0	ПП	сильная	45,0	5,0	3,0	4,6	2,8
Газпром СМГ (с-з Дагестана)	150,0	ПП	слабая	85,0	19,0	16,0	11,8	8,2
Карагас СХП (с-з Дагестана)	200,0	ПП	средняя	80,0	16,0	14,0	7,8	6,5

*ПП – природное пастбище. МП – мелиорированное пастбище.

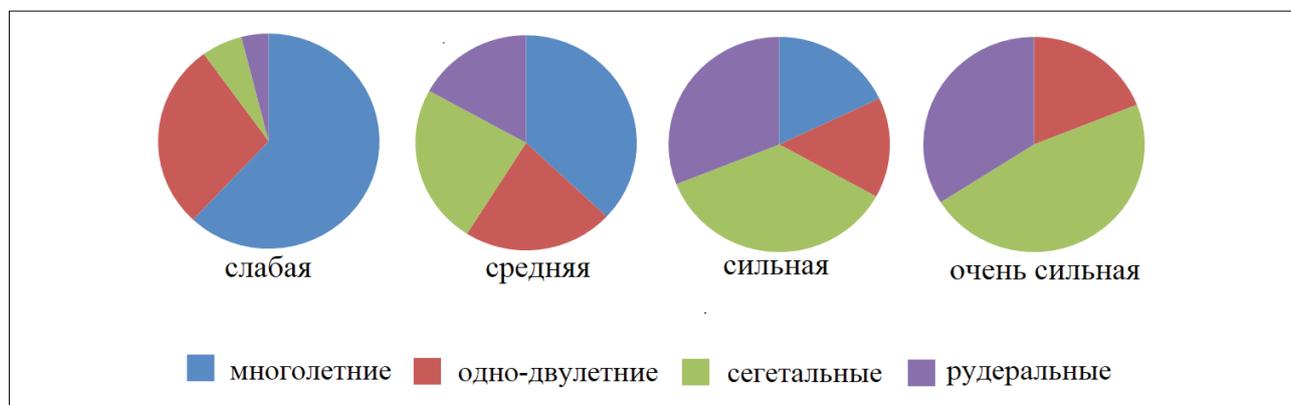


Рисунок. Изменение структуры пастбищных фитоценозов под влиянием деградации

Таблица 2. Зависимость качества пастбищного корма от степени дигрессии угодий

Степень деградации пастбищ	Мониторинговая площадка	Питательный состав фитомассы деградированных угодий, кг				
		*ЭПК мдж	протеин, г	макроэлементы, г		
				Са	Р	К
Слабая	Газпром	7,8	41,1	9,3	4,6	10,4
Средняя	Нурово	3,3	13,8	3,9	2,4	4,8
Сильная	Нефтекумская	1,2	3,2	1,3	0,7	1,5
Очень сильная	Русский хутор	-	-	-	-	-
Контроль (МП)	Ачикулакская НИЛОС	11,2	52,3	11,7	6,1	12,1

*ЭПК – энергетическая питательность корма

В то же время, по данным мониторинга, в последние два десятилетия на деградированных пастбищных фитоценозах в ходе демулационной сукцессии наблюдается процесс локального формирования моно-синузиальных сообществ свиной пальчатого – ценного злака кормовых угодий – на низкоплодородных песчаных почвах территории юго-востока Ставрополья и северо-запада Дагестана. Моновидовое самовосстановление пастбищ, вероятно, связано с ускоренным потеплением климата региона в это время, когда растения свиной пальчатого с поверхностной корневой системой, в отсутствие для него критически морозных температур, стали легко перезимовать и размножаться, осваивая опустыненные участки пастбищ. Сейчас в разных районах Кизлярских пастбищ с песчаными почвами выявлено множество плотных кулиг свиной пальчатого, площадью от нескольких до десятков сотен и более гектаров в Нефтекумском и Левокумском районах юго-востока Ставрополья и в северо-западной части Дагестана (Ногайский и Тарумовский районы).

По предварительным данным, площадь самовосстановления пастбищ свиной пальчатой в структуре исследованных кормовых угодий на песках составляет 7-9 %, а сам демулационный процесс продвигается темпами ежегодного расширения синузий на 0,5-1,5 % от общей территории выпасных фитоценозов.

Выявленное доминирование свиной пальчатой (*Cynodon dactylon* L) в демулации деградированных пастбищ региона можно объяснить и биологической особенностью уникального по засухоустойчивости и толерантности к эдафическим условиям растения семейства мятликовых, корневая система которого проникает вглубь почвы на 1,5-2,0 м и более, образуя подземные стебли с вегетативными почками, а основная масса побегов локализуется совсем близко к поверхности (10-20

см), а семена способны длительно (до 10 лет) сохранять жизнеспособность и прорасти в песке с небольшой глубиной (2-3см) [14].

В Западном Прикаспии на орошаемых землях свиной пальчатый характеризуется как злостный сорняк, а на богарных пастбищах он служит ценным кормовым растением. Здесь, по наблюдениям, он обладает высоким потенциалом устойчивости к выбиванию и вытаптыванию овцами и способностью к ускоренной регенерации побегов на выпасных угодьях. На песчаных почвах юго-востока Ставрополья за весенне-летний период вегетации злакового травостоя, по данным имитационного стравливания, общая кормовая масса по трем разновременным срокам летнего среза кормового яруса растений за сезонный период может достигать до 60 ц/га зеленой массы, с кульминацией прироста в самом жарком месяце – июле (таб-лица 3).

Установлено, что на участках пастбищ с доминированием свиной пальчатой, вследствие неурегулированной, неумеренной пастыбы скота, происходит чрезмерное стравливание овцами надземных побегов растений вплоть до почвы, что в значительной мере сдерживает процесс отрастания кормовой фитомассы до оптимальной пастбищной спелости (10-12 см). И поэтому соблюсти необходимый уровень регенерации кормового злака представляется возможным лишь в условиях организации загоночной системы эксплуатации пастбищ.

По данным мониторинга, свиной пальчатый в фитомелиорации аридных угодий региона имеет широкую перспективу в целях обеспечения животных достаточно питательным сочным подножным кормом в кризисный летний выпасной период, когда степная растительность под летним зноем почти полностью выгорает. Наблюдаемая эдификация природных деградированных пастбищ с его участием оценивается положительным фактором естественного восстановления оголенных участков угодий в ходе активного размножения злако-

Таблица 3. Динамика сезонного роста надземной и корневой массы свиной пальчатой на Кизлярских пастбищах (юго-восток Ставрополья)

Прирост яруса и фитомассы растений по срокам имитационного стравливания						Длина и масса корней, 1м ²				Всего	
21.06		23.07		02.09		диаметр, мм					
см	ц/га	см	га	см	ц/га	0,1- 0,9	< 0,1	м	кг	М	г
14,3	18,1	12,1	24,7	9,7	16,3	53,6	1,46	165,8	0,16	219,4	1,62

Таблица 4. Эффективность различных моделей фитомелиорации Кизлярских пастбищ на юго-востоке Ставрополья

Модель мелиорации пастбищ	Объект мониторинга	Ярусность фитоценоза	Площадь, га	Фитомасса, ц/га	
				всего	в т.ч.корм.
Поверхностное улучшение	участок «Гермес» (СПК Закумский)	однорусный (травы)	307,0	9,0	7,0
Коренное восстановление	участок «203га» (СПК Ачикулакский)	двурусный (деревья, травы)	203,0	13,0	11,0
Комплексная трансформация	участок «Бажиган» (Ачикулакская НИЛОС)	многоярусный (деревья, кустарники, кустарнички, травы)	620,0	21,0	19,0
Контроль (деградированное пастбище)	участок «ОПХ» «ОАО Каясулинское»	однорусный (травы)	240,0	5,0	3,0

вых растений на песчаных почвах и сопровождается заметным увеличением проективного покрытия формируемых моноценозов.

Но несмотря на бесспорный положительный эффект хаотичной демуляции деградированных участков пастбищ корневищным злаком, процесс естественной реставрации фитопродуктивного потенциала кормовых угодий не может сравниться с потенциалом фитомелиорации, реализуемой в управляемых моделях их реабилитации, с возможностью привлечения широкого ассортимента хозяйственно-ценных растений-мелиорантов (деревья, кустарники, травы), обладающих высокой устойчивостью и долговечностью в биологической трансформации низкопродуктивных аридных земель региона (таблица 4).

Заключение. 1. Результаты мониторинговых исследований позволили комплексно оценить фитозоологический потенциал природных и мелиорированных участков Кизлярских пастбищ в зоне активного ведения степного животноводства Западного Прикаспия.

2. По данным многолетнего мониторинга, наряду с негативной антропогенной дигрессией кормовых фитоценозов происходит и обратный ей процесс их демуляции с участием ценного кормового злака свиного пальчатого в формировании локальных участков самовосстановления природных пастбищ.

3. Установлено, что синантропизация природных кормовых угодий полупустынных ландшафтов с доминированием ценного корневищного злака свиного пальчатого наблюдается преимущественно на песчаных участках со средней и сильной степенью дигрессии в ходе инспермации в очагах деградации, с образованием плотных колоний растения, в ходе полного вытеснения из покрова других видов растений.

4. Сейчас набирающий силу процесс вторичной восстановительной экологической сукцессии свиного пальчатого на Кизлярских пастбищах характеризуется значительным потенциалом реопустынивания (самовосстановления) кормовых фитоценозов аридного региона.

Литература / References:

1. Воронина В.П., Литвинов Е.А., Калмыков СИ. Биоэкологическая оценка аридных лесопастбищ // Вестник Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. 2008. №3. С.13-17. EDN: IRPCON
2. Воронина В.П. Оценка продуктивности пастбищных фитоценозов Северо-Западного Прикаспия // Научный

вестник. Агрономия. ВГСХА. Вып. 4, 2004. С. 7-11.

3. Гасанов Г.У., Бугаева З.З. Природные кормовые угодья, их состояние и меры по улучшению // Система ведения агропромышленного производства в Дагестане. Махачкала. 1997. №3. С. 212-223.

4. Зотов А.А., Шамсутдинов Н.З., Хамидов А.А., Шамсутдинов З.Ш., Орловский Н.С. Методы комплексной оценки природных пастбищных экосистем // Аридные экосистемы. 2009. Т.15. № 2(38). С.39-51. EDN: KNXXPZ

5. Залибеков З.Г., Асгерова Д.Б., Мусалаева П.Д., Залибекова М.З. Антропогенная динамика аридных почв под естественной растительностью // Труды института геологии Дагестанского НЦ РАН. 2021. № 1(84). С. 81-90. DOI: 10.33580/2541-9684-2020-84-1-81-90

6. Кулик К.Н., Петров В.И., Рулев А.С., Кошелева О.Ю., Шинкаренко С.С. К 30-летию «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ» // Аридные экосистемы. 2018. Том 24. №1(74). С.3-10. DOI: 10.24411/1993-3916-1995-10001

7. Петров В.И., Воронина В.П. Деградация растительного покрова Северо-Западного Прикаспия // Доклады РАСХН. 2008. №4. С. 24-27. EDN: JXGTZH

8. Петров В.И. Воронина В.П. Лесопастбищные экосистемы Северо-Западного Прикаспия и конструирование устойчивых ценозов // Лесной вестник. 2008. №2. С. 30-35.

9. Сурхаев Г.А. Сивцева С.Н. Свинорой пальчатый – перспективный злак в фитомелиорации Кизлярских пастбищ // Экосистемы: экология и динамика. 2017. Т.1. №4. С. 40-44.

10. Сурхаев Г. А., Сурхаев И. Г., Кулик К.Н. Стародубцева Г.П. Опыт лесомелиорации экосистем песчаных массивов Терско-Кумского междуречья // Экосистемы: Экология и динамика. 2019. Т. 3. № 4. С. 5-23. EDN: OSYYOK

11. Усманов Р.З., Осипова С.В., Джалалова М.И., Бабаева М.А. Использование методов фитомелиорации на деградированных пастбищах Терско-Кумских песков. Юг России: экология, развитие. 2008. №3. С. 109-111.

12. Усманов Р.З., Баламирзоев М.А., Котенко М.Е. Бабаева М.А., Осипова С.В. Проблемы борьбы с деградацией и опустыниванием Кизлярских пастбищ в связи с аридизацией климата и антропогенных воздействий на природные экосистемы // Юг России: экология, развитие. 2010. Т. 5. №3. С. 117-122. EDN: NDVZON

13. Шамсутдинов З.Ш., Косолапов В.М., Шамсутдинова Э.З. и др. Методические рекомендации по оценке адаптивного потенциала природных кормовых растений. – М., 2018. 20 с. EDN: YTRDOO

14. *Cynodon dactylon* (L.) Pers. // Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. [Электронный ресурс] URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/12326.html> (дата обращения: 11.01.2024).

15. Radochinskaya L.P., Kladiev A.K., Rybashlykova L.P. Production potential of restored pastures of the Northwestern Caspian. Arid ecosystems. 2019.V. 9. No1. P. 51-58. DOI: 10.1134/S2079096119010086

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.001.13-18

Assessment of Digression and the Potential of Re-Establishment of Kizlyar Pastures in the Western Near-Caspian Region

Hasan A. Surkhaev[✉], e-mail: gasan2255@mail.ru, Cand. Sci. (Agr.), Leader Researcher, ORCID: 0000-0002-6579-0918

Gulnara M. Surkhaeva, Research Worker, ORCID: 0000-0003-4440-6371

North Caucasus Branch of the «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective

Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of Agroecology RAS), Achikylak356890@mail.ru, 356890, Achikulak, 10 Proletarskaya str., Russia

Abstract. Kizlyar pastures are a vast part of the Western Near-Caspian region, which includes steppe and semi-desert landscapes of the south-east of Stavropol Region and north-west of Republic of Dagestan. Their phytocenoses have long been used in semi-nomad and sedentary livestock farming in the arid region, where the climate aridity and pasture overloading of livestock are the cause of land degradation. This in turn is accompanied by a reduction in their projective plant coverage, species composition and feed capacity. The purpose of the work is to assess the phytoecological and bioproductive state of natural forage lands in conditions of increased anthropogenic digression and manifestations of the reverse of it in the direction - process of local demutation of desolate pasture ecosystems. The results of the research were obtained during the long-term (2003-2020) monitoring of the forage biocenoses state at 12 permanent sites (dedicated to livestock complexes and other nodal points in the steppe), and 37 temporary key sites (for expanding the database) on Kizlyar pastures, in the border regions of Stavropol Region (south-east) and Republic of Dagestan (north-eastwest). They made it possible to extrapolate the ecological-productive and phytocenotic state of pastures on almost 400 thousand hectares of natural and about 15 thousand hectares of reclaimed pasture lands. The research novelty is the block of studies on the local demutation (reestablishment) of degraded phytocenoses manifestation during the formation of single-species synusias of the valuable *Cynodon dactylon* cereal plant in degraded pasture areas.

Keywords: digression, pasture, ecosystem, vegetation, degradation, phytocenosis

Funding. The work was carried out within the framework of state task No.0713-2019-0002 «Develop the scientific foundations, new methods, models and technologies for effective forest reclamation and multipurpose use of low-productive and degraded lands of the arid zone of the Russian Federation».

Citation. Surkhaev H.A., Surkhaeva G.M. Assessment of Digression and the Potential of Re-Establishment of Kizlyar Pastures in the Western Near-Caspian Region. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;1(124):13-18. DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.001.13-18

Received: 26.01.2024

Accepted: 06.03.2024

References:

- Voronina V.P., Litvinov Y.A., Kalmykov S.I. Bioecological Rating of Arid Pasture-Forest. *Vestnik Saratovskogo GAU im. N.I. Vavilova*. 2008; 3: 13-17. (In Russ.) EDN: IRPCON
- Voronina, V.P. Assessment of pasture phytocenoses productivity in the Northwestern Near-Caspian region. *Nauchnyj vestnik. Agronomiya. VGSKHA*. 2004;4:7-11.(In Russ.)

- Hasanov G.U., Butaeva Z.Z. Natural forage lands, their condition and improvement measures. *Sistema vedeniya agropromyshlennogo proizvodstva v Dagestane*. 2017; 3: 201-223. (In Russ.)

- Zotov A.A., Shamsutdinov N.Z., Chamidov A.A., Shamsutdinov Z.Sh., Orlovsky N.S. Methods of the Complex Estimation of Natural Pasture Ecosystems. *Aridnye ekosistemy = Arid ecosystems*. 2009;15(2(38)):39-51. (In Russ.) EDN: KNXXPZ

- Zalibekov Z.G., Asgerova D.B., Musalaeva P.D., Zalibekova M.Z. Anthropogenic Dynamics of Arid Soils Under Natural Vegetation. *Trudy instituta geologii Dagestanskogo NTS RAN*. 2021;1(84):9. (In Russ.) DOI: 10.33580/2541-9684-2020-84-1-81-90

- Kulik K.N., Petrov V.I., Rulev A.S., Kosheleva O.Y., Shinkarenko S.S. On the 30th Anniversary of the «General Plan to Combat Desertification of Black Lands and Kizlyar Pastures». *Aridnye ekosistemy = Arid ecosystems*. 2018;1:5-12. (In Russ.) DOI: 10.24411/1993-3916-1995-10001

- Petrov V.I., Voronina V.P. Degradation of a Vegetative Integument of Pastures Northwest Regions of the Caspian Sea. *Doklady RASKHN*. 2008;4:24-26. (In Russ.) EDN: JXGTZH

- Petrov V.I., Voronina V.P. Forest-Pasture Ecosystems of North-West Area of the Caspian Sea and Designing Steady Coenosises. *Lesnoj vestnik = Forestry Bulletin*. 2008;2:30-35. (In Russ.)

- Surkhayev G.A., Sivtseva S.N. *Cynodon Dactylon* (L.) Pers. as a perspective gramineous plant in phytomelioration of Kizlyar pastures. *Ekosistemy: ekologiya i dinamika = Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2017;1(4):40-44. (In Russ.)

- Surkhaev G.A., Surkhaev I.G., Kulik K.N., Starodubtseva G.P. Forest Reclamation Experience in Sandy Massifs Ecosystems of the Terek-Kuma Interfluvium. *Ekosistemy: ekologiya i dinamika = Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2019;4:1-17. (In Russ.) EDN: OSYYOK

- Usmanov R.Z., Jalalova M.I., Babaeva M.A. The use of phytomelioration methods on the Terek-Kuma interfluvium degraded sand pastures. *Ūg Rossii: èkologiâ, razvitie = South of Russia: Ecology, Development*. 2008;3:109-111. (In Russ.)

- Usmanov R.Z., Balamirzoev M.A., Kotenko M.E., Babaeva M.A., Osipova S.V. The problems of the fight with degradation and desertification Kizlyar Pasture in connection with aridization of the climate and anthropogenic effect influence on natural ecologic systems. *Ūg Rossii: èkologiâ, razvitie = South of Russia: Ecology, Development*. 2010;3:117-122. (In Russ.) EDN: NDVZON

- Shamsutdinov Z.Sh., Kosolapov V.M., Shamsutdinova E.Z. [et al.]. Methodological recommendations for assessing the adaptive potential of natural forage plants. Moscow. 2018. 20 p. (In Russ.) EDN: YTRDOO

- Radochinskaya L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Production potential of restored pastures of the Northwestern Caspian Sea. *Arid ecosystems*. 2019;9(1):51-58 DOI: 10.1134/S2079096119010086

- Cynodon dactylon* (L.) Pers. Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: open online galleries and plant identification guide. Web resource. URL: <https://www.plantarium.ru/lang/en/page/view/item/12326.html> (access date 11.01.2024)

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

4.1.6. – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

УДК 631.963.3:631.6

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.002.19-25

Почвенные и флористические индикаторы эродированных и опустыненных ландшафтов Бурятии

¹Александр Архипович Алтаев✉, e-mail: altaev@mail.ru, к.б.н., доцент, ORCID: 0000-0002-7745-3804

¹Александр Семенович Билтуев, к.б.н., доцент, ORCID: 0000-0001-9353-6143

¹Александр Кимович Уланов, д.с.-х.н., доцент, ORCID: 0000-0001-6341-4081

¹Светлана Николаевна Дрегваль, к.с.-х.н., ORCID: 0000-0003-4871-2245

¹Лубсан-Зонды Владимирович Будажапов, д.б.н., член-корр. РАН, ORCID: 0000-0002-3191-5823

²Светлана Владимировна Хутакова, к.б.н., доцент

¹Бурятский НИИСХ – филиал СФНЦА, e-mail: burniish@inbox.ru, 670045, ул. Третьякова 25з, г. Улан-Удэ, Россия

²Бурятская ГСХА им. В.Р. Филиппова, e-mail: bgsha@bgsha.ru, 670010, ул. Пушкина 8, г. Улан-Удэ, Россия

Аннотация. Сложившиеся в ходе естественной и антропогенной трансформации опесчаненные и эродированные ландшафты Бурятии фактически мало используются для нужд сельского хозяйства ввиду их крайне низкой урожайности. Изучение таких ландшафтов в последние годы очень актуально в условиях глобальной аридизации климата Земли и необходимости повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий. Цель представленного исследования – выделение почвенно-ботанических параметров индикации опустынивания аграрных и природных ландшафтов. Новизной данной работы является комплексность исследований деградированных ландшафтов региона с развернутым почвенно-агрохимическим анализом на фоне геоботанической картины изучаемых полигонов. На территории Бурятии было заложено 6 участков исследования опустынивания на 4 тестовых полигонах. Анализ геоботанических и почвенно-агрохимических данных обследования полигонов опустынивания показал разнообразие почвенно-растительных комплексов. Полученные результаты подчеркнули надежность почвенных и растительных индикаторов деградации почв. При этом местные виды флоры могут выступать своеобразным естественным биотическим препятствием на пути наступления песков в Бурятии. Научная и практическая значимость данного исследования выражается в актуализации текущего состояния полигонов долговременного изучения процессов опустынивания в Западном Забайкалье. Полученная информация послужит отправной точкой стационарных и дистанционных исследований опустынивания в регионе в рамках проекта по разработке национальных программ действий по борьбе с опустыниванием Республики Бурятия.

Ключевые слова: опустынивание, флора псаммостепей, эрозия, аридизация климата, агрохимические свойства почв, биологические индикаторы опустынивания

Финансирование. Исследование проведено в рамках выполнения работ по теме «Национальные программы действий по борьбе с опустыниванием Республики Бурятия», по Соглашению с ФНЦ агроэкологии РАН №05-11/ВИП ГЗ от 30» мая 2023 г., Бурятский НИИСХ – филиал СФНЦА, 2023 год.

Цитирование. Алтаев А.А., Билтуев А.С., Уланов А.К., Дрегваль С.Н., Будажапов Л.З.В., Хутакова С.В. Почвенные и флористические индикаторы эродированных и опустыненных ландшафтов Бурятии // Научно-агрономический журнал. 2024. 1(124). С. 19-25. DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.002.19-25

Поступила в редакцию: 15.11.2023

Принята к печати: 09.02.2024

Введение. В последние годы мировое сообщество уделяет больше внимания к проблеме засух и методам управления этим неблагоприятным процессом, оказывающим негативное воздействие на большинство сфер хозяйственной и социальной жизни людей на Земле. Несмотря на оптимистические научные успехи и достижения в отдельных частях технологической деятельности, особенно связанных с мониторингом и моделированием опустынивания, решить данный вопрос всецело не удастся. Недостаточное понимание этой проблемы политической конъюнктурой и гражданским обществом являются причинами отсутствия интегрированного подхода к управлению процессами опустынивания, а также прогнозирования и предотвращения ущерба от засух [7]. В Республике Бурятия на фоне проявления агроклиматических

причин опустынивания и отсутствия современной научно обоснованной региональной практики защитного лесоразведения, происходит сокращение площади агролесоландшафтов. Наибольший прирост опустыненных земель в Республике Бурятия произошел в последние 30 лет [11]. На 1 января 2022 года нарушенными землями сельскохозяйственного назначения в Бурятии занято 1,3 тыс. га, песками – 33,0 тыс. га, оврагами – 15,6 тыс. га [9].

Изучение протекания деградационных процессов в почвах и их картографирование подчеркивают большое увеличение количества эродированных и дефлированных земель в Прибайкалье и Забайкалье в 80-90-х годах XX в. Площади нарушенных земельных угодий увеличились на сельскохозяйственных землях Баргузинского,

Мухоршибирского и Кижингинского районов Республики Бурятия более чем на 40 %, Бичурского района Республики Бурятия – более чем на 30 % [11]. Очень заметно расширились площади пашни, подверженные пустынным процессам в Баргузинском, Кижингинском, Мухоршибирском районах. Площадь деградированных сенокосов составляет 12,8 % от общей площади сенокосов изучаемых районов. Сельскохозяйственная деятельность в названных районах в 80-х годах характеризовалась сильной интенсификацией, поэтому довольно быстрое расширение эродированных площадей сельскохозяйственных земель обусловлено, главным образом, антропогенными факторами [11].

В 2016 году Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием обнародовала и внедрила Рамочную научную концепцию нейтрального баланса деградации земель, в которой выделено три главных индикатора для наблюдения и противодействия процессам опустынивания, для восстановления деградированных и опустыненных земель: 1. Land cover (состояние и изменения наземного покрова); 2. Land productivity (продуктивность земель); 3. Organic carbon (запасы углерода над и под земной поверхностью) [4].

Для анализа индикатора опустынивания «состояние и изменения наземного покрова» и последующего распознавания космических снимков при ДЗЗ привлекают методы исследований, используемых в геоботанике.

Известными учеными-ботаниками проводилась оценка флористического разнообразия исследуемых ландшафтов в разных районах Бурятии: в урочище Верхний Куйтун при исследовании ценокомплекса *Artemisia sieversiana* Willd. [10], Нижний Куйтун – при изучении пространственной организации флоры котловины Баргузинской горной лесостепи [5; 6], растительности Манхан-Элысу [12; 3] и псаммостепей Селенгинского Среднегорья [3].

Цель исследования – Определение и оценка фито-эдафических параметров почв, индицирующих процессы опустынивания сельскохозяйственных и естественных ландшафтов.

Материалы и методика исследований. Исследование проведено в 2023 году в Бурятском НИИСХ – филиал СФНЦА. Анализ данных обследования полигонов опустынивания показал, что

подавляющее большинство участков относится к степным ландшафтам, равнинного, котловинного или горного подтипа и, в основном, пастбищного сельскохозяйственного пользования или не используется. Типичными видами опустынивания в исследуемых регионах является дефляция.

Для оценки динамики развития опустынивания в разных административных районах и разных ландшафтах были определены территории исследований для закладки полигонов мониторинга опустынивания по биотическим, почвенным и климатическим показателям. Было заложено 6 участков исследования опустынивания на 4 тестовых полигонах.

Изучаемые территории (полигоны) находились в северном, центральном и южном административных районах республики, охватывая следующие деградированные ландшафты: Иволгинский котловинный степной – полигоны Иволгинск и Тапхар, Причикийский низкогорный степной и бороной – Мурочи, Кударинский котловинный степной – Октябрьский, Читканский равнинный степной – Баянгол, Куйтунский равнинный сухостепной – Харамодун. В результате действия котловинного эффекта в центре межгорных долин Бурятии складывается местный засушливый микроклимат. Так, при ясной погоде зона повышенного давления образуется в центре долины, она возникает вследствие сильного прогревания больших равнинных и безлесых пространств и склонов орографических депрессий в отличие от залесенных экспозиций рельефа. Высокое давление противодействует приносу дождевых облаков, и осадки в основном выпадают за пределами или по краю котловины, на прилегающих хребтах [2].

В исследовании использовали 30 геоботанических описаний, выполненных в 2023 г. на пробных площадях в 100 м² по стандартным методикам. Были охвачены основные типы растительных сообществ, произрастающих на реперных участках исследования, находящихся в пределах полигонов изучения опустынивания в Республике Бурятия. Разнообразие флоры оценивалось с помощью «Определителя растений Бурятии» (2001) [8]. Почвенно-агрохимические изыскания осуществляли по общепринятым методикам, образцы почв анализировали в ГСАС «Бурятская».

Таблица 1. Проективное покрытие исследуемых полигонов

Наименование полигона исследования опустынивания	Проективное покрытие	Тип опустынивания
Иволгинск	15%	Дефляция, водная эрозия
Тапхар	45 %	Дефляция, водная эрозия
Мурочи (Манхан Элысу)	2-3 %,	Дефляция
Октябрьский	35%	Дефляция
Баянгол (Нижние Куйтуны)	25-30 %	Дефляция
Харамодун (Верхние Куйтуны)	15-20 %	Дефляция

Результаты и их обсуждение. Так, гипотетически аборигенная флора является своеобразной естественной биотической преградой на пути миграции песков в данном регионе. Эти земли нельзя использовать в пастбищном хозяйстве.

Оценка результатов ранее проведенных обследований полигонов опустынивания выявила следующее: большинство изучаемых мест относится к опустыненным сухостепным ландшафтам, равнинного, котловинного или горного подтипа и, в основном, пастбищного аграрного использования или не задействовано в производстве [1]. Дефляция и водная эрозия – это типичные виды опустынивания в местах исследования (табл.1).

Ботанический состав сообществ изучаемых ландшафтов на полигонах [1]:

- Мурочи (овсяницево-полынное песчаное сообщество, изреженное): осока песчаная (*Carex sabulosa* Turcz. Ex Kunth.), полынь Ледебуря (*Artemisia ledebouriana* Bess.), овсяница даурская (*Festuca dahurica* (St.-Yves) V. Krecz. et Bobrov), осока Коржинского (*Carex korshinskyi* Kom.) (рис.1);

- Октябрьский (чабрецово-полынно-овсяничевая сухая степь): змеёвка растопыренная (*Cleistogenes squarrosa* (Trin.), овсяница ленская (*Festuca lenensis* Drob., Keng), чабрец монгольский (*Thymus mongolicus* (Roon.) Roon), бурачок обратнаяцевидный (*Alyssum obovatum* (C. A. Mey.) Turcz.), полынь холодная (*Artemisia frigida* Wild.), лук Водопьяновой (*Allium vodopjanovae* Friesen);

- Иволгинск (лапчатково-гипекоумово-хамеродосовая залежь): полынь холодная (*Artemisia frigida*), гипекоум прямой (*Hypochaeris erecta* L.), полынь обманчивая (*Artemisia commutata* Bess.), хамеродос прямостоячий (*Chamaerhodos erecta* (L.) Bunge), кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leys.) Holub);

- Тапхар (бесстебельно-лапчатковое степное сообщество): ковыль Крылова (*Stipa krylovii* Roshev.), лапчатка бесстебельная (*Potentilla acaulis* L.), змеёвка растопыренная (*Cleistogenes squarrosa*), полынь холодная (*Artemisia frigida*), хамеродос прямостоячий (*Chamaerhodos erecta*), житняк гребенчатый (*Agropyron cristatum* (L.) Beauv.), полынь веничная (*Artemisia scoparia* Waldst. et Kit.) (рис. 2).

- Баянгол (хамеродосово-полынно-мятликовая песчаная степь): мятлик оттянутый (*Poa attenuata* Trin.), чабрец монгольский (*Thymus mongolicus*), хамеродос крупноцветковый (*Chamaerhodos grandiflora* (Pall. Ex Schult.) Bunge), полынь замещающая (*Artemisia commutata*);

- Харамодун (осоково-полынная песчаная степь): полынь замещающая (*Artemisia commutata*), осока песчаная (*Carex sabulosa*).

Рассмотрим почвенно-агрохимические показатели изучаемых полигонов, от которых напрямую зависит флористический состав и его разнообразие.

Гранулометрический состав почв зависит не только от их генезиса, но и предыстории хозяйст-



Рисунок 1. Фото типичного ландшафта полигона Мурочи (Манхан-Элысу или Аман-хан), покрытие растительностью составляет 2-3%



Рисунок 2. Фото типичного ландшафта полигона Тапхар, покрытие растительностью составляет 45%

венного использования. На изучаемых полигонах проводилась различная хозяйственная деятельность, они использовались как пашни и пастбища. В этой связи деградация почв на пашне связана с комплексной нагрузкой почвообрабатывающих орудий, на пастбище – с пастбищной дигрессией. В настоящее время в результате многолетнего использования изучаемые почвы Иволгинского района (полигоны Тапхар, Иволгинск) имеют супесчаный и связнопесчаный гранулометрический состав. Деградированные почвы Кяхтинского района (полигоны Октябрьский и Мурочи) – рыхлопесчаные, Баргузинского района (полигон Баянгол) – связнопесчаные, Курумканского района (полигон Харамодун) – рыхлосвязанные (табл. 2).

Супесчаный и песчаный гранулометрический состав определяет неблагоприятные водно-фи-

зические свойства почв: высокую водопроницаемость, очень низкую водоудерживающую способность. Высокая инфильтрация осадков создает неблагоприятные условия для роста и развития полевых культур и трав. В этой связи по содержанию органического вещества выделяются безгумусовые почвы на связных и рыхлых песках (0,14-0,53 %) и очень низкогумусовые на супесчаной почве (1,73%).

Вследствие сложности геологического сложения и орографического строения территории наблюдается значительное разнообразие горных пород, различие в характере и интенсивности их выветривания, перемещения и переотложения, что определяет различия в минералогическом и химическом составе почвообразующих пород.

Таблица 2. Гранулометрический состав почв с исследуемых полигонов (0-20 см)

Название Полигона	Содержание фракций, %							Наименование почвы по гран. составу
	1-0,25 мм	0,25-0,05 мм	0,05-0,01 мм	0,01-0,005 мм	0,005-0,001 мм	Менее 0,001 мм	Сумма фракций менее 0,01 мм	
Тапхар (залежь)	11,2	70,5	6,1	0,4	6,5	5,3	12,2	Супесчаная
Иволгинск (залежь)	40,2	47,8	4,8	0,8	2,8	3,6	7,2	Связнопесчаная
Октябрьский (пастбище)	1,2	94,4	0,4	0,8	0,4	2,8	4,0	Рыхлопесчаная
Мурочи (пастбище)	26,4	23,5	46,1	0,4	2,0	1,6	4,0	Рыхлопесчаная
Баянгол (пастбище)	31,7	45,3	6,2	4,4	1,2	2,8	8,4	Связнопесчаная
Харамодун (пастбище)	4,3	91,3	0,8	2,4	0,4	0,8	3,6	Рыхлопесчаная

Таблица 3. Агрохимические показатели плодородия деградированных почв в слое 0-20 см

Показатель	Единица измерения	Название полигона					
		Тапхар	Иволгинск	Октябрьский	Мурочи	Баянгол	Харамодун
pH сол.	ед. pH	5,6	5,2	7,0	5,7	7,7	6,6
Органическое вещество	%	1,73	0,53	0,48	0,14	0,38	0,34
Подвижный фосфор	млн ⁻¹	275	232	196	115	120	206
Обменный калий	млн ⁻¹	70	32	68	37	29	48

Таблица 4. Анализ водной вытяжки деградированных почв (0-20 см)

Показатель	Единица измерения	Название полигона					
		Тапхар	Иволгинск	Октябрьский	Мурочи	Баянгол	Харамодун
Плотный остаток	%	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,04
Карбонат-ион	ммоль/ 100 г	-	-	-	-	-	-
Бикарбонат-ион	ммоль/ 100 г	0,25	0,15	0,45	0,12	0,45	0,25
Хлорид-ион	ммоль/ 100 г	0,4	0,3	0,2	0,4	0,5	0,4
Сульфат-ион	ммоль/ 100 г	1,1	0,6	2,2	1,5	1,3	1,5
Калий	ммоль/ 100 г	0,02	0,03	0,03	0,03	0,06	0,03
Натрий	ммоль/ 100 г	0,08	0,06	0,03	0,03	0,02	0,05
Кальций	ммоль/ 100 г	0,50	0,25	0,63	0,25	0,25	0,50
Магний	ммоль/ 100 г	0,13	0,13	0,25	0,13	0,06	0,13

Содержание подвижного фосфора традиционно высокое для почв сухих степей Бурятии. Это свойство обусловлено высоким содержанием слабыветрелых фосфорсодержащих минералов (табл. 3) и биологической аккумуляцией фосфатов в пахотном слое.

В этой связи каштановые почвы Иволгинского района (полигоны Тапхар, Иволгинск) обладают очень высоким содержанием подвижного фосфора. Высокое содержание $P_{2O_{5\text{подв.}}}$ выявлено на рыхлых песках полигонов Харамодун и Октябрьский, повышенное – на полигонах Мурочи и Баянгол.

Содержание обменного калия изменялось от низкого в Баргузинском районе (полигон Баянгол), Иволгинском районе (полигон Иволгинск), Кяхтинском районе (полигон Мурочи) до среднего на соседних полигонах, расположенных в пределах 2-20 км от них (полигоны Тапхар, Октябрьский, Харамодун).

Кислотно-основные свойства почв являются одним из основных физико-химических показателей почв, определяющих их агрономическую ценность. В наших исследованиях определялся pH солевой суспензии. Степень кислотности изменялась в широких пределах от слабокислой в Иволгинском (полигоны Тапхар и Иволгинск) и Кяхтинском районах (полигон Мурочи), нейтральной – полигоны Харамодун и Октябрьский, до слабощелочной на полигоне «Баянгол». Почвы имеют оптимальный

показатель кислотности и пригодны для возделывания полевых культур и трав. Анализ водной вытяжки показал высокую сопряженность pH сол. с содержанием бикарбонатов (табл. 4).

Содержание солей в водной вытяжке всех полигонов очень низкое (менее 0,1%). Химический состав почвообразующих пород обусловил и значительные различия в содержании солей водной вытяжки. Содержание Cl^- было постоянным и варьировало в пределах 0,2-0,5 ммоль/100 г. Более широкий размах показателей наблюдался для SO_4^{2-} (0,6-2,2 ммоль/100 г). Содержание катионов калия и натрия было стабильным и изменялось в пределах 0,02-0,06 и 0,02-0,08 ммоль/100 г соответственно. Большие различия наблюдались Ca^{2+} и Mg^{2+} , соответственно 0,25-0,63 и 0,06-0,25 ммоль/100 г. Подобный характер распределения анионов и катионов водной вытяжки связан с различиями в химическом и минералогическом составе почвообразующих пород.

Заключение. В условиях глобальной аридизации климата Земли на фоне сокращения площадей сельскохозяйственных угодий изучение трансформации опесчаненных и эродированных ландшафтов выявило четкие контуры последующих прогнозных сценариев опустынивания земель в Бурятии. Геоботаническая оценка, определение почвенных параметров по составу и агрохимическим свойствам эдафических компонентов исследуемых

полигонов показали неоднородность почвенно-ботанических комплексов. Эти результаты являются проверенными показателями почв, подверженных процессам опустынивания и дефляции. Определено, что невысокое ботаническое разнообразие, низкое проективное покрытие, наличие ксеро- и псаммофитов, песчаный и супесчаный гранулометрический состав и низкое плодородие почв являются основными индикаторами опустыненных и дефлированных почв на аграрных и естественных ландшафтах Бурятии. Полученные данные будут использованы в качестве дополнения информационной базы данных для прогнозирования процессов развития опустынивания в Западном Забайкалье и будут способствовать развитию программы по противодействию опустыниванию и аридизации климата в регионе.

Литература:

1. Алтаев А.А., Намзалов Б. Б.-М., Билтуев А.С. О флористических индикаторах эродированных и опустыненных ландшафтов Западного Забайкалья / Растительность Байкальского региона и сопредельных территорий: материалы всероссийской конференции с международным участием (Улан-Удэ, 26-27 октября 2023 г.). – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2023. С. 93-97. DOI: 10.18101/978-5-9793-1877-6-1-176
2. Билтуев, А. С. Климат, плодородие почв и продуктивность зерновых культур в аридных условиях Забайкалья: состояние и прогноз / А. С. Билтуев, Т. П. Лапухин, Л. З. В. Будажапов. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2015. 141 с. ISBN 978-5-8200-0377-6. EDN: ВУНСVD
3. Дулепова Н.А., Королюк А.Ю. Растительность развееваемых песков и песчаных степей нижней части бассейна р. Селенги (Республика Бурятия) // Растительность России. СПб., 2015. № 27. С. 78-95.
4. Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием. Рамочная стратегия КБО ООН на 2018-2030 гг., 2018 [Электронный ресурс] https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2018-08/cop21add1_SF_RU.pdf (дата обращения 08.10.2023)
5. Намзалов Б.Б., Басхаева Т.Г. Пространственная организация растительности горной лесостепи Баргузинской котловины (Северное Прибайкалье) // Turczaninowia. 2018; 21(1):52-65. DOI: 10.14258/turczaninowia.21.1.7
6. Намзалов Б.-Ц. Б. Бурятия – край растительных парадоксов. Баргузинская долина // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. 2020. № 2. С. 58-65. DOI: 10.18101/2587-7148-2020-2-58-65.
7. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидации последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)» (под редакцией Р.С.-Х. Эдельгериева). М.: ООО «Издательство МБА», 2021. Т. 3. 700 с. DOI: 10.52479/978-5-6045103-9-1
8. Определитель растений Бурятии /под редакцией О.А. Аненхонова. – Улан-Удэ: ИОЭБ СО РАН, 2001. 672 с. EDN: CVNOET
9. Региональный доклад о состоянии и использовании земель в Республике Бурятия в 2021 году. – Улан-Удэ: Управление Госреестра РФ по Республике Бурятия, 2021. 80 с.
10. Сахьяева А. Б., Намзалов Б.-Ц.Б. Ценокомплекс *Artemisia sieversiana* Willd. (Asteraceae) в залежной растительности урочища Верхний Куйтун (Баргузинская долина, Республика Бурятия) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2018. Т. 25. С. 32-40. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2018.25.32>
11. Субрегиональная программа действий по борьбе с опустыниванием для Республики Бурятия, Агинского Бурятского автономного округа и Читинской области / Коллектив авторов. – Улан-Удэ, 2000. 168 с.
12. Щипек Т., Вика С., Снытко В.А., Овчинников Г.И., Намзалов Б.-Ц. Б., Дамбиев Э. Ц. Эоловое урочище Манхан-Элысу в Забайкалье. – Иркутск-Улан-Удэ: ИГ им. В. Б. Сочавы СО РАН, ИЗК СО РАН, БГУ, 2005. 62 с. https://istina.msu.ru/media/publications/book/d87/a7b/53555376/Eolovoe_urochische_MANHAN-ELYISU_v_Zabajkale.pdf

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.002.19-25

Soil and Floral Indicators of Eroded and Desolate Landscapes of Republic of Buryatia

¹Alexander A. Altaev✉, e-mail: altaev@mail.ru, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor

¹Alexander S. Biltuev, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor

¹Alexander K. Ulanov, Dr. Sci. (Agr.), Associate Professor

¹Svetlana N. Dregval, Cand. Sci. (Agr.)

¹Lubsan-Zondy V. Budazhapov, Corresponding Member of the RAS, Dr. Sci. (Agr.), Professor, ORCID:0000-0002-3191-5823

²Svetlana V. Khutakova, Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor

¹Buryat Research Institute of Agriculture – branch of SFSCA RAS, e-mail: burniish@inbox.ru, 670045, Ulan-Ude, Russia

²Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Philippov, e-mail: bgsha@bgsha.ru, 670010, Ulan-Ude, Russia

Abstract. The desiccated and eroded landscapes of Buryatia that have developed during natural and anthropogenic transformation are actually little

used for agricultural needs due to their extremely low yields. The study of such landscapes in recent years has been very relevant in the context of the

global aridization of the Earth's climate and the need to increase the agricultural land productivity. The purpose of the presented study is to identify the soil-botanical parameters of the indication of agricultural and natural landscapes desertification. The novelty of this work is in the complexity of studies of degraded landscapes of the region with detailed soil and agrochemical analysis taking into account the geobotanical features of the studied polygons. 6 desertification research sites were laid on 4 test sites on the territory of Buryatia. The geobotanical and soil-agrochemical data from the survey of desertification sites analysis showed a variety of soil and plant complexes. The results highlighted the reliability of soil and plant indicators of soil degradation. At the same time, local plant species can act as a kind of natural biotic barrier to the sands onset in Buryatia. The scientific and practical significance of this study is expressed in updating the current state of the desertification processes long-term study polygons in Western Transbaikalia. The information received will serve as a starting point for stationary and remote studies of desertification in the region within the framework of the project on the national action programs to combat desertification in the Republic of Buryatia development.

Keywords: desertification, flora of sandy steppes, erosion, aridity of climate, soil-agrochemical properties of soils, biological indicators of desertification

Funding. The study was carried out as part of the work on the "National Action Programs to combat desertification of the Republic of Buryatia" topic, under an Agreement with the FSC of agroecology RAS 05-11/VIP GZ dated May 30, 2023, Buryat Research Institute of Agricultural - branch of the SFSCA, 2023.

Citation. Altaev A.A., Biltuev A.S., Ulanov A.K., Dregval S.N., Budazhapov L-Z.V., Khutakova S.V. Soil and Floral Indicators of Eroded and Desolate Landscapes of Republic of Buryatia. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;1(124):19-25. DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.002.19-25

Received: 15.11.2023

Accepted: 09.02.2024

References:

1. Altaev A.A., Namzalov B.B.-M., Biltuev A.S. On floral indicators of Western Transbaikalia eroded and desolate landscapes. Vegetation of the Baikal region and adjacent territories: materials of the All-Russian conference with international participation (Ulan-Ude, October 26-27, 2023).
2. Biltuev A.S., Lapukhin T.P., Budazhapov L.V. Climate, soil fertility and productivity of grain crops in the dry steppe of Buryatia. Buryat Research Institute. Ulan-Ude. Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Philippov. Publ. house. 2014. 101 p. (In Russ.)
3. Dulepova N.A., Korolyuk A.Y. Vegetation of fluttering sands and sandy steppes of the Selenga River basin lower part (Republic of Buryatia). *Rastitel'nost' Rossii= Vegetation of Russia*. St. Petersburg. 2015; 27: 78-95. (In Russ.)
4. The UN Convention to Combat Desertification. The BWC Framework Strategy for 2018-2030. 2018 [Web resource] https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2018-08/cop21add1_SF_RU.pdf (access date: 08.10.2023)
5. Namzalov B.B., Baskhaeva T.G. Spatial organization of the Barguzin depression mountainous forest-steppe vegetation (Northern Near-Baikal region). *Turczaninowia*. 2018;21(1): 52-65 (In Russ.) DOI: 10.14258/turczaninowia.21.1.7
6. Namzalov B.-Ts. B. Buryatia: the land of plant paradoxes. Barguzinskaya Valley. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya, geografiya*. 2020;2:58-65. (In Russ.)
7. National report «Global climate and soil cover of Russia: desertification and land degradation: manifestations of drought, measures of prevention, control, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry)». Edited by R.S.-H. Edelgeriev. Moscow. IBA, LLC Publ. house. 2021;3:700. (In Russ.)
8. Determinant of plants of Buryatia. Edited by O.A. Anenkhonov. Ulan-Ude. Institut obshchej i eksperimental'noj biologii RAN Publ. house. 2001. 672 p. (In Russ.)
9. Regional report on the state and use of land in the Republic of Buryatia in 2021. Ulan-Ude. Department of the State Register of the Russian Federation for the Republic of Buryatia Publishing. 2021. 80 p. (In Russ.)
10. Sakhyaeva A.B., Namzalov B.-Ts.B. Artemisia sieversiana Willd. (Asteraceae) cenocomplex in the fallow vegetation of the Upper Kuitun (Barguzin Valley, Republic of Buryatia). *Izvestiya Irkutskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya Biologiya. Ecologiya = The Bulletin of Irkutsk State University». Series Biology. Ecology*. 2018; 25:32-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2018.25.32>
11. Sub-regional action program to combat desertification for the Republic of Buryatia, the Aginsky Buryat Autonomous Okrug and the Chita Region. Team of authors. Ulan-Ude. 2000. 168 p. (In Russ.)
12. Shchipek T., Vika S., Snytko V.A., Ovchinnikov G.I., Namzalov B.-Ts.B., Dambiev E.Ts. Mankhan-Elysu Aeolian tract in Transbaikalia. Irkutsk, Ulan-Ude. Buryat State University. Publ. houses. 2005. 62 p. (In Russ.)

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

4.1.6. – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агроресомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

УДК 630*5

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.003.26-30

Анализ хода роста и особенности состояния ясеня ланцетного в условиях сухой дубравы Ростовской области

Оксана Ивановна Бабошко, к.с.-х.н., ORCID: 0009-0007-8774-1117

Алексей Анатольевич Пузанков✉, e-mail: puzankov-01@mail.ru, магистрант, ORCID: 0009-0000-5005-1234
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова, ФГБОУ ВО Донской ГАУ,
nimi-info@yandex.ru, 346000, ул. Пушкинская 111, г. Новочеркасск, Россия

Аннотация. Изучение хода роста ясеня ланцетного в условиях сухой дубравы Ростовской области имеет научно-практическую значимость, так как данная древесная порода является одной из основных лесообразующих пород Кашарского лесничества. На сегодняшний день в лесничестве нет материалов по ходу роста ясеня ланцетного в естественных лесах степной зоны Ростовской области, что и определило значимость данной темы. Целью исследования являлось изучение таксационных показателей и состояния ясеня ланцетного в условиях сухой дубравы. Использовались общепринятые в лесной таксации методики. По результатам исследований составлены таблицы хода роста по диаметру, высоте, объёму и приросту древесной породы и получены регрессионные уравнения зависимости по вышеуказанным показателям. Оценивая состояние ясеня ланцетного в чистых и смешанных насаждениях пришли к выводу, что при равном смешении в составе древесных пород дуба и ясеня насаждение характеризуется как сильно ослабленное, а чистые и смешанные по породному составу насаждения с преобладанием ясеня ланцетного характеризуются как ослабленные. Выявлено, что оптимальным смешением в условиях сухой байрачной дубравы Ростовской области является 4Дч6Яз.

Ключевые слова: ясень ланцетный, сухая осоковая дубрава, ход роста ствола, категория состояния насаждения, таксационные показатели, насаждение, древесная порода.

Цитирование. Бабошко О.И., Пузанков А.А. Анализ хода роста и особенности состояния ясеня ланцетного в условиях сухой дубравы Ростовской области // Научно-агротомический журнал. 2024. 1(124). С. 26-30. DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.003.26-30

Поступила в редакцию: 29.11.2023

Принята к печати: 09.02.2024

Введение. Основной лесообразующей породой Кашарского лесничества является ясень ланцетный или зелёный (*Fraxinus lanceolate* Borkh), географически расположенно в северной части Ростовской области площадью 8017 га [4]. На территории лесничества произрастают и другие виды из семейства маслиновые, такие как ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.). Ясень ланцетный занимает 12 % территории, что составляет 724,0 га площади насаждений лесничества [8]. Согласно Лавриненко Д.Д. ясень является типичной породой смешанных насаждений, только в исключительно благоприятных условиях он способен существовать в чистых насаждениях. Ясень – порода с очень развитой поверхностной стелюющей корневой системой, благодаря чему он интенсивно иссушает почвы [3].

К почве ясень ланцетный менее требователен по сравнению с другими видами ясеня. Лучше других переносит солонцеватость, засоление, смывость, но лучше растёт на глубоких свежих почвах. Лучший рост культур ясеня отмечен на пойменных луговых темноцветных почвах центральной области поймы [2]. Характерная биологическая особенность ясеня является неравномерной по годам прирост от 5 до 52 см. На южных черноземах в смешанных насаждениях прирост его деревьев (9-32 см) меньше чем у дуба (17-57 см).

В искусственных насаждениях ясень использовался давно. Обычно в лесные культуры он вводится в виде примеси и редко образует чистые насаждения. Чистые культуры ясеней малоустойчивы в условиях степи, так как почва в них быстро зарастает дерниной, что ведет к нарушению водного баланса и усыханию насаждений. При создании культур ясеня необходимо учитывать его совместимость с другими породами. Наиболее долговечные смешанные насаждения образуют дуб и ясень.

По данным исследования Турчина Т.Я., Турчиной Т.А., на Нижнем Дону и Северском Донце широкое распространение как в естественных, так и в искусственных насаждениях получил более засухоустойчивый ясень зелёный.

В байрачных лесах Ростовской области в сухих условиях средняя высота стволов ясеня превышает дуб на 1-1,5 м. Ясенники имеют лучшую возрастную структуру, более высокие показатели продуктивности (I-III бонитет), полноты (0,6-0,9), запаса (130-240 м³/га) [9].

Ясень ланцетный на территории лесничества растёт в сухих осоковых дубравах со средней высотой 12,0-14,0 м. [4]. Древесина ясеня твёрдая, тяжелая, упругая, прочная, используется в производстве спортивного инвентаря и в столярно-мебельном производстве.

Целью исследования являлось изучение роста и состояния ясеня ланцетного в смешении с другими древесными породами в условиях сухой байрачной дубравы на территории лесничества. На сегодняшний день лесное хозяйство Кашарского лесничества Ростовской области не обладает нормативно-справочными материалами по изучению хода роста ясеня ланцетного в сухих лесорастительных условиях лесов степной зоны, это и определило новизну и значимость проведённых исследований.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования для изучения хода роста являлся ясень ланцетный (*Fraxinus lanceolate* Borkh) в дубово-ясенёвом древостое состава 5ДБН5ЯЗ на территории участкового лесничества на пробной площади в квартале №5, выделе №23.

Анализ хода роста ясеня проводился с использованием общепринятых методов таксации (ОСТ 56-69-83). Высота модельного дерева (h) составила 11,8 м, диаметр ствола ($d_{1,3}$) – 14,3 см. Отклонения данных фактических моделей от расчётных показателей по диаметру составили ± 1 см для деревьев толщиной до 20 см (ОСТ 56-69-83). Далее приводим анализ хода роста одной из моделей.

После рубки модельного дерева были измерены длина ствола (L), протяжённость кроны и проведена разметка ствола по двухметровым секциям (получилось 5 секций). В середине каждой секции, на комлевом срезе и на высоте 1,3 метра, у основания вершинки выпиливали спилы для подсчёта годичных колец и измерения диаметров по периодам возраста [5]. Камеральная обработка полевых данных по анализу ствола сводилась к установлению площадей сечений, соответствующих измеренным диаметрам, вычислению объемов отдельных секций и всего ствола по 5-летним возрастным периодам, определению прироста по высоте, диаметру, объёму.

Для изучения состояния ясеня ланцетного было заложено 6 пробных площадей в чистых и смешанных по породному составу насаждениях на

территории Кашарского лесничества Ростовской области. Таксационные показатели пробных площадей определяли глазомерно-измерительным методом [1]. Для изучения состояния элементов леса прорубались три взаимно перпендикулярных визиера длиной по 40-50 м каждый таким образом, чтобы образовался квадрат со свободной стороной. Далее на участке проводилась перечислительная таксация и определение категорий состояния породы согласно шкале, в Постановлении Правительства РФ о Правилах санитарной безопасности в лесах от 09.12.2020 №247. Перечёт на пробе заканчивали, если количество деревьев преобладающей породы составляло не менее 100 штук (при фактической полноте 0,7-0,9). Категория жизненного состояния древесной породы (СКС) рассчитывалась с учётом её доли в запасе насаждения. При СКС насаждения 1-1,5 – древостой считается без признаков ослабления; 1,51-2,5 – ослабленный; 2,51-3,5 – сильно ослабленный; 3,51-4,5 – усыхающий; более 4,5 – погибший [6].

Результаты и обсуждение. По результатам камеральной обработки составлены таблицы хода роста дерева по его диаметру и высоте (таблица 1), а также по площади сечения ствола дерева и его объёму (таблица 2). По данным таблицы 1 построены графики зависимости высоты, диаметра и объёма по периодам возраста (рисунок 1-3) и получены регрессионные уравнения.

При проведении исследования модельного дерева ясеня ланцетного были составлены следующие регрессионные уравнения по высоте, диаметру и объёму. Точность полученных уравнений подтверждаются высокими коэффициентами аппроксимации:

$$h = 5,47311 \ln(n) - 8,6638, \text{ при } R^2 = 0,9736$$

$$d = 0,395n - 1,5464 \text{ при } R^2 = 0,9729$$

$$V = 6E - 0,5n^2 + 0,0002n - 0,0032 \text{ при } R^2 = 0,9915,$$

где: h – высота дерева, м; d – диаметр ствола, см;

V – объём ствола, м³; n – возраст, лет; R² – коэффициент аппроксимации.

Таблица 1. Ход роста *Fraxinus lanceolate* Borkh по высоте и диаметру

Высота спила, м	Количество слоёв, шт	Диаметр среза по периодам возраста, см									Значение возраста для достигнутой высоты спила, м
		Периоды возраста, лет									
		40		35	30	25	20	15	10	5	
		В коре	Без коры								
0	40	16,2	14,8	14,1	13,2	12,1	10,4	8,1	6,6	3,8	0
1,0	39	16,0	14,6	13,9	13,0	11,6	9,1	7,8	5,3	2,1	1
1,3	34	14,3	13,4	12,2	10,9	8,9	6,9	4,7	1,3	-	6
3,0	29	11,4	10,6	9,6	8,4	6,6	4,8	2,7	-	-	11
5,0	24	11,0	10,2	9,2	7,8	4,7	2,8	-	-	-	16
7,0	23	10,2	9,2	8,3	7,3	4,6	2,0	-	-	-	17
9,0	18	8,8	7,2	5,9	3,9	1,9	-	-	-	-	22
Высота древесной породы по периодам возраста, м		11,8		10,9	10,2	9,3	7,6	5,3	3,0	1,1	

Таблица 2. Изучение роста Fraxinus lanceolate Borkh по площади сечения и объёму

№ секции	Длина отруба, м	Площадь поперечного сечения, м ² ×10 ⁻³								
		Периоды возраста, лет								5
		40		35	30	25	20	15	10	
в коре	без коры									
I	2,0	20,1	16,7	15,2	13,3	10,6	6,5	4,8	2,2	-
III	2,0	10,2	8,8	7,2	5,5	3,4	1,8	0,6	-	-
V	2,0	9,5	8,2	6,6	4,8	1,8	0,6	-	-	-
VI	2,0	8,2	6,6	5,4	4,2	1,7	-	-	-	-
IX	2,0	5,3	4,1	2,7	1,2	-	-	-	-	-
Площадь поперечного сечения вершинки, м ² ×10 ⁻³		2,7	1,8	0,03	0,001	0,08	0,05	0,02	0,01	1,1
Высота вершинки, м		1,8		0,9	0,2	1,3	1,6	1,3	1,0	1,1
Диаметр основания вершинки, см		5,9	4,8	2,2	0,4	3,2	2,4	1,5	0,8	3,8
Сумма площадей сечений и объёмы										
Сумма площадей сечений, м ² ×10 ⁻³		53,3	44,4	37,1	29,0	1,75	8,9	5,4	2,2	-
Объём древесного ствола, м ³ ×10 ⁻³		106,6	88,8	74,2	58,0	35,0	17,8	10,8	4,4	-
Объём вершинки, м ³ ×10 ⁻³		1,62	1,08	0,09	0,007	0,3	0,3	0,9	0,03	0,03
Общий объём дерева, м ³ ×10 ⁻³		108,2	89,9	72,3	58,0	35,3	18,1	10,9	4,4	0,3

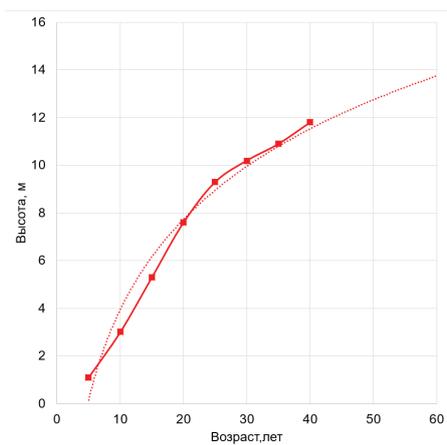


Рисунок 1. Ход роста ствола Fraxinus lanceolate Borkh по высоте

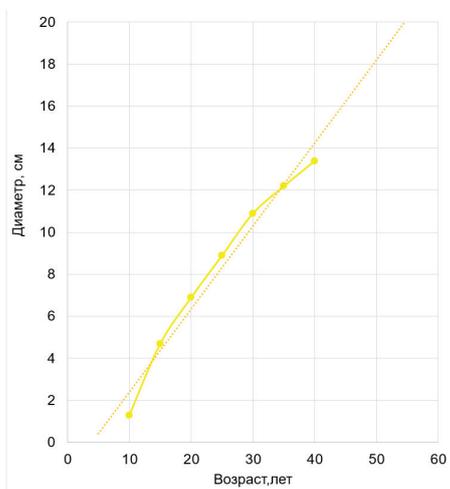


Рисунок 2. Ход роста Fraxinus lanceolate Borkh по диаметру

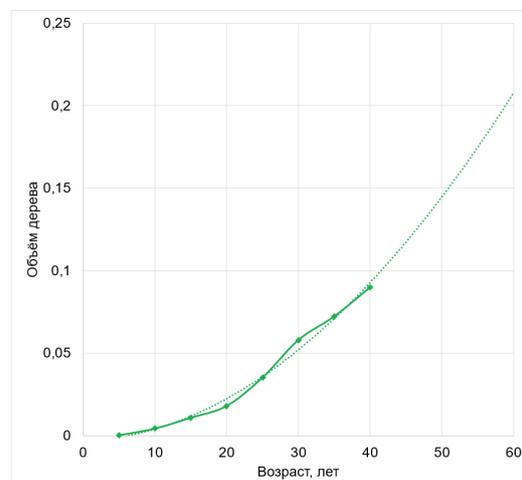


Рисунок 3. Ход роста Fraxinus lanceolate Borkh по объёму

Таблица 4. Характеристика пробных площадей для изучения состояния ясеневых насаждений

Квартал Выдел	Состав насаждения	Высота м Диаметр см	Возраст / Класс возраста	Тип леса ТЛУ	Бонитет Полнота	Запас по породам, м ³	Повреждаемая порода	СКС породы	СКС насаждения
24/30	5Дч 5Яз	15/20	60/6	ДОС ₁ Д ₁	4/0,8	80 80	Д	3,2	3,2
25/18	9Яз 1Дч	12/14	40/4	ДОС ₁ Д ₁	4/0,9	80 20	Я	1,6	2,3
24/22	10Яз	12/16	60/3	ДОС ₁ Д ₁	3/0,7	270	Я	2,1	2,1
28/38	6Дч 4Яз	12/14	50/3	ДОС ₁ Д ₁	3/0,9	140 90	Д	2,7	2,3
30/5	4Дч 6Яз	10/12	50/5	ДОС ₁ Д ₁	4/0,8	40 60	Д	1,7	1,7
30/30	8Яз 2Дч	13/16	51/6	ДОС ₁ Д ₁	3/0,8	140 20	Я	1,7	1,6

Согласно прогнозу, после решений соответствующих уравнений, в 50-летнем возрасте высота ствола увеличится до 12,7 м, диаметр составит 18,2 см, а объём – 0,1555 м³. В возрасте спелости (60 лет) высота ясеня составит 13,7 м, диаметр – 22,2 см, объём – 0,245 м³. Согласно рисункам 1-2 диаметр дерева увеличивается интенсивно с 15 до 35 лет, а высота – с 10 до 25 лет. Достоверность полученных регрессионных уравнений хода роста ясеня ланцетного в условиях дубравы осоковой злаковой подтверждается высокими показателями коэффициента аппроксимации по высоте – 0,9736; по диаметру – 0,9729; по объёму – 0,9915.

Известно, что на рост древесных пород большое влияние оказывает их состояние. Для изучения состояния были подобраны типичные ясеневые насаждения в одинаковых лесорастительных условиях. Полученные данные по изучению состояния ясенёвых древостоев приведены в таблице 4.

При равном смешении в составе древесных пород (5Дч5Яз) насаждение характеризуется как сильно ослабленное ($K_{\text{нас}} - 3,2$); в насаждении состава 6Дч4Яз 3-го класса возраста состояние дуба черешчатого хуже, чем ясеня зеленого, и оценивается также как сильно ослабленное ($K_{\text{сп}} - 2,7$), а всего насаждения – как ослабленное ($K_{\text{нас}} - 2,3$). В насаждениях с преобладанием ясеня состава 9Яз1Дч 4-го класса возраста, 8Яз2Дч 6-го класса возраста и 4Дч6Яз 5-го класса возраста ясень зелёный характеризуется как ослабленный ($K_{\text{сп}} - 1,6-1,7$). Дуб и ясень зелёный являются породами-антагонистами по отношению друг к другу. Часто причиной их ослабления являются климатические факторы (засуха). Чистые по породному составу насаждения (10Яз) характеризуются как ослабленные ($K_{\text{нас}} - 2,1$). Это связано с тем, что чистые насаждения ясеня сильнее повреждаются стволовыми вредителями и зарастают травянистой растительностью [10].

Выводы. По динамике таксационных показателей древесного ствола можно судить о росте древесной породы в различные периоды жизни не

только отдельного дерева, но и всего насаждения, определённого происхождения и произрастающего в определённых условиях местопроизрастания. В сухих условиях местопроизрастания конкурентоспособность ясеня ланцетного ослабляется по сравнению с дубом черешчатым. Исходя из полученных данных, оптимальным смешением в условиях сухой байрачной дубравы Ростовской области является 8Яз2Дч и 4Дч6Яз.

Литература:

1. Анучин Н.П. Лесная таксация. 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1977. 512 с.
2. Бабков В.А. Опыт создания культур дуба и ясеня на Нижнем Дону // Степное лесоразведение. 1973. Т. XIV. № 3. С.47.
3. Лавриненко Д.Д. Взаимодействие древесных пород в различных типах леса. – М.: Лесная промышленность, 1965. 246 с.
4. Лесохозяйственный регламент Кашарского лесничества Департамента лесного хозяйства Ростовской области: Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Ростовской области от 25.09.2018 № ПР-176 [Электронный ресурс]: URL: <https://минприродыро.рф/activity/408/> (Дата обращения 15.11.23)
5. Нагимов З.Я., Зубова С.С., Сычугова О.В. и др. Таксация отдельного дерева: учебное пособие. – Екатеринбург: УГЛУ, 2020. 160 с.
6. О правилах санитарной безопасности в лесах: Постановление Правительства РФ от 09.12.2020 г. № 2047 [Электронный ресурс]. – URL: - <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (Дата обращения 15.11.23)
7. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. – М.: Отраслевой стандарт, 1983. 63 с. Режим доступа: <https://priroda.gov74.ru/files/upload/priroda/Документы/ОСТ%2056-69-83%20Площади%20пробные.pdf>
8. Пузанков А.А., Бабоско О.И. Анализ биоразнообразия породного состава лесов на примере Кашарского участкового лесничества Ростовской области / Сборник по материалам Международной научной экологической конференции, посвященной 100-летию КубГАУ. Охрана окружающей среды – основы безопасности страны. Краснодар, 2022. С. 559-561. EDN: JGFAMW
9. Турчин Т.Я., Турчина Т.А. Леса степного Придонья: монография. Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 2005. 240 с.

10. Nora Szigeti, Norbert Rank, Andrea Vityi. The Multifunctional Role of Shelterbelts in Intensively Managed Agricultural Land - Silvoarable Agroforestry in Hungary.

Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 2020;16(1):19-38. DOI:10.37045/aslh-2020-0002

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.003.26-30

Growth Course and Condition Features of Lanceolate Ash (*Fraxinus Lanceolata*) Analysis in the Dry Oak Forest of the Rostov Region Conditions

Oksana I. Baboshko, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0009-0007-8774-1117

Alexey A. Puzankov✉, e-mail: puzankov-01@mail.ru, ORCID: 0009-0000-5005-1234

Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A.K. Kortunov, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Agrarian University", nimi-info@yandex.ru, 346000, 111 Pushkinskaya str., Novocherkassk, Russia

Abstract. The study of the lanceolate ash growth in the dry oak forest of the Rostov Region conditions has scientific and practical significance, since this tree species is one of the main forest-forming species of the Kasha forestry. To date, forestry does not have data on the lanceolate ash growth in the natural forests of the Rostov Region steppe zone. This fact has determined the importance of this topic. The purpose of the research was to study the taxation indicators and lanceolate ash situation in dry oak forest conditions. The methods generally accepted in forest taxation were used. Tables of the ash growth course in diameter, height, volume and increment were compiled and regression equations of dependence on the above indicators were obtained based on the results of the research. Assessing the lanceolate ash situation in pure and mixed plantations, we came to the conclusion that with equal mixing in the composition of oak and ash tree species, the plantation is characterized as severely weakened, and pure and mixed plantings with a predominance of lanceolate ash are characterized as weakened. It was revealed that the optimal mixing in the dry ravine oak forest of the Rostov region conditions is 4Дч(оak)6Яз(ash).

Keywords: *Fraxinus lanceolata*, *Quercus robur*, the course of trunk growth, the category of the state of the plantation, the taxation indicators of the tree species, the plantation, the tree species.

Citation. Baboshko O.I., Puzankov A.A. (*Fraxinus Lanceolata*) Analysis in the Dry Oak Forest of the Rostov Region Conditions. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;1(124):26-30.

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.003.26-30

Received: 29.11.2023

Accepted: 09.02.2024

References:

1. Anuchin N.P. Forest inventory. 4-th ed. reworked and added. Moscow. *Lesnaya promyshlennost'*. Publ. house. 1977. 512 p. (In Russ.)

2. Babkov V.A. The experience of oak and ash crops creating on the Lower Don region. *Stepnoe lesorazvedenie*. 1973;14(3):47. (In Russ.)

3. Lavrinenko D.D. The interaction of tree species in different forests types. Moscow. *Lesnaya promyshlennost'* Publ. house, 1965. 246 p. (In Russ.)

4. Forestry regulations of the Kasha Forestry Department of the Rostov Region: Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Rostov Region from 25.09.2018 NoПР-176 [Web resource]: URL: <https://минприроды.рф/activity/408/> (Access date: 15.11.23) (In Russ.)

5. Nagimov Z.Ya., Zubova S.S., Sychugova O.V. [et al.] Forest inventory of a separate tree: a textbook. Ekaterinburg. Publ. house. 2020. 160 p. (In Russ.)

6. On the rules of sanitary safety in forests: Decree of the Government of the Russian Federation from 09.12.2020. No 2047 [Web resource]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313> (Access date 15.11.23) (In Russ.)

7. Industry Standard (OST) 56-69-83. Forest management trial areas. Laying method. Moscow. Otravlevoij standart Publishing. 1983. 63 p. Access mode: <https://priroda.gov74.ru/files/upload/priroda/Документы/ОСТ%2056-69-83%20Площади%20пробные.pdf> (In Russ.)

8. Puzankov A.A., Baboshko O.I. Analysis of the forests species composition biodiversity on the example of the Kasha district forestry of the Rostov Region / Compilation based on the materials of the International Scientific Ecological Conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban SAU. Environmental protection: the basis of the country's security. Krasnodar. 2022. pp. 559-561. (In Russ.) EDN: JGFAMW

9. Turchin T.Ya., Turchina T.A. Forests of the steppe Near-Don region: a monograph. Rostov-on-Don. SFEDU Publ. house. 2005. 240 p. (In Russ.)

10. Nora Szigeti, Norbert Rank, Andrea Vityi. The Multifunctional Role of Shelterbelts in Intensively Managed Agricultural Land - Silvoarable Agroforestry in Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*. 2020;16(1):19-38. DOI:10.37045/aslh-2020-0002

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

4.1.6. – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

УДК 631

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.004.31-39

Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга понижений мезорельефа в зоне опустыненных степей

Иван Александрович Болгов✉, e-mail: bolgov-ia@vfanc.ru, аспирант, ORCID: 0009-0003-3174-6382

Асель Нурлановна Берденгалиева, м.н.с., ORCID: 0000-0002-5252-7133

«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, пр. Университетский, 97, г. Волгоград, Россия

Аннотация. В засушливых условиях юга Европейской части России, расположенной в зонах сухой степи и полупустыни, в последние десятилетия наблюдается тенденция сокращения пахотных земель и использования их в качестве пастбищ. Интенсификация отгонно-пастбищного животноводства приводит к чрезмерным нагрузкам на природные сообщества, деградации растительного покрова и опустыниванию. Для предотвращения негативного воздействия на ландшафты эффективным может оказаться создание лесных насаждений. В зонах сухих степей и полупустынь лесомелиоративные мероприятия целесообразно проводить на участках понижения рельефа, которые характеризуются лучшими почвенными и гидрологическими характеристиками и благоприятны для роста деревьев. Цель работы – выявление участков на территории исследования, наиболее подходящий для проведения лесомелиорации. В качестве объекта исследования был выбран наиболее репрезентативный участок – территория Александрово-Гайского района Саратовской области. Определение лесопригодных участков производилось методом картографирования отрицательных форм рельефа (понижений, заполняемых в весенний период водой) на основе космических снимков спутников Sentinel-2 и Landsat-5,7,8 и расчета индекса MNDWI. В полупустынной зоне понижения мезорельефа классифицируются на крупные (лиманы), средние (падины) и микрорельефы (например, западины). Также использовались метеоданные системы АИСОРИ для выявления характеристик, влияющих на гидрологический режим понижений, и данные официальной статистики. Были картографированы 7,1 тыс. га пахотных земель и 254,6 тыс. га необрабатываемых полей, которые используются преимущественно как пастбища. Проведена оценка лесопригодных участков, площадь которых составляет 18,8 тыс. га. В результате анализа полученных данных о площадях заливания и метеоданных установлено, что гидрологические условия понижений рельефа зависят от поверхностного стока талых вод, глубины промерзания почвы в зимний период и мощности снежного покрова. Рост среднегодовой температуры воздуха на территории исследования ведет к уменьшению наполняемости водой понижений, что необходимо учитывать при лесомелиорации.

Ключевые слова: агроландшафты, деградация земель, опустынивание, геоинформационные технологии, дистанционное зондирование, понижения мезорельефа.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР № 122020100311-3 «Теоретические основы функционирования и природно-антропогенной трансформации агролесоландшафтных комплексов в переходных природно-географических зонах, закономерности и прогноз их деградации и опустынивания на основе геоинформационных технологий, аэрокосмических методов и математико-картографического моделирования в современных условиях».

Цитирование. Болгов И.А., Берденгалиева А.Н. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга понижений мезорельефа в зоне опустыненных степей // Научно-агрономический журнал. 2024. 1(124). С. 31-39. DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.004.31-39

Поступила в редакцию: 16.01.2024

Принята к печати: 11.03.2024

Введение. Климатические и социально-экономические изменения в России в период 1990-2000-х гг. привели к тому, что значительные площади земель, которые ранее использовались в земледелии, оказались заброшенными [4; 7]. Достаточно велика доля неиспользуемой пашни, которая находится на юге страны, где достаточно неблагоприятные для выращивания сельскохозяйственных культур почвенно-климатические условия. Фактически такие земли в настоящее время либо исполь-

зуются в качестве пастбищ, либо полностью заброшены, что ведет к интенсификации ландшафтных пожаров [12]. Чрезмерные пастбищные нагрузки в засушливых и полузасушливых условиях приводят к деградации растительного и почвенного покрова вплоть до их опустынивания и полной утраты продуктивного слоя [9; 11; 21], поэтому требуется проведение фитомелиоративных, в том числе лесомелиоративных мероприятий для повышения устойчивости подобных ландшафтов [1; 3; 22].

В зоне опустыненных степей и северных пустынь Волго-Уральского междуречья довольно сложные лесорастительные условия, что обуславливается недостатком атмосферного увлажнения, высокими температурами и значительной степенью засоления почв [6; 10]. Тем не менее возможно создание лесных насаждений в понижениях рельефа в зоне опустыненных степей (полупустынь), которые находятся в лучших условиях увлажнения из-за перераспределения атмосферных осадков, характеризуются лугово-каштановыми почвами, в то время как зональными являются каштановые, светло-каштановые, солонцы и их комплексы [14]. Подобные понижения рельефа достаточно широко распространены в Волгоградском и Саратовском Заволжье, согласно лесомелиоративной классификации они относятся к лесомелиоративному типу «в», т.к. имеют дополнительный источник увлажнения из-за перераспределения атмосферных осадков. Такие неглубокие понижения рельефа округлой или неправильной формы, представляющие собой мелководные озера, заполняемые водой весной, пересыхающие летом и превращающиеся в низинные болота или луга, называются лиманами [15; 16]. Прекращение выращивания сельскохозяйственных культур, угроза опустынивания пастбищ и наличие участков с удовлетворительными лесорастительными условиями позволяют создавать куртинные насаждения [3]. По этим причинам становится актуальной необходимость определения местоположения понижений рельефа и их площади.

Новизна исследования заключается в проведении мониторинга изменения площадей водного зеркала и определении пространственного положения отрицательных форм мезорельефа средствами геоинформационных технологий и дистанционных методов на территории исследования.

Целью исследования являлось определение наиболее лесопригодных участков на юго-востоке Саратовской области методами дистанционного зондирования Земли.

Материалы и методы. В качестве территории исследования для апробации подходов к картографированию понижений рельефа в зоне опустыненных степей выбран Александрово-Гайский район Саратовской области, который расположен на ее юго-востоке у границы с Казахстаном. В районном центре находится одноименная метеостанция Александров Гай (34391). По территории района протекают 2 реки: в центральной части района – Большой Узень, и на юго-западе района – Малый Узень. Наблюдается большое количество искусственных каналов для орошения, также здесь расположена Малоузенская система лиманного орошения [15].

Картографирование понижений рельефа достаточно затруднено из-за их относительно небольшого размера, что предъявляет требования к пространственному разрешению спутниковых данных. Наличие в открытом доступе данных ди-

станционного зондирования высокого пространственного разрешения спутников миссий Landsat и Sentinel-2 дает возможность их выделить [19].

В Волгоградском Заволжье выполнялись подобные работы с использованием вегетационного индекса NDVI [8]: в лучших условиях увлажнения в понижениях рельефа растительный покров отличается от окружающего ровного пространства, в том числе и сезонной динамикой вегетационного индекса [13], поэтому данный подход может быть оправдан. Тем не менее степная растительность обладает достаточно большой межгодовой и сезонной изменчивостью, из-за чего использование вегетационных индексов, чувствительных к растительной фитомассе, не всегда может подходить для данных целей. Поэтому наиболее увлажненные участки, которые зачастую заливаются тальми водами, могут быть выделены на основе индексов, предназначенных для определения водоемов и переувлажненных участков, например, NDWI, MNDWI и др.

Для определения границ водных объектов рекомендуются индексы NDWI и MNDWI [5; 18]. Но NDWI имеет больше ошибок в случае с переувлажненной почвой [17], что может наблюдаться на свежеспаханных полях в весенний период, по этой причине в данном исследовании применялся индекс MNDWI.

Индекс MNDWI определяется по формуле [23]:

$$MNDWI = (GREEN - SWIR) / (GREEN + SWIR),$$

где: GREEN – зелёный канал,

SWIR – коротковолновый инфракрасный канал (длина волны 2,2 мкм).

Для расчетов значений указанных индексов использовался сервис Вега – Science [9; 20], который предоставляет доступ к спутниковым данным второго уровня обработки с коррекцией атмосферных искажений и радиометрической калибровкой, а также рассчитанных на их основе вегетационных индексов. При картографировании водной поверхности использованы данные с космических аппаратов Sentinel-2, Landsat-5, 7, 8. После выгрузки данные были обработаны в программе QGIS, где выделялось водное зеркало на основе эмпирически подобранного порогового значения MNDWI для водных объектов, равное -0,2. Спутниковые данные выбирались на апрель-май, когда обводненность понижений рельефа была максимальной (табл. 1). Контроль точности осуществлялся визуальным сравнением полученной маски водного зеркала со спутниковым изображением. Кроме ежегодных значений площадей водного зеркала (рис. 1) была определена суммарная площадь всех участков, заливаемых водой за период исследований – 1984-2022 гг. Границы используемых и неиспользуемых пахотных земель определялись экспертным дешифрированием по спутниковым данным Landsat за 1984 и 2022 гг. [4].

Метеоданные (месячные суммы осадков, средняя температура, суточные значения температуры почв по глубинам и мощности снежного по-

крова) были загружены из автоматизированной информационной системы обработки режимной информации АИСОРИ (<http://aisori-m.meteo.ru>). За глубину промерзания принималась максимальная

глубина с зафиксированными отрицательными температурами почв. На метеостанции Александров-Гай ведутся наблюдения за температурами почв на глубинах 20, 40, 80, 160, 240 и 320 см.

Таблица 1. Даты использованных спутниковых снимков

Дата снимков	Спутник	Дата снимков	Спутник	Дата снимков	Спутник
12.04.1984	Landsat-5	10.04.2001	Landsat-7	11.04.2016	Landsat-8
18.04.1986	Landsat-5	22.04.2002	Landsat-7	07.04.2017	Landsat-8
04.04.1990	Landsat-5	19.04.2004	Landsat-5	27.04.2018	Sentinel-2
07.04.1991	Landsat-5	03.04.2007	Landsat-5	22.04.2019	Sentinel-2
28.04.1993	Landsat-5	24.04.2009	Landsat-5	11.04.2020	Sentinel-2
24.04.1994	Landsat-5	20.04.2010	Landsat-5	01.04.2021	Sentinel-2
27.04.1995	Landsat-5	23.04.2011	Landsat-5	16.04.2022	Sentinel-2
13.04.1996	Landsat-5	19.04.2013	Landsat-8		
07.04.2000	Landsat-7	02.04.2015	Landsat-8		

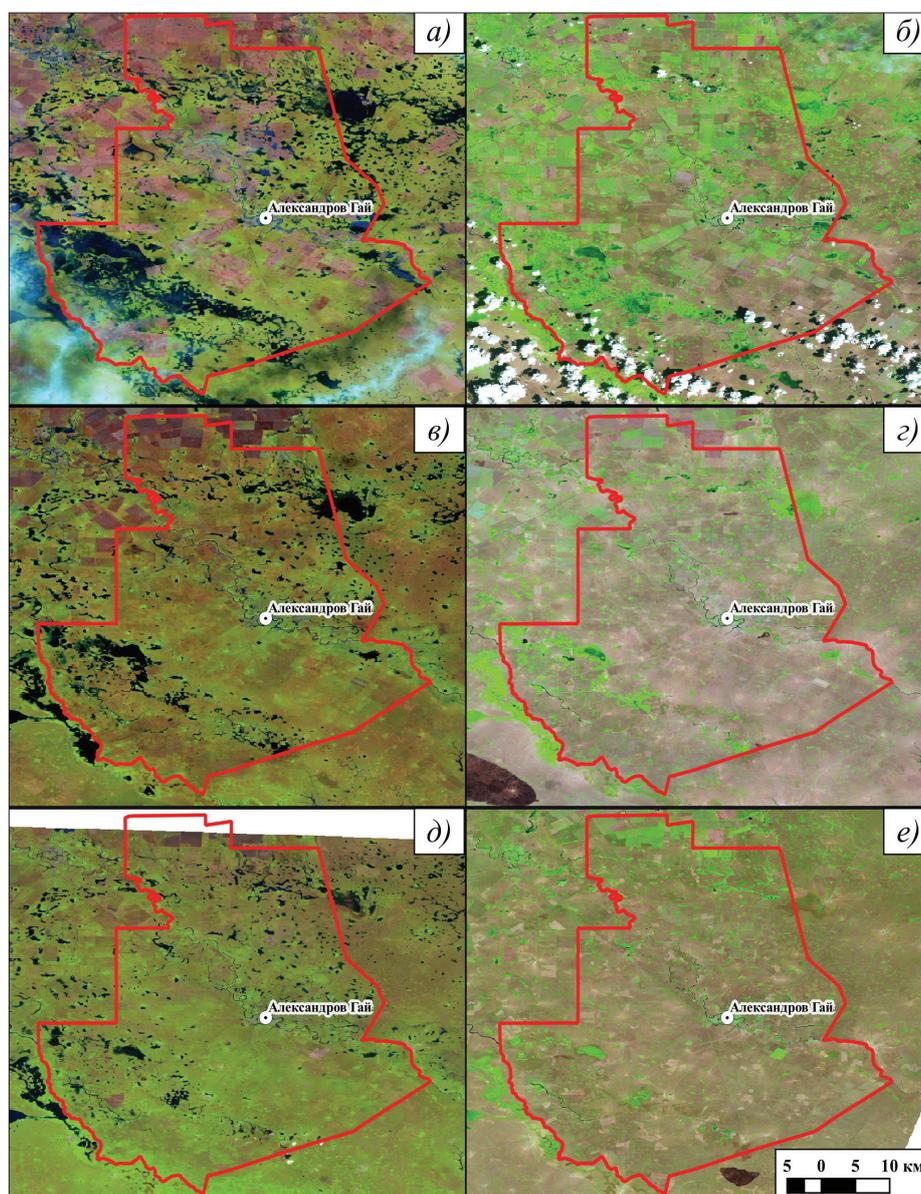


Рисунок 1. Спутниковые изображения территории исследований: 24.04.1994 (а), 13.07.1994 (б), 20.04.2010 (в), 26.06.2010 (г), 16.04.2022 (д), 09.07.2022 (е)

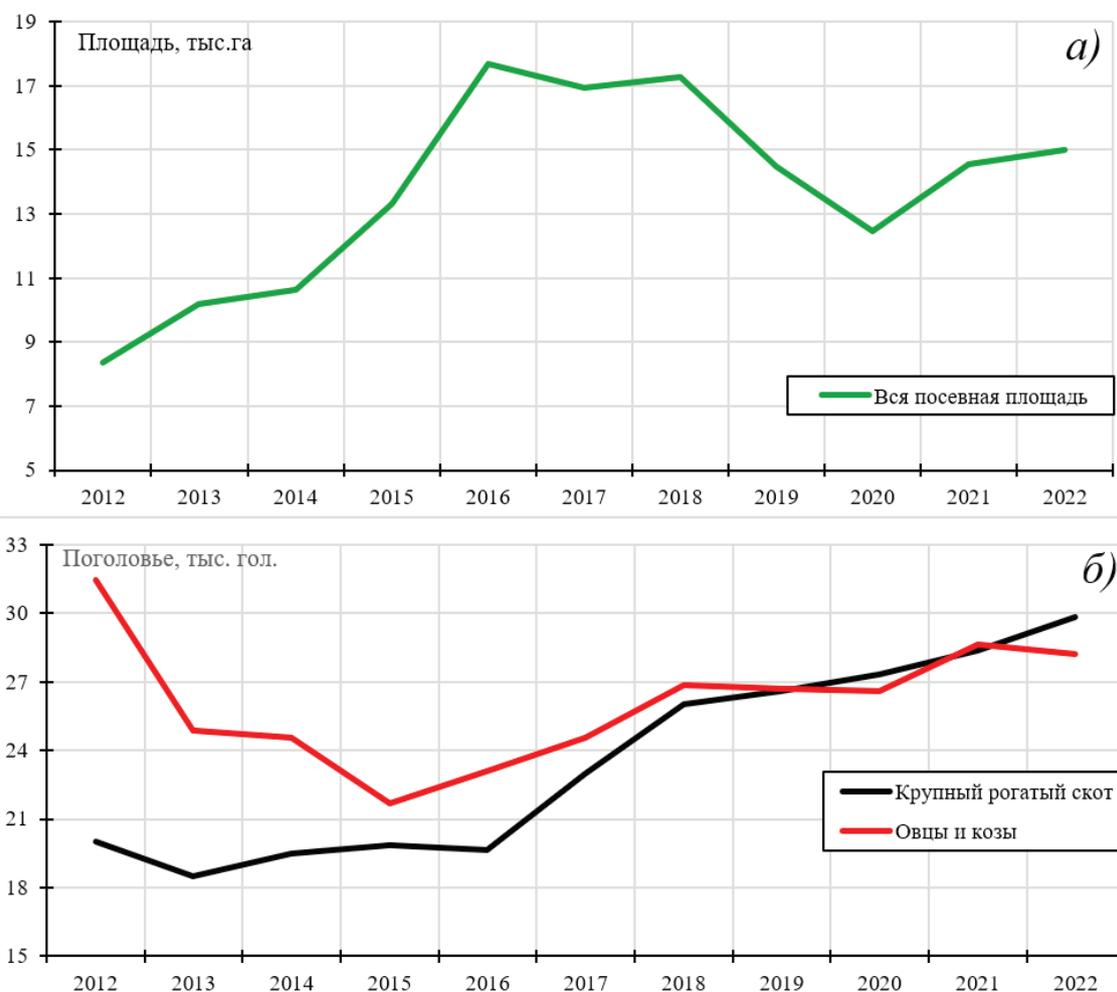


Рисунок 2. Динамика посевных площадей (а) и поголовья скота (б)

Глубина снежного покрова рассчитывалась при покрытии снегом не менее 50% территории вокруг метеостанции. Определялись как средние, так и максимальные и среднемаксимальные среднемесячные значения за зиму и год. Данные о величинах посевных площадей и поголовья скота были загружены из базы данных показателей муниципальных образований Саратовской области (<https://rosstat.gov.ru/dbscripts/munst/munst63/DBInet.cgi>).

Результаты и обсуждение. Согласно Атласу почв РФ [10] в Александрово-Гайском районе 259,5 тыс. га сельскохозяйственных угодий, из которых 36,8 тыс. га пашни, 28,9 тыс. га сенокосов и 193,6 тыс. га пастбищ. По данным сельскохозяйственной переписи 2006 г. в районе было 22,9 тыс. га пашни и 16,3 тыс. га залежей (<https://64.rosstat.gov.ru/folder/28075>). Актуальная величина площади посевных площадей в районе составляет от 9 до 20 тыс. га (рис. 2). В результате дешифрирования спутниковых данных картографировано 161,8 тыс. га пахотных земель в период 1984-2022 гг., из них 154,6 тыс. га необрабатываемых и 7,1 тыс. га обрабатываемых земель (рис. 3). Таким образом, большая часть залежных земель, которые использовались ранее для выращивания сельскохозяйст-

венных культур, в настоящее время имеют другое назначение (в основном пастбища и сенокосы). В районе в последние годы отмечается тенденция роста поголовья крупного рогатого скота на 50% к 2022 г. по сравнению с 2012 г., количество которого примерно выровнялось с овцами и козами (рис. 2). Тенденции роста поголовья скота свидетельствуют о том, что создаваемые защитные лесные насаждения в районе должны носить преимущественно пастбищезащитные и мелиоративнокормовые функции.

Карта-схема максимальной площади водного зеркала за весь период исследований дает представление о распространении понижений рельефа. В настоящее время заливание водой носит нерегулярный и кратковременный характер, поэтому эту территорию можно отнести к лесомелиоративному типу «в», соответственно здесь могут быть проведены лесомелиоративные работы согласно методическим рекомендациям [3].

Таким образом, получена оценка наиболее лесопригодных участков – 18,8 тыс. га (рис. 3в).

Поверхностный сток талых вод в водоемы зависит от снегозапаса, влажности и глубины промерзания почв [3]. Поэтому интерес представляет анализ взаимосвязей указанных характеристик

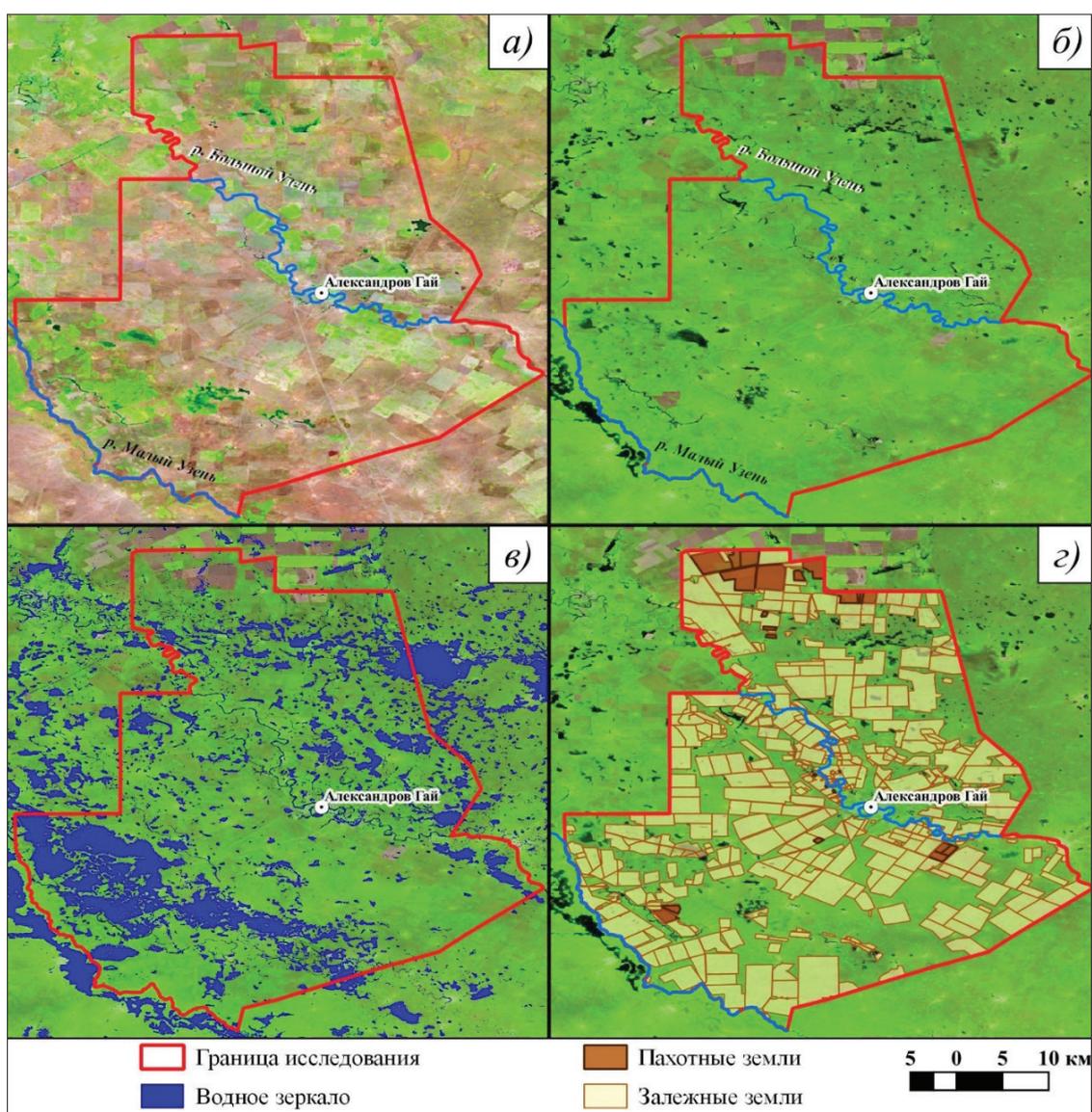


Рисунок 3. Спутниковые изображения 01.07.1984 (а), 07.05.2022 (б), максимальные площади водного зеркала (в), распределение пашни и залежи на 2022 год (г)

и площадей временных водоемов в понижениях (рис. 4). В юго-западной части района расположена Малоузенская система лиманного орошения, которая наполняется не только талыми водами и пойменными водами реки Малый Узень, но и по системе каналов из Волгоградского водохранилища. Поэтому взаимосвязи характеристик, обуславливающих поверхностный сток, и динамика площади водного зеркала на этом участке должны рассматриваться отдельно. Большая часть обводненных лиманов Малоузенской системы орошения используется в качестве сенокосов, поэтому лесные насаждения здесь могут снизить полезную площадь сенокоса. Необходимость и возможность проведения здесь лесомелиоративных мероприятий требует дополнительных исследований.

Наибольшее влияние на наполняемость понижений талыми водами оказывают атмосферные осадки ($r=0,77$, $p<0,01$), причем не только в холодное полугодие. Возможно, что это связано с ростом

поверхностного стока талых вод при увеличении влажности верхних горизонтов почвы [2]. В меньшей степени площадь водного зеркала связана с максимальной за зиму глубиной промерзания ($r=0,21$, $p<0,1$) и практически не зависит от мощности снежного покрова. Рост температур способствует уменьшению площадей заливаемых талыми водами понижений ($r=-0,74$, $p<0,01$) и сокращению периода их наполнения. Отчасти это может быть связано с трудностями картографирования быстровысыхающих понижений, поскольку в весенний период из-за частой облачности количество доступных спутниковых изображений снижено. Это может приводить к пропуску и недоучету реальных площадей заливаемых весной понижений. Тенденции климатических изменений в районе направлены на рост температур (значимость тренда $p<0,05$), при этом значимых изменений сумм осадков, мощности снежного покрова и глубины промерзания почв не отмечено (рис. 4).

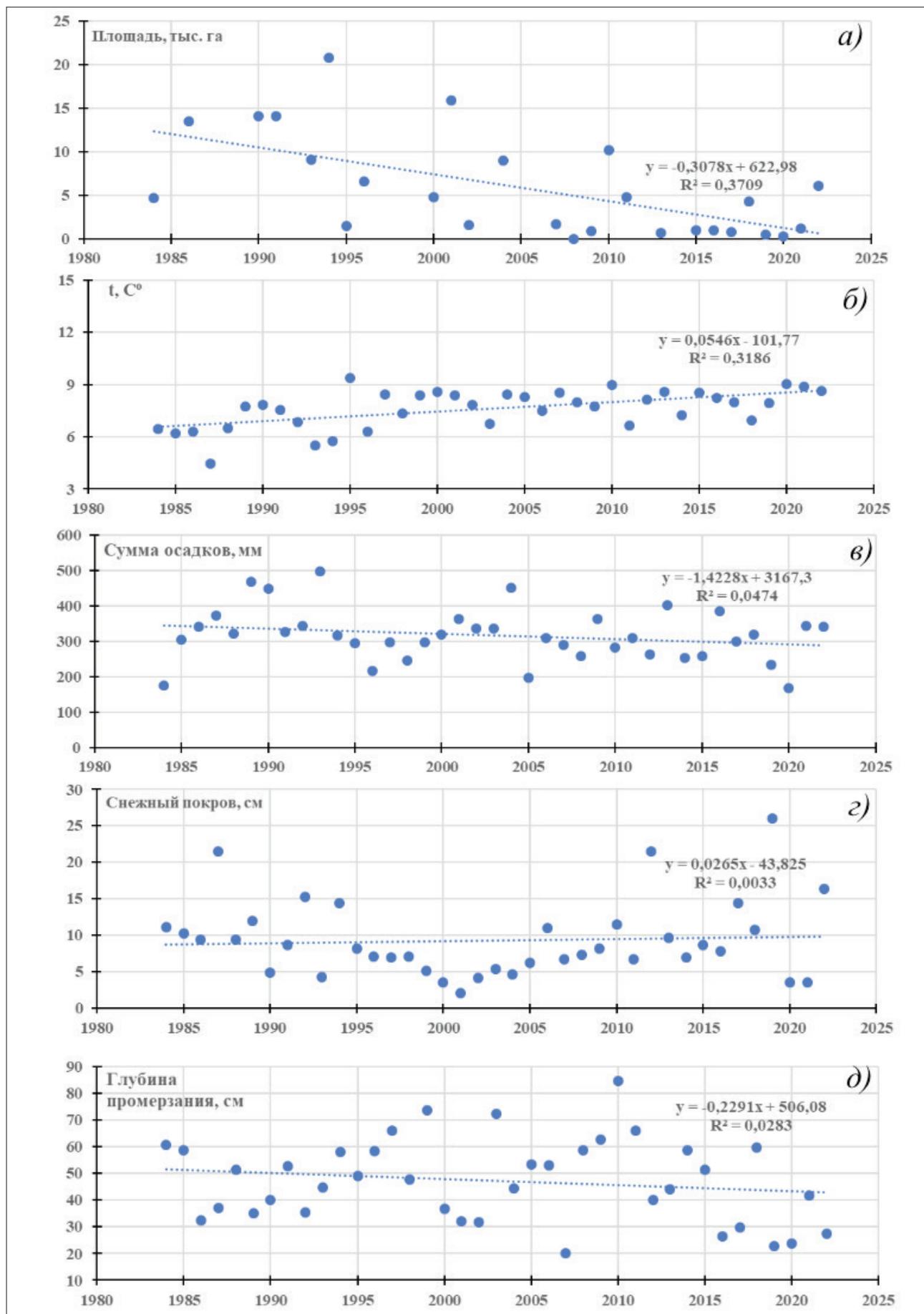


Рисунок 4. Динамика площади водного зеркала (а), температуры воздуха(б), годовой суммы осадков (в), снежного покрова (г), глубины промерзания (д)

В то же время наполняемость водой понижений значительно сокращается: после 2010 г. только в отдельные годы отмечены 5-7 тыс. га водного зеркала. Этот факт должен учитываться при планировании лесомелиоративных мероприятий на пастбищах района. Среднее количество дней со снегом (при мощности более 5 см и покрытии более 50%) в районе составляет 70-80 дней, что достаточно для функционирования защитных лесных насаждений в понижениях рельефа [3].

Выводы. В результате исследования определено пространственное размещение понижений в Александрово-Гайском районе на основе геоинформационного картографирования водного зеркала по данным дистанционного зондирования Земли. Анализ землепользования по спутниковым снимкам и данным статистики показал, что большая часть сельскохозяйственных угодий используются в качестве пастбищ. В условиях роста поголовья скота возможно проведение фитомелиоративных мероприятий по созданию пастбищезащитных лесных насаждений. Выявленные понижения рельефа общей площадью 18,8 тыс. га могут быть отнесены к лесомелиоративному типу «в».

Литература:

1. Агроресомелиорация. 5-е изд., переработ. и доп. / под ред. А.Л. Иванова, К.Н. Кулика. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. 746 с. Режим доступа: <https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2022/12/agrolesomelioracziya-1.pdf>
2. Барабанов А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. – Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2017. 188 с. Режим доступа: https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2023/04/barab_.pdf
3. Беляев А.И., Кулик К.Н., Манаенков А.С. [и др.] Методические рекомендации по фитомелиоративной реконструкции деградированных и опустыненных пастбищ Российской Федерации инновационными экологически безопасными ресурсосберегающими технологиями. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2021. 68 с. Режим доступа: <https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2021/12/rekomendaczii-okonchat.pdf>
4. Болгов И.А., Берденгалиева А.Н. Анализ пространственной структуры сельскохозяйственных угодий юга Саратовского Заволжья // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 60-67. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.009.60-67
5. Васильченко А.А. Анализ основных методов выделения водного зеркала с помощью спектрональных данных ДЗЗ // Грани познания. 2021. № 2(73). С. 4-8. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_45688572_61445901.pdf EDN: НКАТBP
6. Воротников И.Л., Панфилов А.В., Колотырин К.П. Влияние эколого-экономических рисков на состояние агроландшафтов Саратовского Заволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1(25). С. 21-25. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ekologo-ekonomicheskikh-riskov-na-sostoyanie-agrolandshaftov-saratovskogo-zavolzhyia>
7. Гусев В.А., Пичугина Н.В. Проблемы современного землепользования на примере полупустынной зоны Саратовского Заволжья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2009. Т.9. № 1. С. 20-23. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-sovremenного-zemlepolzovaniya-na-primere-polupustynnoy-zony-saratovskogo-zavolzhyia>
8. Конюшкова М.В. Цифровое картографирование почв солонцовых комплексов Северного Прикаспия. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 316 с. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoe-kartografirovanie-pochv-solontsovyh-kompleksov-severnogo-prikaspiya1>
9. Кулик К.Н., Н.А. Ткаченко Адаптивно-ландшафтная трансформация малопродуктивных и деградированных земель Волгоградского Заволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 2(30). С. 3-8. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivno-landshaftnaya-transformatsiya-maloproduktivnyh-i-degradirovannyh-zemel-volgogradskogo-zavolzhyia>
10. Мамин В.Ф., Вронская Л.В. Состояние лиманов как пример антропогенной регрессии локальных луговых экосистем // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3(63). С. 88-95. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-08.
11. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявление засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)» (под редакцией Р.С.-Х. Эдельгериева). 2021. Том 3. М.: ООО «Издательство МБА», 700 с.
12. Павлейчик В.М. Широтно-зональная неоднородность развития травяных пожаров в Заволжско-Уральском регионе // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. № 2. С. 1-14. DOI: 10.24411/2304-9081-2019-12013
13. Рулев А.С., Канищев С.Н., Шинкаренко С.С. Анализ сезонной динамики NDVI естественной растительности Заволжья Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13, № 4. С. 113-123. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-20-113-123
14. Рулев А.С., Юферев В.Г., Рулев Г.А. Почвенно-геоморфологическая катена «Малый сырт – Прикаспий» // Геоморфология. 2020. № 1. С. 22-33. DOI 10.31857/S0435428120010125
15. Тарасенко П.В., Туктаров Р.Б. Современное эколого-мелиоративное состояние инженерных систем лиманного орошения полупустынной зоны Саратовского Заволжья // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. С. 421. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=8309>
16. Туктаров Р.Б., Онаев М.К., Жумаева К.Р. Использование ГИС-технологий для мониторинга лиманов // Наука и образование. 2022. № 1-2(66). С. 84-92. DOI: 10.52578/2305-9397-2022-1-2-84-92
17. Шинкаренко С.С., Барталев С.А., Берденгалиева А.Н., Выприцкий А.А. Динамика площадей водоёмов Западного ильменно-бугрового района дельты Волги // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 4. С. 285-290. DOI 10.21046/2070-7401-2021-18-4-285-290
18. Шинкаренко С.С., Дорошенко В.В., Берденгалиева А.Н. Динамика площади гарей в зональных ландшафтах

юго-востока европейской части России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86. № 1. С. 122-133. DOI: 10.31857/S2587556622010113

19. Юферев В.Г., Кулик К.Н., Рулев А.С., Мушаева К.Б., Кошелев А.В., Дорохина З.П. Геоинформационные технологии в агроресомелиорации. – Волгоград. ВНИАЛМИ. 2010. 102 с.

20. Loupian E., Burtsev M., Proshin A., Kashnitskii A., Balashov I., Bartalev S., Konstantinova A., Kobets D., Radchenko M., Tolpin V., Uvarov I. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System. *Remote Sensing*. 2022;14(1):77. DOI: 10.3390/rs14010077

21. Pugacheva A.M., Belyaev A.I., Trubakova K.Yu., Romadin O.D. Regional Climate Changes in Arid Steppes and their Connection with Droughts. *Arid Ecosystems*. 2022; 12(4):353-360. DOI: 10.1134/s2079096122040187

22. Rulev A.S., Pugacheva A.M. Formation of a New Agroforestry Paradigm. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2019;89(5):495-501. DOI: 10.1134/S1019331619050071

23. Xu H. Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 2006;27:3025-3033. DOI: 10.1080/01431160600589179

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.004.31-39

Remote Sensing Data Using for Mesorelief Depressions Monitoring in the Desolate Steppe Zone

Ivan A. Bolgov✉, e-mail: bolgov-ia@vfanc.ru, Post-graduate, ORCID: 0009-0003-3174-6382

Asel' N. Berdengalieva, Junior Researcher, ORCID: 0000-0002-5252-7133

«Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of agroecology RAS), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt 97, Volgograd, Russia

Abstract. In the arid conditions of the southern European part of Russia, located in the dry steppe and semi-desert zones, there has been a tendency to reduce arable land and use it as pastures in recent decades. Intensification of semi-nomad animal husbandry leads to excessive stress on natural communities, degradation of vegetation cover and desertification. Creation of forest plantations may be effective for preventing a negative impact on landscapes. In areas of dry steppes and semi-deserts, it is advisable to carry out forest reclamation measures in terrain lowering areas, which are characterized by the best soil and hydrological characteristics and are favorable for tree growth. The purpose of the work is to identify the sites in the study area that are most suitable for forest reclamation. The region of the Alexandrovo-Gaisky district of the Saratov Region was chosen as the research object as the most representative site. The determination of forest-suitable areas was carried out by negative landforms (depressions filled with water in the spring) mapping based on Sentinel-2 and Landsat-5,7,8 satellite images and MNDWI index calculating. In the semi-desert zone, mesorelief depressions are classified into large (estuaries), medium (padinas) and microrelief (for example, zapadinas). Weather data from the AISORI system, as well as official statistics, were also used to identify characteristics affecting the hydrological regime of depressions. 7.1 thousand hectares of arable land and 254.6 thousand hectares of non-arable land, which are mainly used as pastures, were mapped. The assessment of forest-suitable sites, the area of which is 18.8 thousand hectares, has been carried out. As a result of the data obtained on the flooding areas and meteorological data analysis, it was found that the hydrological conditions of relief depressions depend on the surface runoff of meltwater, the

depth of soil freezing in winter and the thickness of snow cover. An increase in the average annual air temperature in the study area leads to a decrease in the water content of depressions, which must be taken into account during forest reclamation.

Keywords: agricultural landscapes, desertification, land degradation, geoinformation technologies, remote sensing, mesorelief lowering

Funding. The work was carried out within the framework of the state task for the FSC of agroecology RAS No. 122020100311-3 «Theoretical foundations of the functioning and natural-anthropogenic transformation of agroforestry complexes in transitional natural and geographical zones, as well as patterns and forecast of their degradation and desertification based on geoinformation technologies, aerospace methods and mathematical cartographic modeling in current conditions».

Citation. Bolgov I.A., Berdengalieva A.N. Remote Sensing Data Using for Mesorelief Depressions Monitoring in the Desolate Steppe Zone. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;1(124):31-39.

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.004.31-39

Received: 16.01.2024

Accepted: 11.03.2024

References:

1. Agroforestry. 5th ed., reworked. and additional / edited by A.L. Ivanov, K.N. Kulik. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2006. 746 p. (In Russ.). Access mode: <https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2022/12/agrolesomeliioraczziya-1.pdf>

2. Barabanov A.T. Erosion and hydrological assessment of the interaction between natural and anthropogenic factors in the meltwater surface runoff formation and adaptive landscape agriculture. Volgograd. FSC of agroecology RAS Publ. house. 2017. 188 p. (In Russ.) Access mode: <https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2023/04/barab.pdf>

3. Belyaev A.I., Kulik K.N., Manaenkov A.S. [et al.]. Methodological recommendations for the phytomeliorative reconstruction of degraded and desolate pastures of the

Russian Federation with innovative environmentally friendly resource-saving technologies. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2021. 68 p. (In Russ.) Accessmode: <https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2021/12/rekomendacziikonchat.pdf>

4. Bolgov I.A., Berdengalieva A.N. Agricultural land spatial structure analysis in the south of the Saratov Trans-Volga region. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2023; 4(123): 60-67. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.009.60-67

5. Vasil'chenko A.A. Analysis of the water mirror main analysis methods using remote sensing spectral data. *Grani poznaniya*. 2021;2(73):4-8. (In Russ.) Accessmode: https://elibrary.ru/download/elibrary_45688572_61445901.pdfEDN: HKATBP

6. Vorotnikov I.L., Panfilov A.V., Kolotyryn K.P. The environmental and economic risks influence on the state of agricultural landscapes of the Saratov Trans-Volga region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2012;1(25):21-25. (In Russ.) Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ekologo-ekonomicheskikh-riskov-na-sostoyaniye-agrolandshaftov-saratovskogo-zavolzhyia>

7. Gusev V.A., Pichugina N.V. Problems of contemporary land use on the example of the semi-desert zone of the Saratov Trans-Volga region. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Nauki o Zemle = Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*. 2009;9(1):20-23. (In Russ.) Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-sovremennogo-zemlepolzovaniya-na-primere-polupustynnoy-zony-saratovskogo-zavolzhyia>

8. Konyushkova M.V. Digital mapping of the saline complexes soils of the Northern Near-Caspian region. Moscow. KMK Publ. house. 2014. 316 p. (In Russ.) Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoe-kartografirovaniye-pochv-solontsovykh-kompleksov-severnogo-prikaspiya1>

9. Kulik K.N., Tkachenko N.A. Adaptive landscape transformation of unproductive and degraded lands of the Volgograd Trans-Volga Region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2013;2(30):3-8. (In Russ.) Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivno-landshaftnaya-transformatsiya-maloproduktivnyh-i-degradirovannyh-zemel-volgogradskogo-zavolzhyia>

10. Mamin V.F., Vronskaya L.V. The state of estuaries as an example of anthropogenic regression of local meadow ecosystems. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2021;3(63):88-95. (In Russ.) DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-08

11. National report «Global climate and soil cover of Russia: manifestation of drought, its prevention and control measures, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry)» (edited by R.S.-H. Edelgeriev). 2021. 3. Moscow. LLC «Izdatel'stvo MBA» Publ. house, 700 p. (In Russ.)

12. Pavlejchik V.M. Latitudinal-zonal heterogeneity of the grass fires development in the Trans-Volga-Ural region. *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra*. 2019;2:1-14. (In Russ.) DOI: 10.24411/2304-9081-2019-12013

13. Rulev A.S., Kanishchev S.N., Shinkarenko S.S. Analysis of the NDVI natural vegetation seasonal dynamics in the Volga region of the Volgograd Region. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from Space*. 2016; 13(4):113-123. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-20-113-123

14. Rulev A.S., Yuferev V.G., Rulev G.A. «Maly Syrt – Near-Caspian region» soil-geomorphological catena. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. 2020;1:22-33. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0435428120010125

15. Tarasenko P.V., Tuktarov R.B. Current ecological and reclamation condition of estuary irrigation engineering systems in the semi-desert zone of the Saratov Trans-Volga region. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*. 2013;1:421. (In Russ.) Access mode: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=8309>

16. Tuktarov R.B., Onaev M.K., Zhumaeva K.R. The use of GIS technologies for estuaries monitoring. *Nauka i obrazovanie*. 2022;1-2(66):84-92. (In Russ.) DOI: 10.52578/2305-9397-2022-1-2-84-92

17. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Berdengalieva A.N., Vypritskij A.A. Dynamics of the reservoirs areas in the Western Estuaries-Hilly region of the Volga river Delta. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from Space*. 2021;18(4):285-290. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-285-290

18. Shinkarenko S.S., Doroshenko V.V., Berdengalieva A.N. The burnt area dynamics in the zonal landscapes of the South-East of the European part of Russia. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2022;86(1):122-133. (In Russ.) DOI: 10.31857/S2587556622010113

19. Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S., Mushaeva K.B., Koshelev A.V., Dorokhina Z.P. Geoinformation technologies in agroforestry. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2010. 102p. (In Russ.)

20. Loupian E., Burtsev M., Proshin A., Kashnitskii A., Balashov I., Bartalev S., Konstantinova A., Kobets D., Radchenko M., Tolpin V., Uvarov I. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System. *Remote Sensing*. 2022;14(1):77. DOI: 10.3390/rs14010077

21. Pugacheva A.M., Belyaev A.I., Trubakova K.Yu., Romadina O.D. Regional Climate Changes in Arid Steppes and their Connection with Droughts. *Arid Ecosystems*. 2022; 12(4):353-360. DOI: 10.1134/s2079096122040187

22. Rulev A.S., Pugacheva A.M. Formation of a New Agroforestry Paradigm. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2019;89(5):495-501. DOI: 10.1134/S1019331619050071

23. Xu H. Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 2006;27:3025-3033. DOI: 10.1080/01431160600589179

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

Водоустойчивость структуры дерново-подзолистых почв, подверженных водной эрозии, на разных агрофонах

¹Николай Николаевич Цыбулько✉, e-mail: nik.nik1966@tut.by, д.с.-х.н., профессор, начальник научно-исследовательского отдела, ORCID: 0000-0001-7746-6990

²Виктор Борисович Цырибко, к.с.-х.н., доцент,

зав. лаб. агрофизических свойств и защиты почв от эрозии, ORCID: 0000-0002-5406-016X

³Инна Ивановна Жукова, к.с.-х.н., доцент, зав. кафедрой биологии и методики преподавания биологии

²Илья Александрович Логачев, м.н.с., соискатель, ORCID: 0000-0003-2239-0866

¹Учреждение образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова», info@iseu.by, 220070, ул. Долгобродская 23/1, Минск, Беларусь

²Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси, brissa_erosion@mail.ru, 220108, ул. Казинца 90, Минск, Беларусь

³Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка», e-mail: inn0707@bspu.by, 220030, ул. Советская 18, Минск, Беларусь

Аннотация. Водоустойчивость структуры почвы – одна из важнейших характеристик, определяющих ее противозерозионную стойкость. Дерново-подзолистые почвы по своим генетическим свойствам отличаются низкой устойчивостью к эрозии. Поэтому актуальным является разработка агротехнических и агрохимических приемов, способствующих повышению водоустойчивости агрегатов эродированных почв. Новизна представленной работы состоит в изучении влияния севооборотов с насыщением их сельскохозяйственными культурами, имеющими разную почвозащитную способность, а также систем удобрения в севообороте на показатели водоустойчивости структуры в разной степени эродированных дерново-подзолистых почв. В результате исследований установлено, что из агрофизических и агрохимических показателей, влияющих на структурно-агрегатное состояние почв, водоустойчивость почвенной структуры зависит преимущественно от содержания органического вещества. Использование эродированных почв в травяно-зерновых севооборотах с насыщением многолетними бобовыми травами до 75% и применение в севообороте органоминеральной системы удобрения и известкования приводят к улучшению показателей водоустойчивости почвенной структуры. Установлено, что средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов снижается с увеличением степени эрозионной деградации почв. Возделываемые сельскохозяйственные культуры не оказывают существенного влияния на этот показатель. Отмечается только тенденция его повышения под люцерной третьего года пользования в травяно-зерновом севообороте. Не установлено также достоверного влияния систем удобрения на средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов. Полученные результаты исследований являются научной основой при разработке почвозащитных адаптивно-ландшафтных систем земледелия для разных агротехнологических групп земель, подверженных эрозионной деградации.

Ключевые слова: водоустойчивость почв, водопрочные агрегаты, эродированные почвы, севооборот, система удобрения.

Финансирование. Работа выполнена в рамках Государственной программы научных исследований «Качество и эффективность агропромышленного производства», подпрограмма «Сохранение и повышение плодородия почв» по заданию 2.42. «Установление закономерностей влияния основных показателей плодородия и элементов агротехнологий на устойчивость почв к эрозионной деградации».

Цитирование. Цыбулько Н.Н., Цырибко В.Б., Жукова И.И., Логачев И.А. Водоустойчивость структуры дерново-подзолистых почв, подверженных водной эрозии, на разных агрофонах // Научно-агрономический журнал. 2024. 1(124). С. 40-47. DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.005.40-47

Поступила в редакцию: 22.01.2024

Принята к печати: 06.03.2024

Введение. Способность почвы противостоять воздействию дождевых капель, водному потоку, совместному действию потока воды и капель дождя – сложная комплексная характеристика почвы. Противозерозионная стойкость почв количественно выражается в величине размывающей скорости потока, определяемая двумя показателями: размером водопрочных агрегатов и сцеплением их друг с другом. Остальные свойства почв влияют на противозерозионную стойкость косвенно, через эти пока-

затели. Следовательно, противозерозионная стойкость почвы в целом обусловлена водопрочностью ее структуры [1; 3]. Наличие водопрочной структуры – результат формирования органоминеральных соединений при обязательном участии новообразованного гумуса, высокодисперсных глинистых минералов и обменных оснований [13].

В структурообразовании важнейшая роль принадлежит почвенному органическому веществу как основной субстанции, «склеивающей» гра-

нулометрические элементы в микро- и макроагрегаты и образующей гуматы кальция и магния, которые выпадают в осадок и служат центрами образования агрегатов [8]. Способность гумуса склеивать, цементировать частицы почвы в водопропрочные агрегаты должна непосредственно сказываться и на противоэрозионной стойкости почв. Низкое содержание гумуса в почве приводит к тому, что водопропрочные агрегаты диаметром $>0,25$ мм практически отсутствуют, значит ухудшается физическое состояние почвы (высокая плотность, низкая пористость и водопроницаемость) [5].

Водоустойчивость почв зависит от свойств коллоидно-дисперсных минералов, составляющих илистую фракцию. Почвы, содержащие значительное количество каолинита, имеют низкую водопропрочность. Это объясняется тем, что каолинит мало набухает и не обеспечивает прочное сцепление между частицами. Почвы, в которых преобладают гидрофильные минералы (монтмориллонит, вермикулит и др.), характеризуются сравнительно высоким сцеплением и водоустойчивостью. Наиболее водопропрочная структура образуется при взаимодействии гуминовых кислот с минералами монтмориллонитовой группы и гидрослюдами, менее водопропрочная – при взаимодействии с кварцем, аморфной кремнекислотой и каолинитом [2].

Обменные катионы определяют поверхностные свойства почвенных частиц, поэтому их состав также влияет на водоустойчивость агрегатов. Установлено, что почвы, богатые коллоидами, имеют более высокую водопропрочность структуры, если они насыщены обменным кальцием [9].

Воздействие смывости почвы на ее водоустойчивость выражается в ухудшении гумусного состояния и агрофизических свойств. Рыхлые пахотные горизонты смытых почв имеют в среднем в 1,2 раза меньшую размывающую скорость, чем несмытые почвы, за счет ухудшения водопропрочности структуры. На более плотных почвах влияние смывости может не проявиться, так как уменьшение водопропрочности структуры смытых почв компенсируется увеличением их сцепления в результате уплотнения [4].

Следует отметить, что водопропрочность макроструктуры дерново-подзолистых почв, сформированных на разных почвообразующих породах, подверженных эрозионным процессам, а также влияние на нее агротехнологий, включая системы удобрения, исследованы недостаточно.

Цель исследований – изучить влияние севооборотов с насыщением их сельскохозяйственными культурами, имеющими разную почвозащитную способность, а также воздействие систем удобрения на водоустойчивость структуры в разной степени эродированных дерново-подзолистых почв, сформированных на лессовидных и моренных суглинках.

Объекты и методика исследований. Исследования проводили в 2018-2021 гг. в условиях центральной и северной почвенно-экологических

провинций Беларуси на полевых опытных станциях «Стоковые площадки» (Минский район, Минская область) и «Браслав» (Браславский район, Витебская область) Института почвоведения и агрохимии.

Объектами исследований являлись дерново-подзолистые почвы, сформированные на лессовидных и моренных суглинках, расположенные соответственно на склонах южной экспозиции крутизной $6-7^\circ$ и северо-восточной экспозиции крутизной $5-7^\circ$. На водораздельной равнине находились неэродированные почвы, в верхней части склона – слабо- и среднеэродированные почвы, в средней части склона – сильноэродированные почвы.

Показатели водоустойчивости почвенной структуры изучали под сельскохозяйственными культурами, которые возделывали в следующих севооборотах:

- зерновой севооборот №1 (овес – яровой рапс – яровая пшеница – озимая рожь);
- зернотравяной севооборот №2 (горох с овсом на зеленую массу – озимая тритикале – горох с овсом на зеленую массу – озимая пшеница);
- травяно-зерновой севооборот №3 (однолетние травы с подсевом люцерны – люцерна трехлетнего пользования);
- травяно-зерновой севооборот №4 (яровая пшеница с подсевом люцерны – люцерна трехлетнего пользования).

На дерново-подзолистых неэродированных, средне- и сильноэродированных почвах на лессовидных суглинках в зерновом севообороте 1 изучено влияние систем удобрения на показатели водоустойчивости структуры почв. Схема опыта включала следующие варианты: 1. Минеральная система удобрения – применяли только минеральные (NPK) удобрения под возделываемые культуры; 2. Минеральная система удобрения + известкование – минеральные (NPK) удобрения и доломитовая мука в дозе 6,5 т/га в севообороте после озимой пшеницы; 3. Органоминеральная система удобрения – минеральные (NPK) удобрения и органические удобрения в дозах 40 т/га после озимой пшеницы и после ярового рапса; 4. Органоминеральная система удобрения + известкование – минеральные (NPK) удобрения, органические удобрения в дозах 40 т/га после озимой пшеницы и после ярового рапса, доломитовая мука в дозе 6,5 т/га в севообороте после озимой пшеницы. Дозы минеральных удобрений под культуры: овес – $N_{90}P_{60}K_{80}$; яровой рапс – $N_{130}P_{60}K_{90}$; яровая пшеница – $N_{120}P_{60}K_{90}$; озимая рожь – $N_{130}P_{60}K_{90}$.

Агрохимические свойства почв (A_n): неэродированная почва: pH_{KCl} – 5,74, гумус – 2,24%, содержание P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) соответственно 282 и 230 мг/кг почвы; среднеэродированная почва: pH_{KCl} – 5,66, гумус – 1,73%, содержание P_2O_5 и K_2O соответственно 270 и 212 мг/кг почвы; сильноэродированная почва: pH_{KCl} – 5,41, гумус – 1,33%, содержание P_2O_5 и K_2O соответственно 270 и 139 мг/кг почвы.

Таблица 1. Показатели водоустойчивости структуры дерново-подзолистых почв, сформированных на лессовидных суглинках

Культуры севооборота	Эродированность почвы	d_{wp} , мм	ВУ, %	$K_{вп}$
Зерновой севооборот №1				
Овес	Неэродированная	0,4	18,2	0,1
	Среднеэродированная	0,2	9,7	< 0,1
	Сильноэродированная	0,2	8,3	< 0,1
Яровой рапс	Неэродированная	0,3	11,6	0,1
	Среднеэродированная	0,2	9,6	0,1
	Сильноэродированная	0,2	9,7	< 0,1
Яровая пшеница	Неэродированная	0,4	19,0	0,1
	Среднеэродированная	0,3	15,1	0,1
	Сильноэродированная	0,3	13,4	0,1
Озимая рожь	Неэродированная	0,5	29,6	0,2
	Среднеэродированная	0,5	18,7	0,1
	Сильноэродированная	0,2	15,5	0,1
Среднее за севооборот	Неэродированная	0,4	19,6	0,1
	Среднеэродированная	0,3	13,3	0,1
	Сильноэродированная	0,2	11,7	<0,1
Травяно-зерновой севооборот №3				
Однолетние травы с подсевом люцерны	Неэродированная	0,4	17,0	0,1
	Среднеэродированная	0,2	14,8	0,1
	Сильноэродированная	0,2	13,5	<0,1
Люцерна 1-го года пользования	Неэродированная	0,4	17,3	0,1
	Среднеэродированная	0,3	16,4	0,1
	Сильноэродированная	0,2	15,8	<0,1
Люцерна 2-го года пользования	Неэродированная	0,4	18,3	0,1
	Среднеэродированная	0,3	16,4	0,1
	Сильноэродированная	0,2	8,3	<0,1
Люцерна 3-го года пользования	Неэродированная	0,6	31,7	0,2
	Среднеэродированная	0,4	18,6	0,1
	Сильноэродированная	0,3	17,2	0,1
Среднее за севооборот	Неэродированная	0,4	21,0	0,1
	Среднеэродированная	0,3	16,5	0,1
	Сильноэродированная	0,2	13,7	0,1

Структурно-агрегатный анализ почв определяли по Н.И. Саввинову, водоустойчивость – по соотношению агрегатов диаметром $\geq 0,25$ мм при водном и сухом просеивании. Коэффициент водопрочности ($K_{вп}$) рассчитывали, как соотношение содержания водопрочных агрегатов $\geq 0,5$ мм при водном просеивании и агрегатов такого же диаметра при сухом просеивании.

Результаты и их обсуждение. Водоустойчивость почвенной структуры – комплексная характеристика почвы, которая отражает прочность связей между структурными элементами внутри почвенного агрегата. Наиболее значимыми факторами, определяющими водоустойчивость почвы, являются микроагрегированность, гидрофобность

твердой фазы и пространственное расположение твердых частиц и пустот [10; 11]. Водопрочные агрегаты – наиболее устойчивые компоненты почвы благодаря различным факторам и механизмам их образования [12].

Неустойчивость сложения дерново-подзолистых почв связана с невысоким содержанием в них водопрочных агрегатов. Дерново-подзолистые суглинистые почвы с содержанием водопрочных агрегатов менее 20% могут уплотняться до 1,5–1,6 г/см³. Устойчивое сложение дерново-подзолистых почв достигается при содержании водопрочных агрегатов ($> 0,25$ мм) более 40%.

Дерново-подзолистые почвы, сформированные на лессовидных суглинках, характеризовались не-

удовлетворительной водоустойчивостью (ВУ), которая была ниже 30%. Повышение степени эродированности почвы приводило к снижению водоустойчивости почвенных агрегатов. В зерновом севообороте №1 водоустойчивость неэродированной почвы изменялась по годам от 11,6 до 29,6%, среднеэродированной почвы – от 9,6 до 18,7, сильноэродированной почвы – от 8,3 до 15,5%, составив в среднем соответственно 19,6%, 13,3 и 11,7% (табл. 1).

В травяно-зерновом севообороте №3 при трехлетнем возделывании люцерны посевной наблюдалось некоторое увеличение водоустойчивости почвенных агрегатов. Так, под люцерной третьего года пользования водоустойчивость структуры неэродированной почвы составила 31,7% (удовлетворительная), среднеэродированной почвы – 18,6, сильноэродированной почвы – 17,2%.

Средний размер водоустойчивых агрегатов более точно отражает состояние водопрочной структуры. Отмечается, что водопрочность почвенного агрегата возрастает при увеличении его диаметра [7]. Показатель средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов (d_w) используется в уравнении М. С. Кузнецова для расчета донной размывающей скорости потока при определении противозерозионной стойкости почв [1].

Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов изменялся по годам в зависимости от эродированности почв – от 0,2 до 0,6 мм. Наблюдалось его снижение с увеличением степени эродированности почвы. Возделываемые сельскохозяйственные куль-

туры не оказали существенного влияния на величину d_w . Отмечена только тенденция его повышения под люцерной третьего года пользования в травяно-зерновом севообороте. В среднем в обоих севооборотах данный показатель составил на неэродированных почвах 0,4 мм, на среднеэродированных почвах – 0,3 мм, на сильноэродированных почвах – 0,2 мм.

Коэффициент водопрочности, определяемый по соотношению содержания водопрочных агрегатов $\geq 0,5$ мм при водном просеивании и агрегатов такого же диаметра при сухом просеивании, свидетельствует о низкой генетической устойчивости дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках к смыву и размыву. Величина этого показателя не превышала 0,1 как для неэродированных почв, так и для средне- и сильноэродированных почв.

Дерново-подзолистые почвы, сформированные на моренных суглинках, отличались более высокой водоустойчивостью по сравнению с почвами на лессовидных суглинках. В зернотравяном севообороте №2 при возделывании зерновых культур и однолетних бобово-злаковых трав водоустойчивость неэродированной почвы изменялась по годам от 42,5 до 51,4%, слабоэродированной почвы – от 38,0 до 42,0, среднеэродированной почвы – от 34,7 до 39,2, сильноэродированной почвы – от 31,9 до 37,1%, а в среднем составила соответственно 47,0; 40,7; 38,4; 34,8%. Следовательно, водоустойчивость неэродированной и слабоэродированной почв была хорошей, средне- и сильноэродированной почв – удовлетворительной (таблица 2).

Таблица 2. Показатели водоустойчивости структуры дерново-подзолистых почв, сформированных на моренных суглинках, в зернотравяном севообороте №2

Культуры севооборота	Эродированность почвы	d_w , мм	ВУ, %	$K_{вп}$
Однолетние травы	Неэродированная	0,5	51,3	0,2
	Слабоэродированная	0,4	42,0	0,2
	Среднеэродированная	0,4	39,2	0,2
	Сильноэродированная	0,4	36,4	0,2
Озимая тритикале	Неэродированная	0,5	51,4	0,2
	Слабоэродированная	0,4	38,0	0,2
	Среднеэродированная	0,4	34,7	0,1
	Сильноэродированная	0,3	31,9	0,1
Однолетние травы	Неэродированная	0,6	42,9	0,3
	Слабоэродированная	0,5	40,9	0,3
	Среднеэродированная	0,5	38,0	0,2
	Сильноэродированная	0,4	34,0	0,2
Озимая пшеница	Неэродированная	0,6	42,5	0,3
	Слабоэродированная	0,5	41,9	0,3
	Среднеэродированная	0,5	41,7	0,3
	Сильноэродированная	0,4	37,1	0,2
Среднее за севооборот	Неэродированная	0,5	47,0	0,3
	Слабоэродированная	0,4	40,7	0,2
	Среднеэродированная	0,4	38,4	0,2
	Сильноэродированная	0,4	34,8	0,2

Таблица 3. Показатели водоустойчивости структуры дерново-подзолистых почв, сформированных на моренных суглинках, в травяно-зерновом севообороте №4

Культуры севооборота	Эродированность почвы	d_w , мм	ВУ, %	$K_{вп}$
Яровая пшеница с подсевом люцерны	Неэродированная	0,7	48,7	0,3
	Слабоэродированная	0,6	43,1	0,2
	Среднеэродированная	0,5	42,2	0,2
	Сильноэродированная	0,4	35,1	0,2
Люцерна 1-го года пользования	Неэродированная	0,5	41,2	0,2
	Слабоэродированная	0,5	40,8	0,2
	Среднеэродированная	0,5	39,7	0,2
	Сильноэродированная	0,4	37,7	0,2
Люцерна 2-го года пользования	Неэродированная	1,0	51,8	0,4
	Слабоэродированная	0,9	43,5	0,3
	Среднеэродированная	0,8	42,6	0,3
	Сильноэродированная	0,5	40,9	0,2
Люцерна 3-го года пользования	Неэродированная	1,0	53,9	0,4
	Слабоэродированная	0,8	49,0	0,4
	Среднеэродированная	0,7	43,9	0,3
	Сильноэродированная	0,6	38,9	0,3
Среднее за севооборот	Неэродированная	0,8	48,9	0,3
	Слабоэродированная	0,7	44,1	0,3
	Среднеэродированная	0,6	42,1	0,3
	Сильноэродированная	0,5	38,2	0,2

В травяно-зерновом севообороте №4 при трехлетнем возделывании люцерны посевной наблюдалось увеличение водоустойчивости почвенных агрегатов. В среднем она составила на неэродированной, слабо-, средне- и сильноэродированной почвах соответственно 48,9, 44,1, 42,1 и 38,2%, т. е. была на уровне хорошей, за исключением сильноэродированной почвы (таблица 3).

Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов изменялся по годам в зависимости от эродированности почв под культурами зернотравяного севооборота №2 от 0,3 до 0,6 мм, под культурами травяно-зернового севооборота №4 от 0,4 до 1,0 мм. Наблюдалось повышение d_w под люцерной третьего года пользования в травяно-зерновом севообороте №4.

В среднем за годы исследований в зернотравяном севообороте №2 средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов составил в неэродированной почве 0,5 мм, в слабо-, средне- и сильноэродированной почвах 0,4 мм. В травяно-зерновом севообороте №4 он был выше: в неэродированной почве – 0,8 мм, слабоэродированной почве – 0,7 мм, среднеэродированной почве – 0,6 мм, сильноэродированной почве – 0,5 мм.

Коэффициенты водопрочности почвенных агрегатов дерново-подзолистых почв на моренных суглинках изменялись в зависимости от степени их эродированности и севооборота от 0,1 до 0,4.

Под культурами зернотравяного севооборота №2 коэффициент водопрочности в среднем за 4 года исследований составил на неэродированной почве 0,3, на эродированных почвах – 0,2, а под культурами травяно-зернового севооборота №4 – на неэродированной, слабо- и среднеэродированной почвах – 0,3, на сильноэродированной почве – 0,2.

Изучено влияние минеральной и органоминеральной систем удобрения без известкования и с внесением известковых мелиорантов в зерновом севообороте №1 на водоустойчивость структуры дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках, в разной степени подверженных водной эрозии. В среднем за севооборот при минеральной системе удобрения водоустойчивость структуры неэродированной почвы составила 19,9%, средне- и сильноэродированной почв – 12,5%. По годам этот показатель колебался на неэродированной и эродированных почвах от 8,3 до 28,2%. Во всех случаях водоустойчивость была неудовлетворительной (<30%). Известкование почв на фоне минеральной системы удобрения способствовало незначительному повышению водоустойчивости неэродированной и среднеэродированной почв (таблица 4). На фоне органоминеральной системы удобрения наблюдалось некоторое улучшение водоустойчивости эродированных почв, которая составила в среднем за севооборот 15,5–15,6%; колебания по годам составили соответственно 13,6–18,2 и 7,7–22,3%.

Таблица 4. Влияние систем удобрения на показатели водоустойчивости структуры дерново-подзолистых почв разной эродированности

Система удобрения	Неэродированная почва	Средне-эродированная почва	Сильно-эродированная почва
Водоустойчивость, %			
Минеральная	<u>*11,6–28,2</u> 19,9	<u>9,61–5,5</u> 12,5	<u>8,3–18,7</u> 12,5
Минеральная + известкование почвы	<u>15,9–28,1</u> 22,7	<u>6,2–18,8</u> 13,1	<u>8,2–15,5</u> 11,2
Органоминеральная	<u>17,5–25,8</u> 20,7	<u>13,6–18,2</u> 15,6	<u>7,7–22,3</u> 15,5
Органоминеральная + известкование почвы	<u>18,2–28,6</u> 24,8	<u>15,0–22,6</u> 18,5	<u>8,2–24,4</u> 16,0
Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов, мм			
Минеральная	<u>0,2–0,5</u> 0,4	<u>0,2–0,4</u> 0,3	<u>0,2–0,5</u> 0,3
Минеральная + известкование почвы	<u>0,3–0,4</u> 0,3	<u>0,2–0,4</u> 0,3	<u>0,2–0,3</u> 0,3
Органоминеральная	<u>0,3–0,5</u> 0,4	<u>0,3–0,4</u> 0,3	<u>0,2–0,3</u> 0,3
Органоминеральная + известкование почвы	<u>0,3–0,5</u> 0,4	<u>0,2–0,3</u> 0,3	<u>0,2–0,3</u> 0,3
Коэффициент водопрочности			
Минеральная	<u>0,1–0,2</u> 0,2	<u><0,1–0,1</u> 0,1	<u><0,1–0,1</u> 0,1
Минеральная + известкование почвы	<u>0,1–0,2</u> 0,2	<u><0,1–0,1</u> 0,1	<u><0,1–0,1</u> 0,1
Органоминеральная	<u>0,1–0,2</u> 0,2	<u>0,1–0,2</u> 0,1	<u><0,1–0,2</u> 0,1
Органоминеральная + известкование почвы	<u>0,1–0,4</u> 0,2	0,1	<u><0,1–0,1</u> 0,1

*Примечание. Над чертой – колебания по годам, под чертой – среднее значение за годы исследований.

Применение известковых мелиорантов на фоне органоминеральной системы удобрения также повышало водоустойчивость структуры как неэродированной, так и эродированных почв, но в то же время она была неудовлетворительной.

На слабую водоустойчивость дерново-подзолистых почв, сформированных на лессовидных суглинках, указывают и полученные коэффициенты водопрочности. При всех изучаемых системах удобрения сельскохозяйственных культур на неэродированной почве они фактически не превышали 0,2, а на эродированных почвах – 0,1.

Не установлено достоверного влияния систем удобрения на средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов. В среднем за севооборот как на неэродированной, так и на эродированных почвах он составил 0,3–0,4 мм, в отдельных случаях 0,5 мм.

Выполнен корреляционно-регрессионный анализ с целью определения взаимосвязей между водоустойчивостью почвенной структуры и агрофизическими и агрохимическими свойствами почв. Проанализировано более 100 сопряженных почвенных проб.

Как показали полученные результаты, слабая связь водоустойчивости структуры почв прослеживается с содержанием структурных агрегатов диаметром 0,25–5,0 мм ($r = 0,30$), средняя – с плотностью почвы ($r = 0,30$) и высокая – с содержанием органического вещества (гумуса) в пахотном горизонте (рисунок 1).

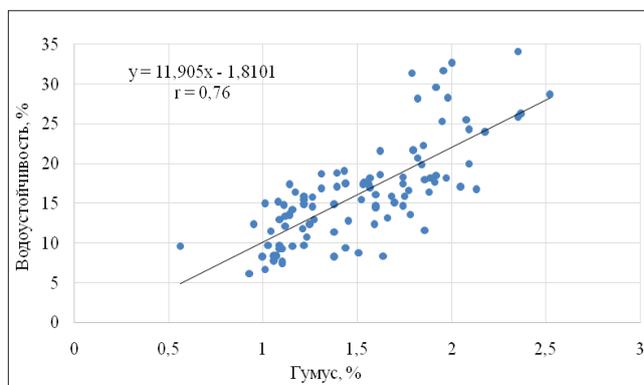


Рисунок 1. Взаимосвязь водоустойчивости почвенной структуры с содержанием органического вещества в почве

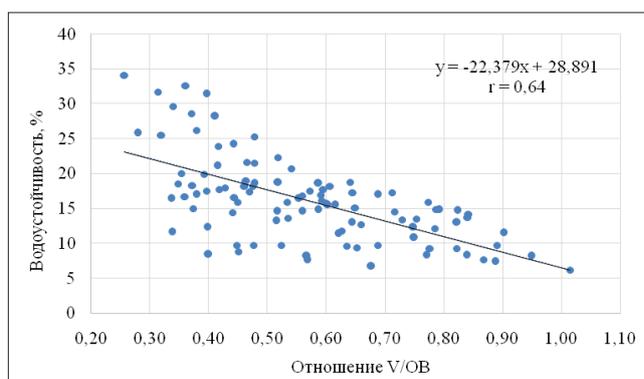


Рисунок 2. Взаимосвязь водоустойчивости почвенной структуры с показателем отношения степени насыщенности почв основаниями к содержанию гумуса в почве

По литературным данным [6], водоустойчивость структуры почвы зависит от такого параметра, как отношение степени насыщенности почв основаниями (V, %) к содержанию органического вещества в почве (ОВ, %). Агрофизический и агрохимический смысл этого отношения – обеспеченность почвы склеивающим веществом водопрочных агрегатов. В наших исследованиях установлена отрицательная корреляция средней силы между водоустойчивостью структуры почвы и показателем отношения степени насыщенности почв основаниями к содержанию гумуса в пахотном горизонте (рисунок 2).

Выводы. Дерново-подзолистые почвы на моренных суглинках отличались лучшей водоустойчивостью по сравнению с почвами на лессовидных суглинках. Неэродированные, слабо- и среднеэродированные почвы в травяно-зерновом севообороте имели хорошую водоустойчивость (40,7–48,9%), среднеэродированные почвы в зернотравяном севообороте и сильноэродированные почвы в травяно-зерновом севообороте – удовлетворительную (34,8–38,4%). Дерново-подзолистые неэродированные и эродированные почвы на лессовидных суглинках характеризовались неудовлетворительной водоустойчивостью структуры.

Органоминеральная система удобрения совместно с известкованием улучшала водоустойчивость почв. По сравнению с минеральной системой удобрения водоустойчивость неэродированной почвы повысилась с 19,9 до 24,8 %, среднеэродированной – с 12,5 до 18,5, сильноэродированной почвы – с 12,5 до 16,0 %.

Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов дерново-подзолистых неэродированных почв на лессовидных суглинках составил в среднем 0,4 мм, средне- и сильноэродированных почв – 0,3 мм. Дерново-подзолистые почвы на моренных суглинках отличались более высокими его значениями, особенно в травяно-зерновом севообороте: для неэродированных почв – 0,8 мм, для эродированных – 0,5–0,7 мм.

Из агрофизических и агрохимических показателей почв, влияющих на их структурно-агрегатное состояние, водоустойчивость почвенной структуры зависит преимущественно от содержания органического вещества (гумуса) в почве.

Литература:

1. Кузнецов М.С. Противозероэрозийная стойкость почв. М.: Изд-во МГУ, 1981. 135 с. <https://istina.msu.ru/>

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.005.40.47

Water Stability of Sod-podzolic Soils Structure Subject to Water Erosion, on Different Agrophones

¹Nikolai N. Tsybulka✉, e-mail: nik.nik1966@tut.by, Dr. Sci. (Agr.), Professor, ORCID: 0000-0001-7746-6990

²Viktor B. Tsyribka, PhD in Agr. Sci., ORCID: 0000-0002-5406-016X

³Inna I. Zhukova, PhD in Agr. Sci., Associate Professor

²Ilya A. Iogachov, Junior Researcher, ORCID: 0000-0003-2239-0866

¹International Sakharov Environmental Institute, info@iseu.by, Dolgobrodskaya st. 23/1, Minsk, 220070, Belarus

publications/book/3136617

2. Кузнецов М. С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв: учебник для вузов /3-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во Юрайт, 2024. 387 с. <https://urait.ru/bcode/541248>

3. Ларионов Г.А., Бушуева О.Г., Горобец А.В., Добровольская Н.Г., Кирюхина З.П., Краснов С.Ф., Литвин Л.Ф., Максимова И.А., Судницын И.И. Экспериментальное исследование факторов, влияющих на эродированность почв // Почвоведение. 2018. № 3. С. 347–356. DOI: 10.7868/S0032180X18030097

4. Ларионов Г.А., Добровольская Н.Г., Кирюхина З.П., Краснов С.Ф., Литвин Л.Ф., Горобец А.В., Судницын И.И. Влияние плотности почвы, сопротивления размыву и инфильтрации воды на скорость разрушения межагрегатных связей // Почвоведение. 2017. № 3. С. 354–359. DOI: 10.7868/S0032180X17010099

5. Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. Современные проблемы эрозиоведения. – Белгород: Константа, 2012. 456 с. <http://dspace.bsu.edu.ru/handle/123456789/4663>

6. Николаенко А. Н., Кавокин А.А. Моделирование связи структуры почвы с содержанием органического вещества и обменных Ca²⁺ и Mg²⁺ // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. 2020. № 2. С. 24–28.

7. Теория и методы физики почв: Коллективная монография / Под ред. Е.В. Шеина и Л.О. Карпачевского. М.: «Гриф и К», 2007. 616 с. <https://b.twirpx.link/file/557984>

8. Шеин Е.В., Милановский Е.Ю. Органическое вещество и структура почвы: учение В.Р. Вильямса и современность // Известия ТСХА. 2014. Вып. 1. С. 42-51. <http://elib.timacad.ru/dl/full/04-2014-1.pdf>

9. Шоба С.А., Шеин Е.В., Ушкова Д.А., Грачева Т.А., Салимгареева О.А., Федотов Г.Н. Физико-химические аспекты водоустойчивости почв // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2023. Том 508. № 1. С. 139-143. DOI: 10.31857/S2686739722601764

10. Amezketa E. Soil aggregate stability: a review. Journal of Sustainable Agriculture. 1999. Т. 14. №. 2-3. С. 83-151. DOI: 10.1300/J064v14n02_08

11. Doerr S. H., Shakesby R. A., Walsh R. P. D. Soil water repellency: its causes, characteristics and hydrogeomorphological significance // Earth-Science Reviews. 2000. Т. 51. №. 1-4. С. 33-65. DOI: 10.1016/S0012-8252(00)00011-8

12. Totsche K. U. et al. Microaggregates in soils // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2018. Т. 181. №. 1. С. 104-136. DOI: 10.1002/jpln.201600451

13. Six J., Paustian K., Elliot E.T., Combrink C. Soil structure and soil organic matter. I. Distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon // Soil Sci. Soc. Am. J. 2000. V. 64. № 2. P. 681-689. DOI: 10.2136/sssaj2000.642681x

²The Institute of Soil Science and Agrochemistry, brissa_erosion@mail.ru, 220108, st. Kazintsa 90, Minsk, Belarus

³Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tanko, e-mail: inn0707@bspu.by, 220030, st. Sovetskaya 18, Minsk, Belarus

Abstract. The water stability of the soil structure is one of the most important factors determining its erosion stability. Sod-podzolic soils by their genesis are characterized by low stability to erosion. Therefore, it is relevant to develop agrotechnical and agrochemical techniques that promotes increasing the water stability of aggregates of eroded soils. The novelty of the presented work is a study of the effect of crop rotations with different soil protection capacity, as well as fertilizer systems in crop rotation on the water stability of the structure of eroded sod-podzolic soils to various degrees. It has been established that of the agrophysical and agrochemical properties affecting the structural and aggregate state of soils, the water stability of the soil structure depends mainly on the content of organic matter. The use of eroded soils in grass-grain crop rotations with saturation of perennial legumes up to 75% and the use of an organomineral fertilizer system and liming in crop rotation lead to an improvement in the water stability of the soil structure. It was found that the weighted average diameter of the water-bearing aggregates decreases with an increase in the degree of erosion degradation of soils. Cultivated crops do not have a significant impact on this indicator. There is only a tendency for its increase under alfalfa for the third year of use in the grass-grain crop rotation. There is also no reliable effect of fertilizer systems on the weighted average diameter of soil aggregates. The results obtained are the scientific basis for the development of soil-protective adaptive-landscape farming systems for different agrotechnological groups of lands subject to erosion degradation.

Keywords: soil water stability, water-stability aggregates, eroded soils, crop rotation, fertilizer system.

Funding. The work was carried out within the framework of the State research program "Quality and efficiency of agro-industrial production", the subprogram "Conservation and improvement of soil fertility" according to task 2.42. "establishment of patterns of influence of the main indicators of fertility and elements of agrotechnologies on soil resistance to erosion degradation".

Citation. Tsybulka N.N., Tsyribka V.B., Zhukova I.I., logachov I.A. Water Stability of Sod-podzolic Soils Structure Subject to Water Erosion, on Different Agrophones. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;1(124):40-47.

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.005.40-47

Received: 22.01.2024

Accepted: 06.03.2024

References:

1. Kuznetsov M.S. Anti-erosion resistance of soils. Moscow. MSU Publ. house. 1981. 135 p. (In Russ.)
2. Kuznetsov M.S., Glazunov G.P. Soil erosion and conservation. Textbook for universities. 3rd ed. revised and additional. M. Yurajt Publishing House. 2024. 387 p. <https://urait.ru/bcode/541248>
3. Larionov G.A., Bushueva O.G., Gorobets A.V., Dobrovolskaya N.G., Kiryukhina Z.P., Krasnov S.F., Litvin L.F., Maksimova I.A., Sudnitsyn I.I. Experimental study of factors influencing soil erodibility. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*. 2018;3:347-356. (In Russ.)
4. Larionov G.A., Dobrovolskaya N.G., Kiryukhina Z.P., Krasnov S.F., Litvin L.F., Gorobets A.V., Sudnitsyn I.I. The influence of soil density, resistance to erosion and water infiltration on the rate of interaggregate bonds destruction. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*. 2017;3:354-359. (In Russ.)
5. Lisetsky F.N., Svetlichny A.A., Cherny S.G. Contemporary problems of erosion science. Belgorod. Constanta Publ. house. 2012. 456 p. (In Russ.)
6. Nikolaenko A. N., Kavokin A.A. Modeling of the relationship of soil structure with the organic matter content and Ca²⁺ and Mg²⁺ exchange. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 17. Pochvovedenie = Bulletin of the Moscow University. Series 17. Soil Science*. 2020;2:24-28. (In Russ.)
7. Theory and methods of soil physics: Cooperate monograph / Ed. E.V. Shein and L.O. Karpachevsky. M. "Grif and K" Publ. house. 2007. 616 p. (In Russ.)
8. Shein E.V., Milanovsky E.Yu. Organic matter and soil structure: teachings of V.R. Williams and modernity. *Izvestiâ Timirâzevskoj sel'skohozâjstvennoj akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2014;1:42-51. (In Russ.)
9. Shoba S.A., Shein E.V., Ushkova D.A., Gracheva T.A., Salimgareeva O.A., Fedotov G.N. Physico-chemical aspects of soil water resistance. *Doklady Rossijskoj akademii nauk. Nauki o Zemle*. 2023;508(1):139-143. (In Russ.)
10. Amezketa E. Soil aggregate stability: a review. *Journal of Sustainable Agriculture*. 1999;14(2-3):83-151. DOI: 10.1300/J064v14n02_08
11. Doerr S. H., Shakesby R. A., Walsh R. P. D. Soil water repellency: its causes, characteristics and hydrogeomorphological significance. *Earth-Science Reviews*. 2000;51(1-4):33-65. DOI:10.1016/S0012-8252(00)00011-8
12. Totsche K. U. et al. Microaggregates in soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2018;181(1):104-136. DOI: 10.1002/jpln.201600451
13. Six J., Paustian K., Elliot E.T., Combrink C. Soil structure and soil organic matter. I. Distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 2000;64(2):681-689. DOI: 10.2136/sssaj2000.642681x

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

УДК 631.51:631.8:631.582

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.006.48-55

Взаимосвязь агрометеорологических условий, плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности культур полевого опыта

¹Алексей Иванович Беленков✉, e-mail: belenokaleksis@mail.ru, д.с.-х.н., ORCID: 0000-0003-0422-4936

²Валерий Дмитриевич Полин, к. с.-х.н., ORCID: 0000-0003-3631-0169

³Владимир Антонович Николаев, к. с.-х. н., ORCID: 0000-0001-8974-3609

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», vniikormov@mail.ru, 141055, г. Лобня, Научный городок, Московская область

²АНО «Агротехнический инновационный центр», ano-aic@mail.ru, 127550, ул. Костякова 12, Москва, Россия

³ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», info@rgau-msha.ru, 127434, ул. Тимирязевская 49, Москва, Россия

Аннотация. Полевые эксперименты зависят от индивидуального вклада каждого из изучаемых факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур. Поэтому важное значение имеет определение влияния агрометеорологических условий, отдельных показателей почвенного плодородия на продуктивность культур зернопропашного севооборота. Объект исследований – культуры зернопропашного севооборота Центра точного земледелия (ЦТЗ) РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва. Методы исследований – общепринятые для подобного рода исследований. Цель исследований – определить участие основных метеоусловий и показателей плодородия почвы в формировании соответствующей урожайности культур зернопропашного севооборота. Установлено влияние метеорологических показателей периода вегетации, в связи с чем годы исследования разбиты на соответствующие группы благоприятных, средних и неблагоприятных лет. В результате отмечено их раздельное воздействие на агрофизические, биологические и агрохимические свойства почвы, а также установлено влияние приемов основной обработки почвы на урожайность полевых культур. За 14-летний срок существования опыта ЦТЗ, при участии каждого из авторов в проведении полевых учетов и наблюдений, установлено, что урожайность викоовсяной смеси на корм по отвалной обработке выше, чем по нулевой на 2,0 т/га, озимой пшеницы – на 0,3 т/га, картофель сформировал урожайность по вспашке на 2,3 т/га больше, чем по минимальной обработке, ячмень по вариантам отвалной и минимальной обработок почвы обеспечивал одинаковую продуктивность. В соответствии с полученными результатами появляется возможность с достаточной степенью вероятности прогнозировать возможность получения той или иной продуктивности, исходя из анализируемых факторов и условий.

Ключевые слова: полевой опыт, плодородие, обработка почвы, урожайность, зерновые культуры, метеоусловия, показатели плодородия почв.

Цитирование. Беленков А.И., Полин В.Д., Николаев В.А. Взаимосвязь агрометеорологических условий, плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности культур полевого опыта // Научно-агрономический журнал. 2024. 1(124). С. 48-55. DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.006.48-55

Поступила в редакцию: 27.01.2024

Принята к печати: 06.03.2024

Введение. Исследования, проведенные авторами настоящей статьи, являются новаторскими и мало освещенными в научной литературе, особенно в части комплексного их представления. Имеются разрозненные данные различных авторов, касающиеся узкого круга вопросов: отдельного влияния метеоусловий [2; 7], основных показателей почвенного плодородия [3-5; 9] на урожайность сельскохозяйственных культур. Этого явно недостаточно при проведении полноценных исследований, касающихся изучения всего круга предлагаемых и предполагаемых факторов.

Современное сельское хозяйство основано на применении новых почвообрабатывающих машин и орудий, позволяющих в значительной мере сохранять и поддерживать плодородие пахотных земель на должном уровне, стабильно наращивать урожайность полевых культур, экономно и эффек-

тивно использовать природный и техногенный ресурсный потенциал. Особенно важна экологическая и энергосберегающая составляющая современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в первую очередь, касающаяся совершенствования приемов и способов обработки почвы как под отдельные культуры, так и в севооборотах с учетом биологических особенностей растений и ресурсного потенциала товаропроизводителей. Современным системам земледелия соответствуют дифференцированные технологии основной обработки почвы в зависимости от биологических особенностей культур, ландшафтных условий, засоренности полей, климатических условий, степени проявления эрозии, наличия паров и ряда других сопутствующих условий [6; 10].

В связи с этим возникла необходимость комплексного изучения данной проблематики, в пер-

вую очередь, для данной зоны исследований, что и обусловило актуальность и новизну их проведения. В этом заключается целесообразность и перспективность анализа для достижения указанной цели.

Цель исследования – определить участие основных метеоусловий и показателей плодородия почвы в формировании соответствующей урожайности культур зернопропашного севооборота.

Материалы и методы. В полевом опыте Центра точного земледелия (ЦТЗ), заложенного в 2008 г. в РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, производилось сравнительное изучение приемов основной обработки почвы, по два под каждую культуру зернопропашного севооборота. Под викоовсяную смесь на корм и озимую пшеницу почву обрабатывали отвальным оборотным плугом, другой вариант механической обработки почвы не предполагался, т.е. посев культур без обработки (прямой посев). На картофеле и ячмене сравнивали вспашку с минимальной обработкой комбинированным агрегатом. Агротехника в опыте – общепринятая для зоны. Все агроприемы по возделыванию и уходу за посевами выполнялись машинами, орудиями импортного производства фирмы Amazone, контролировались системой точного (прецизионного) земледелия GPS [1, с. 256-278].

В задачу полевого опыта, помимо прочих, входило установление влияния складывающихся метеоусловий периода вегетации на урожайность полевых культур и показатели плодородия дерново-подзолистой почвы. В связи с этим в опыте определялись следующие показатели соответствующими методами: проводился учет метеопоказателей по данным университетской метеостанции имени В.А. Михельсона, урожайности зерновых культур и картофеля – методом прямого комбай-

нирования, биологического урожая вики с овсом на корм – поделаночно с использованием учетной рамки, влажности почвы – термостатно-весовым методом, плотности почвы – методом режущего кольца, твердости почвы – с использованием прибора твердомера, биологической активности почвы – по распаду льняного полотна, биологической токсичности – по методике растительных тестов, засоренности посевов – количественно-весовым методом, гумуса – по Тюрину, содержание общего азота – колориметрическим методом, фосфора и обменного калия – по Кирсанову [2].

Результаты и их обсуждение. В таблице 1 приведены данные температуры воздуха, количества выпавших осадков за период активной вегетации с.-х. культур (апрель-май) за весь срок проведения опыта ЦТЗ, среднемноголетние данные за тот же период, а также разница между двумя указанными значениями за каждый год и условная оценка периода по агрометеорологическим данным. Ниже приводится деление на группы по температуре и количеству осадков, их соответствующая оценка (таблица 2).

Согласно взаимодействия приводимых метеопоказателей и их совокупной общей оценки к благоприятным периодам следует отнести 2 года: 2009 и 2015.

Здесь отмечалась умеренная средняя температура воздуха на уровне 14,0-15,0°C и достаточное количество выпадающих осадков – 300-400 мм. Это стимулировало получение наибольшей урожайности всех культур именно в эти годы. К числу средних по метеоусловиям лет можно отнести 2012, 2013, 2014, 2016, 2017, 2018 и 2022 гг. Оптимальная температура воздуха здесь находилась на уровне 15,0-16,0°C со средним количеством выпавших осадков 250-300 и 400-450 мм.

Таблица 1. Метеоусловия периода активной вегетации сельскохозяйственных культур (апрель-август 2009-2022 гг.)

Показатель	Годы														
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Сред
Температура воздуха, °C	14,3	18,7	15,6	16,0	16,2	16,0	14,9	16,4	13,6	16,3	15,4	16,2	16,7	15,3	15,7
Среднемноголетняя температура воздуха, °C 14,2															
Разница по температуре воздуха, °C (±)	+0,1	+4,5	+1,4	+1,8	+2,0	+1,8	+0,7	+2,2	-0,6	+2,1	+1,2	+2,0	+2,5	+1,1	+1,5
Количество осадков, мм	313	202	246	343	421	238	377	399	448	241	233	510	452	295	345,0
Среднемноголетнее количество осадков, мм 332,0															
Разница по количеству осадков, мм (±)	-19	-130	-86	+11	+89	-94	+45	+67	+116	-91	-99	+178	+120	-37,0	+13,0
Оценка периода по метеоусловиям	Благ	Небл	Небл	Сред	Сред	Сред	Благ	Сред	Сред	Сред	Небл	Сред	Небл	Сред	Сред

Примечание: характеристика метеоусловий периода вегетации: благ – благоприятные, сред – средние, небл – неблагоприятные.

Таблица 2. Оценка основных метеорологических показателей по влиянию на урожайность сельскохозяйственных культур

Температура, °С	13,6-14,0	14,1-14,5	14,6-15,0	15,1-15,5	15,6-16,0	16,1-16,5	16,6-17,0; >18,0
Оценка по температуре воздуха, °С	Среднее	Благоприятно	Благоприятно	Среднее	Среднее	Среднее	Неблагоприятно
Осадки	200-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500	501-550
Оценка по количеству осадков, мм	Неблагоприятно	Среднее	Благоприятно	Благоприятно	Среднее	Неблагоприятно	Неблагоприятно
Комплексная оценка периода	Среднее	Благоприятно	Благоприятно	Благоприятно	Среднее	Неблагоприятно	Неблагоприятно

Таблица 3. Оценка продуктивности с.-х. культур по группам и величине урожайности по годам в зависимости от складывающихся метеоусловий

Викоовсяная смесь на корм															
Урожайность по группам, т/га	< 10		10-20				20-25						>25		
Урожайность по вспашке, т/га	7,6	9,5	10,8	13,8	14,6	20,5	20,6	21,3	22,1	22,6	22,8	24,5	25,3	31,2	
Год	2019	2021	2011	2018	2022	2010	2012	2009	2013	2020	2017	2014	2016	2015	
Урожайность по нулевой обработке, т/га	3,8	6,0	8,3	9,4	11,0	11,1	11,5	19,4	24,3	25,0	25,3	27,3	27,5	28,9	
Год	2019	2017	2022	2011	2020	2021	2018	2010	2013	2009	2014	2012	2016	2015	
Озимая пшеница															
Урожайность, по группам, т/га	<4				4-6						>6				
Урожайность по вспашке, т/га	1,65	2,75	3,13	3,59	3,68	4,26	4,70	5,00	5,46	5,46	6,12	6,31	6,73	6,74	
Год	2022	2014	2021	2019	2011	2009	2010	2016	2017	2018	2013	2012	2020	2015	
Урожайность по нулевой обработке, т/га	0,66	1,00	2,55	3,54	3,98	4,59	4,83	5,13	5,14	5,52	5,87	5,96	6,15	6,73	
Год	2022	2021	2019	2011	2010	2014	2018	2017	2009	2016	2013	2020	2012	2015	
Картофель															
Урожайность по группам, т/га	<20		20-25			25-30			30-35			>40			
Урожайность по вспашке, т/га	19,9	23,0	23,5	23,7	24,4	25,1	25,8	27,4	28,0	28,6	31,0	31,4	33,5	40,2	
Год	2012	2010	2022	2021	2011	2014	2017	2018	2020	2013	2016	2015	2019	2009	
Урожайность по минимальной обработке, т/га	18,3	20,0	20,4	22,5	23,0	24,6	24,8	25,1	25,2	25,9	26,2	26,7	27,5	36,9	
Год	2012	2010	2022	2017	2011	2014	2020	2021	2018	2013	2015	2016	2019	2009	
Ячмень															
Урожайность по группам, т/га	<2		2-3			3-4			4-5			>5			
Урожайность по вспашке, т/га	1,62	2,00	2,62	2,69	2,86	3,41	3,70	3,85	4,03	4,29	4,33	5,16	5,20	5,52	
Год	2022	2021	2019	2011	2020	2010	2018	2014	2016	2017	2012	2013	2009	2015	
Урожайность по минимальной обработке, т/га	1,58	1,82	2,48	2,76	2,96	3,02	3,79	3,99	4,01	4,04	4,20	5,00	5,22	5,59	
Год	2022	2021	2020	2019	2011	2010	2018	2016	2014	2017	2012	2013	2015	2009	

Примечание: характеристика метеоусловий периода вегетации: – благоприятные, – средние, – неблагоприятные.

Сочетания различных по температуре и количеству осадков периодов, относящихся к различным группам, совокупно позволяет выделить эти спор-

ные периоды как средние и благоприятные.

Комплекс, складывающихся метеопоказателей со средней температурой от 16,6 до 17 и более °С,

а также количеством осадков от 450 до 550 мм позволяет отнести две последние группы к числу неблагоприятных условий, сюда же входит группа с осадками 200-250 мм.

Приводимые метеоданные позволили интерполировать их и установить связь с урожайностью сельскохозяйственных культур [7; 8].

Распределение культур по группам урожайности обуславливает возможность отнести их по разным величинам и сделать вывод о динамике продуктивности по отдельным периодам опытных исследований (таблица 3).

В зависимости от формируемой урожайности викоовсяной смеси на корм определены группы по абсолютной величине. Урожайность культуры приведена по возрастающей. Показатели культуры с урожайностью зеленой массы 7,6 т/га по вспашке и 3,8 т/га по нулевой обработке в 2019 г. отнесены к группе с урожайностью <10 т/га, т.е. как неблагоприятной. В таблице 3 указаны урожайные данные по обработкам почвы, полученные в этот период. Сюда следует отнести группу в интервале 10-20 т/га, где представлены на отвальном варианте 2021, 2011, 2018 и 2019 гг. Следует дополнить группу с неблагоприятным влиянием на продуктивность, относящуюся только к варианту нулевой обработки: 2021, 2018, 2010 гг. Группа урожайности вики с овсом 20-25 т/га отнесена к группе со средней урожайностью, к ней отнесены 7 лет с использованием отвальной обработки: 2010, 2012, 2009, 2013, 2020, 2017, 2014. По нулевой обработке первые 3 года отнесены к неблагоприятным по урожайности, 5 последних – к благоприятным, поскольку урожайность превосходила 25 т/га. К благоприятному периоду относят 2016 и 2015 гг.

По величине урожайности озимой пшеницы в отдельные годы также определены три группы. Неблагоприятная с величиной <4 т/га по отвальной обработке включала в порядке нарастания продуктивности 2022, 2014, 2021, 2019, 2011 гг., по нулевой обработке – 2022, 2021, 2019, 2011, 2010 гг. Средняя группа с урожайностью 4-6 т/га содержала 5 лет по отвальной обработке: 2009, 2010, 2016, 2017, 2018 гг.; 6 лет по нулевой обработке: 2014, 2018, 2017, 2009, 2016, 2013 гг. Из числа благоприятных периодов по урожайности >6 т/га на вспашке отмечаем 2013, 2014, 2020 и 2015 гг., на прямом посеве – 2020, 2012 и 2015 гг.

По продуктивности картофеля за годы исследований условно выделено шесть групп. Первая неблагоприятная с урожайностью <20 и 20-25 т/га по вспашке включала 2012, 2010, 2022, 2021 и 2011 гг., по минимальной обработке перечень выглядел так: 2012, 2010, 2022, 2017, 2011, 2014, 2020 гг. Урожайность по группам возрастала последовательно. Средний период с продуктивностью картофеля 25-30 т/га включал по отвальной обработке 2014, 2017, 2018, 2020, 2013 гг., по минимальной – 2021, 2018, 2013, 2015, 2016, 2019 гг. Группа с максимальной урожайностью 30-35 и >40 т/га состояла по отвальному варианту: 2016, 2015, 2019,

2009 гг., по минимальному фону можно отметить только 2009 г.

По величине урожая зерна ячменя также разбито шесть групп. Группа с неблагоприятным влиянием объединяла <2 и 2-3 т/га. По обеим обработкам зафиксированы 5 интервалов, но в различной последовательности. Отвальная обработка включала 2022, 2021, 2019, 2011 и 2020 гг., минимальная – 2022, 2021, 2020, 2019, 2011. Группа средних урожаев 3-4 и 4-5 т/га объединяла обработку почвы в такой последовательности на вспашке: 2010, 2018, 2014, 2016, 2017 гг. Последняя группа с урожайностью более 5 т/га объединяла 2013, 2009, 2015 гг. по отвальной обработке.

Таблица 4 содержит информацию об урожайности культур в полевом опыте ЦТЗ за 14-летний срок его активного существования. Урожайность, приводимая здесь по различным обработкам почвы, сопровождалась принадлежностью к той или иной группе урожаев из предыдущей таблицы и данные окрашены соответствующим цветом. В нижней части таблицы представлена комплексная оценка по каждому году, включающая и влияние метеословий. За четырнадцатилетний период выявлено, что к числу благоприятных можно отнести только 2 года 2009 и 2015, семь лет из общего перечня можно охарактеризовать как средние по метеословиям и пять относятся к неблагоприятным. В целом, общая оценка периода исследований 2009-2022 гг. признается средней.

Приемы основной обработки почвы на урожайность культур влияли следующим образом. Викоовсяная смесь на зеленый корм в отдельные годы положительно реагировала на нулевую обработку, особенно в первой половине проведения опыта. К его завершению повышенная засоренность посевов и отдельные нарушения в агротехнике послужили причиной существенного снижения урожая на прямом посеве. В среднем за период исследований урожайность по вспашке была выше, чем при нулевой обработке на 2,0 т/га.

Озимая пшеница также неоднозначно реагировала на обработку почвы. По многим годам до середины срока отмечалось преимущество нулевой обработки, затем, в силу указанных ранее причин, отвальная обработка была эффективнее прямого посева. В среднем за представленный период разница составила 0,3 т/га в пользу вспашки.

Картофель по большинству лет лучше отзывался на отвальную обработку, исключение составил 2021 г. Различия между обработками 2,3 т/га.

Относительно влияния приема обработки почвы на урожайность ячменя трудно выявить преимущество одной из них.

Складывающиеся метеословия в период вегетации оказывали непосредственное влияние на различные показатели почвенного плодородия. В таблице 5 приведены данные по влиянию различных обработок почвы в разные по метеословиям годы (характеристика лет указана в таблицах 1, 2).

Таблица 4. Урожайность культур зернопропашного севооборота в различные по метеоусловиям годам и в зависимости от приема обработки почвы, т/га

Обработка почвы	Годы														Среднее за период
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Викоовсяная смесь на корм															
Отвальная	21,3	20,5	10,8	20,6	22,1	24,5	31,2	25,3	22,8	13,8	7,6	22,6	9,5	14,6	19,1
Нулевая	25,0	19,4	9,4	27,3	24,3	25,3	28,9	27,5	6,0	11,5	3,8	11,0	11,1	8,3	17,1
НСР, т/га	2,40	1,1	0,60	3,10	2,0	0,83	3,07	3,10	4,35	2,20	2,8	6,9	2,2	4,5	-
Озимая пшеница															
Отвальная	4,26	4,70	3,68	6,31	6,12	2,75	6,74	5,00	5,46	5,46	3,59	6,73	3,13	1,65	4,70
Нулевая	5,14	3,98	3,54	6,15	5,87	4,59	6,73	5,52	5,13	4,83	2,55	5,96	1,00	0,66	4,40
НСР, т/га	0,42	0,59	0,22	0,14	0,19	1,42	0,11	0,39	0,29	0,47	0,50	0,52	0,77	0,42	-
Картофель															
Отвальная	40,2	23,0	24,4	19,9	28,6	25,1	31,4	31,0	25,8	27,4	33,5	28,0	23,7	23,5	27,5
Минимальная	36,9	20,0	23,0	18,3	25,9	24,6	26,2	26,7	22,5	25,2	27,5	24,8	25,1	20,4	24,8
НСР, т/га	1,18	1,04	0,90	0,56	0,16	0,90	1,08	2,11	2,28	1,79	2,12	2,02	2,12	3,02	-
Ячмень															
Отвальная	5,20	3,41	2,69	4,33	5,16	3,85	5,52	4,03	4,29	3,70	2,62	2,86	2,00	1,62	3,66
Минимальная	5,59	3,02	2,96	4,20	5,00	4,01	5,22	3,99	4,04	3,79	2,76	2,48	1,82	1,58	3,60
НСР, т/га	0,26	0,31	0,25	0,90	0,13	0,17	0,28	0,19	0,16	0,11	0,14	0,25	0,33	0,08	-
Оценка по взаимодействию	Благ	Небл.	Небл.	Сред	Сред	Сред	Благ	Сред	Сред	Сред	Небл	Сред	Небла	Небл	Среднее

Примечание: влияние метеоусловий периода вегетации на урожайность с.-х. культур: благ – благоприятное, сред – среднее, небл – неблагоприятное.

Таблица 5. Взаимосвязь метеопказателей и агрофизических свойств почвы (среднее за 2009-2022 гг.)

Обработка почвы	Плотность почвы, г/см ³			Твердость почвы, КПА			Влажность почвы, %		
	благ.	сред.	неблаг.	благ.	сред.	неблаг.	благ.	сред.	неблаг.
Вико-овсяная смесь									
Отвальная	1,29	1,31	1,31	50	58	65	15,0	12,1	10,8
Нулевая	1,31	1,33	1,34	60	62	69	14,4	12,7	11,6
Озимая пшеница									
Отвальная	1,28	1,29	1,29	55	57	69	13,5	11,0	9,7
Нулевая	1,32	1,33	1,36	62	64	72	12,5	12,0	10,9
Картофель									
Отвальная	1,27	1,30	1,30	27	33	35	14,5	14,2	13,3
Минимальная	1,31	1,32	1,34	36	40	42	14,0	12,8	12,8
Ячмень									
Отвальная	1,26	1,27	1,29	31	34	39	15,5	12,0	9,0
Минимальная	1,27	1,31	1,33	40	40	45	14,2	12,5	10,3

Примечание: характеристика метеоусловий периода вегетации: благ. – благоприятные, сред. – средние, неблаг. – неблагоприятные.

Плотность почвы под культурами зернопропашного севооборота имела тенденцию нарастания от благоприятных лет к менее благоприятным. Оно

было незначительным, составило порядка 0,02-0,03 г/см³. Наблюдалось увеличение плотности почвы по минимальной обработке, включая нулевую,

в сравнении со вспашкой. Так, нулевая обработка превышала отвальную по первым двум культурам на 0,02-0,04 г/см². Такие же различия отмечались между отвальной и минимальной обработкам на картофеле и ячмене.

Наибольшая величина твердости почвы отмечена в годы, неблагоприятные по метеоусловиям. По мере их ухудшения твердость возрастала в среднем на 5-10 КПа. Более твердой почва оказалась под озимой пшеницей и викоовсяной смесью при прямом посеве, разница со вспашкой в среднем по годам составила 3-5 КПа. Далее в порядке снижения показателя идет ячмень, замыкает перечень картофель, по которым минимальная обработка превышала вспашку от 6 до 10 КПа (таблица 5).

Влажность почвы, в зависимости от метеоусловий, разнилась несущественно, в пределах 2-5% в пользу более благоприятных лет. В среднем более высокой в благоприятный период она отмечалась по вспашке, в средние и неблагоприятные годы была выше при минимальной обработке, за исключением картофеля. Однако указанные различия были крайне невелики.

К числу определяющих относятся биологические показатели почвенного плодородия, также находящихся в прямой зависимости от основных агрометеорологических условий периода проведения опыта (таблица 6). Здесь указана зависимость ряда показателей от совокупного влияния метеоусловий.

Наибольшая величина биологической активности почвы из-за высоких доз применяемых удобрений отмечалась на картофеле, несколько ниже в благоприятный период и достаточно заметно она снижалась на зерновых культурах, менее активной

почва была под викией+овес. Прослеживалось снижение биологической активности почвы по мере ухудшения агрометеорологического состояния. Разница по годам определения составляла в среднем от 3 до 7-8%. В благоприятные годы при минимальных обработках почва была более активной, за исключением картофеля, в среднем и неблагоприятных периодах ситуация незначительно менялась в пользу отвальной обработки.

Биологическая токсичность почвы, являясь обратной величиной биологической активности, проявила свое максимальное значение на ячмене, вике с овсом, превышая озимую пшеницу на 3-4%, картофель – на 5-7%. Менее токсичной почва определена в благоприятные годы, она на 8-10% уступала последовательно сравниваемым периодам. Минимальная и нулевая обработки на 5-7% превышали по этому показателю отвальную, что характерно для всех культур и различных по метеоусловиям лет и согласуется с данными исследователей Гилева С.Д., Волынкиной О.В., Сурковой Ю.В. [4].

Более засоренными оказались посеvy викоовсяной смеси и ячменя, в первую очередь, в неблагоприятные годы. Количество сорняков в их посевах превосходило количество в посевах озимой пшеницы на 10-15 %, в картофеле – на 20-25%. Это связано как с биологическими особенностями культур, так и с агротехникой их возделывания. Отмечалось меньшее количество сорных растений по отвальной обработке сравнительно с нулевой и минимальной, разница доходила до 1,5 раз.

Зависимость основных метеоусловий, приемов основной обработки почвы и отдельных агрохимических показателей представлена в таблице 7.

Таблица 6. Взаимосвязь метеорологических показателей и биологических свойств почвы (среднее за 2009-2022 гг.)

Обработка почвы	Биологическая активность почвы, %:			Биологическая токсичность почвы, %:			Засоренность посевов, шт./м ²		
	благ.	сред.	неблаг.	благ.	сред.	неблаг.	благ.	сред.	неблаг.
Вико-овсяная смесь									
Отвальная	26,3	25,0	24,1	33,0	46,9	49,0	27	45	66
Нулевая	27,0	24,2	21,7	50,1	53,0	54,0	65	99	112
Озимая пшеница									
Отвальная	28,4	26,6	21,3	33,6	45,2	46,9	22	38	58
Нулевая	29,4	24,6	19,1	46,7	51,7	56,2	77	70	94
Картофель									
Отвальная	30,3	28,1	26,3	28,2	33,3	42,3	23	30	42
Минимальная	29,1	26,5	24,8	43,0	47,5	51,8	35	47	59
Ячмень									
Отвальная	28,1	25,9	21,5	29,4	40,4	48,5	29	36	52
Минимальная	29,1	22,4	18,2	56,7	54,6	59,7	86	91	105

Примечание: характеристика метеоусловий периода вегетации: благ. – благоприятные, сред. – средние, неблаг. – неблагоприятные.

Таблица 7. Взаимосвязь метеопказателей и агрохимических свойств почвы (среднее за 2009-2022 гг.)

Обработка почвы	Общий азот, %			Подвижный фосфор, мг/кг почвы			Обменный калий, мг/кг почвы		
	благоприятно	средне	неблагоприятно	благоприятно	средне	неблагоприятно	благоприятно	средне	неблагоприятно
Вико-овсяная смесь									
Отвальная	0,147	0,128	0,120	216,7	211,1	203,8	186,8	161,9	153,5
Нулевая	0,139	0,116	0,110	212,0	210,1	201,5	180,4	176,8	170,0
Озимая пшеница									
Отвальная	0,135	0,114	0,110	214,6	207,5	193,9	198,7	182,4	170,7
Нулевая	0,121	0,108	0,104	203,0	185,0	174,8	168,5	156,1	142,8
Картофель									
Отвальная	0,188	0,196	0,169	227,3	214,9	202,0	181,6	175,8	160,0
Минимальная	0,190	0,184	0,153	213,5	208,0	194,6	165,3	153,6	145,1
Ячмень									
Отвальная	0,125	0,108	0,115	215,1	200,7	193,9	194,8	188,3	178,6
Минимальная	0,120	0,111	0,111	201,2	182,4	177,0	183,0	174,9	165,4

В среднем за годы исследований наилучшим образом питательный режим почвы складывался в благоприятные по метеоусловиям годы, и прежде всего по отвальной обработке практически по всем культурам севооборота.

Так, наибольшее количество общего азота накапливалось под картофелем и викой с овсом. Под первую культуру вносили повышенные дозы комплексных минеральных удобрений, у второй культуры составляющим компонентом была вика. Несколько меньше азота содержалось под озимой пшеницей и ячменем, поскольку зерновые культуры в первую очередь активно используют азот. Минимальные обработки уступали отвальной сотые, тысячные доли процентов. Лучше почва была обеспечена подвижным фосфором в различные по метеоусловиям годы на варианте с отвальной обработкой по всем культурам, за исключением викоовсяной смеси на корм. Разница между обработками в среднем составила порядка 10 мг/кг почвы. Отмечалась лучшая обеспеченность фосфором почвы под викой с овсом и картофелем, особенно на вспашке. Динамика содержания обменного калия соответствовала ранее указанным закономерностям, больше его содержалось в благоприятные годы, и оно постепенно снижалось по мере ухудшения агрометеоусловий. По калию отмечалось наибольшее его накопление по зерновым культурам при плужной обработке почвы. Картофель, в силу повышенного выноса элемента, имел самое низкое содержание. Викоовсяная смесь занимала промежуточное положение. Различия между вариантами по различным культурам и годам составляли от 10 до 15 мг/кг почвы.

Заключение. Обобщая приводимые результаты, отмечаем зависимость урожайности опытных культур от складывающихся агрометеорологических условий, приемов основной обработки, уровня почвенного плодородия. В связи с чем существует возможность вероятной оценки будущей

продуктивности культуры, имея предварительные данные по метеоусловиям и основным почвенным показателям. И, наоборот, имея данные по урожайности, появляется возможность предварительной оценки внешних условий роста и развития растений, динамики почвенных режимов, что обуславливает возможности совершенствования современных агротехнологий.

Литература:

1. Агробиотехнологии XXI века / Научные и практические аспекты технологии точного земледелия в полевом опыте ЦТЗ: коллективная монография / ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева. – М.: ООО «Мегаполис», 2022. С. 256-278.
2. Беленков А.И., Береза Д.В. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой почвы под культурами зернопропашного севооборота // Агрохимический вестник. 2021. № 4. С. 3-8. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-4-001
3. Борин А.А., Коровина О.А., Лощинина А.Э. Эффективность различных технологий обработки почвы в севообороте // Владимирский земледелец. 2011. № 3. С. 21-22. EDN: OGYPYL
4. Гилев С.Д., Волынкина О.В., Суркова Ю.В. Влияние природных и агротехнических факторов на содержание гумуса в почве // Агрохимический вестник. 2020. № 4. С. 36-46. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10053
5. Конончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунов В.Д., Назарова Т.О. Влияние систем удобрений и способов основной обработки почвы на урожайность культур, продуктивность севооборотов с разным насыщением бобовыми и плодородие дерново-подзолистой почвы в Центральном Нечерноземье почве // Агрохимический вестник. 2021. № 2. С. 15-22. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-2-003
6. Матюк Н. С., Полин В. Д. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2013. С. 222.
7. Матюк Н.С., Мазиров В.Д., Полин Н.В., Малахов М.А. Влияние разных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы // Земледелие. 2018. № 2. С. 33-36. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-4-10208
8. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии: учебник / Под ред. С.И. Зинченко. – Иваново: ПресСто. 2020. 282 с.

9. Чернявских В. И., Котлярова О. Г. Многовидовые фитоценозы и продуктивность эродированных почв в агроландшафтах Центрального Черноземья: монография. – Белгород: Политекра. 2010. 193 с.

10. Belenkov A.I., Mazirov M.F., Nikolaev V.A., Zinchenko S.I. Role and significance of treatment in modern farming systems. ASAGRT 2020. IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2021;843(1):012019. DOI:10.1088/1755-1315/843/1/012019

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.006.48-55

Interrelation of Agrometeorological Conditions, Turf-Podzolic Soil Fertility and Field Experience Crops Productivity

¹Alexey I. Belenkov✉, e-mail: belenokaleksis@mail.ru, Dr. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0003-0422-4936

²Valery D. Polin, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0003-3631-0169

³Vladimir A. Nikolaev, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0001-8974-3609

¹Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R. Williams, 141055, Moscow Region

²Agrochemical Innovation Center, 127550, Kostyakova str., 12, Moscow, Russia

³Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow

Abstract. Field experiments depend on the individual contribution of each of the studied factors affecting crop yields. Therefore, it is important to determine the agrometeorological conditions, individual indicators of soil fertility influence on the grain-row crop rotation crops productivity. The object of research is crops of grain-row crop rotation of the Center for Precision Agriculture (CPA) of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow. Research methods are generally accepted for this kind of research. The research purpose is to determine the participation of the main weather conditions and soil fertility indicators in the formation of the corresponding crop yield of the grain-row crop rotation. The influence of meteorological indicators of the growing season has been established, and therefore the research years are divided into appropriate groups of favorable, average and unfavorable years. As a result, their separate effects on the agrophysical, biological and agrochemical properties of the soil were noted, and the basic tillage techniques influence on the field crops yield was also established. Over the 14-year period of the CPA experience existence, it was found that the yield of the vetch-oat mixture for feed for dump processing is higher than zero by 2.0 t/ha, winter wheat – by 0.3 t/ha. Potatoes formed a yield for plowing by 2.3 t/ha more than for minimum processing. Barley provided the same productivity according to the options of dump and minimum soil treatments. Each of the authors takes participation in field surveys carrying out and observations. In accordance with the obtained results, it becomes possible to predict the possibility of obtaining a particular productivity based on the analyzed factors and conditions with a sufficient degree of probability.

Keywords: field experience, fertility, tillage, yield, grain crops, weather conditions, soil fertility indicators

Citation. Belenkov A.I., Polin V.D., Nikolaev V.A. Interrelation of Agrometeorological Conditions, Turf-Podzolic Soil Fertility and Field Experience Crops Productivity. *Scientific Agronomy Journal*. 2024; 1(124):48-55.

DOI:10.34736/FNC.2024.124.1.006.48-55

Received: 27.01.2024

Accepted: 06.03.2024

References:

1. Agrobiotechnology of the XXI century. Scientific and practical aspects of precision farming technology in the field experience of the Center for Precision Agriculture: a group monograph. Moscow. Megapolis LLC Publ. house. 2022. pp. 256-278. (In Russ.)
2. Belenkov A.I., Bereza D.V. Agrochemical characteristics of turf-podzolic soil under crops of grain-row crop rotation. *Agrokhimicheskij vestnik = Agrochemical Herald*. 2021;4:3-8. (In Russ.) DOI: 10.24412/1029-2551-2021-4-001
3. Borin A.A., Korovina O.A., Loshchinina A.E. The effectiveness of various tillage technologies in crop rotation. *Vladimirskij zemledelets = Vladimir agricolist*. 2011;3:21-22. (In Russ.) EDN: OGYPYL
4. Gilev S.D., Volynkina O.V., Surkova Yu.V. The influence of natural and agrotechnical factors on the humus content in the soil. *Agrokhimicheskij vestnik = Agrochemical Herald*. 2020;4:36-46. (In Russ.) DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10053
5. Kononchuk V.V., Timoshenko S.M., Shtyrkhunov V.D., Nazarova T.O. The influence of fertilizer systems and basic tillage methods on crop yields, crop rotation productivity with different saturation of legumes and fertility of turf-podzolic soil in the Central Non-Chernozem region. *Agrokhimicheskij vestnik = Agrochemical Herald*. 2021;2:15-22. (In Russ.) DOI: 10.24412/1029-2551-2021-2-003
6. Matyuk N.S., Polin V.D. Resource-saving technologies of tillage in adaptive agriculture. Moscow. Russian State Agrarian University Publ. house. 2013. 222 p. (In Russ.)
7. Matyuk N.S., Mazirov V.D., Polin N.V., Malakhov M.A. The influence of different treatment systems and fertilizers on the turf-podzolic soil fertility. *Zemledelie*. 2018;2:33-36. (In Russ.) DOI: 10.24411/0044-3913-2018-4-10208
8. Resource-saving technologies of tillage in adaptive agriculture: textbook / Edited by S.I. Zinchenko. Ivanovo. PresSto Publ. house. 2020. 282 p. (In Russ.)
9. Chernyavskikh V.I., Kotlyarova O.G. Multi-species phytocenoses and eroded soils productivity in agricultural landscapes of the Central Chernozem region: monograph. Belgograd. Polyterra Publ. house. 2010. 193 p. (In Russ.)
10. Belenkov A.I., Mazirov M.F., Nikolaev V.A., Zinchenko S.I. Role and significance of treatment in modern farming systems. ASAGRT 2020. IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2021;843(1):012019. DOI:10.1088/1755-1315/843/1/012019

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

УДК 631.8:633.174

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.007.56-62

Влияние гибридов, регуляторов роста и органоминеральных удобрений на формирование урожая зернового сорго

Михаил Иванович Рокотянский, аспирант, ORCID: 0009-0004-6182-9418

Александр Николаевич Сарычев✉, e-mail: zeit1@yandex.ru, к.с.-х.н., доцент, ORCID: 0000-0001-5505-8697

Оксана Вениаминовна Резникова, к.с.-х.н., доцент, ORCID: 0009-0000-4645-150X

Евгений Константинович Серединцев, аспирант, ORCID: 0009-0009-3304-1064

Волгоградский государственный аграрный университет, e-mail: volgau@volgau.com, 400002, пр. Университетский, 26, Волгоград, Россия

Аннотация. В условиях аридизации климата сельхозтоваропроизводителям необходимо иметь в севообороте наряду с традиционными сельскохозяйственными культурами и альтернативные, которые могут обеспечить получение гарантированного урожая. Актуальность исследований обусловлена необходимостью совершенствования технологии возделывания зернового сорго за счет применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений. Научная новизна заключается в изучении регуляторов роста и их влияния на формировании продуктивности зернового сорго. Полевой опыт заложен в 2022 году в УНПЦ «Горная поляна» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ на светло-каштановых почвах. Схема опыта включала 3 варианта районированных гибрида и 7 вариантов применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений. Наблюдения и анализ проводились в соответствии с общепринятыми методиками. В результате исследований было установлено, что комплексное применение регулятора роста Фертигрейн Старт Плюс для обработки семян и органоминерального удобрения Фертигрейн Фолиар Плюс способствовало увеличению продуктивности на всех изучаемых в опыте гибридов в среднем на 10-19%, при этом наиболее отзывчивым на внесение данных препаратов является гибрид Бианка, формирующий урожайность в зависимости от условий года на уровне 1,54-2,68 т/га. Результаты исследований представляют интерес прежде всего для сельхозтоваропроизводителей районов Волгоградской области с жесткими климатическими условиями, где набор сельскохозяйственных культур ограничен почвенно-климатическими условиями.

Ключевые слова: сорго зерновое, светло-каштановые почвы, регулятор роста, органоминеральное удобрение, гумат калия.

Цитирование. Рокотянский М.И., Сарычев А.Н., Резникова О.В., Серединцев Е.К. Влияние гибридов, регуляторов роста и органоминеральных удобрений на формирование урожая зернового сорго // Научно-агрономический журнал. 2024. 1(124). С. 56-62. DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.007.56-62

Поступила в редакцию: 12.01.2024

Принята к печати: 06.03.2024

Введение. Значительная площадь Волгоградской области является зоной рискованного земледелия с ограниченным набором культур для возделывания. В связи с этим для успешного развития сельского хозяйства необходимо внедрять в производство альтернативные культуры, которые позволят получать дополнительную продукцию и корма для развития животноводства. Основная задача современного кормопроизводства в условиях Волгоградской области – обеспечение животноводства высококачественными кормами и повышение урожайности кормовых культур, возделываемых как на орошаемой, так и на богарной пашне. В условиях аридизации климата и снижения количества осадков во время летнего периода особенно важное значение для увеличения производства зернофуража имеет расширение посевов высокоурожайных засухоустойчивых культур, к которым в первую очередь относится сорго.

Сорго зерновое является уникальным злаковым растением как по своим биологическим особенностям, так и хозяйственным признакам. Его основными преимуществами являются высокая засухо-

стойчивость, солевыносливость, продуктивность, стабильность урожаев по годам, хорошие кормовые качества и универсальное использование. Зерно сорго содержит 12-15 % протеина, 3,4-4,4 % жира, 70-80 % БЭВ, 2,4-4,8 % клетчатки. По кормовым достоинствам зерно сорго равноценно и даже превосходит некоторые традиционные культуры, такие как, например, ячмень и овес [5; 9].

Несмотря на то, что культура не имеет значительных площадей в севооборотах, совершенствование приемов технологии возделывания все чаще становится задачей ученых исследователей как на территории Российской Федерации, так и за ее пределами [1; 13]. Для решения задач по повышению урожайности сорго ведется научно-исследовательская работа по разработке приемов и технологии возделывания в целом, основанная, в том числе, на определении норм высева [10], подборе оптимальных для условий региона сортов и гибридов [8; 14], применении удобрений [6; 12], регуляторов роста и гербицидов для защиты посевов от сорняков [2; 11], препаратов для защиты от болезней [7]. Однако результаты исследований

зачастую носят дискуссионный характер и не являются идентичными, что можно объяснить особенностями почвенно-климатических условий регионов, где проводились исследования [3; 4].

В условиях Нижневолжского региона потенциал продуктивности этой культуры реализован не в полном объеме и данная культура не имеет широкого распространения. В связи с этим в 2022 году на участке землепользования УНПЦ «Горная поляна» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ был заложен полевой опыт по совершенствованию технологии возделывания зернового сорго на светло-каштановых почвах (рисунок 2).

Целью исследований являлось совершенствование технологии возделывания сортов сорго на зерно на основе подбора оптимальных районированных гибридов отечественной и иностранной селекции, а также применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений для обработки семян и растений во время вегетации.

Для решения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Дать оценку особенностям роста и развития посевов гибридов сорго Атаман, Бианка и Албанус с применением регуляторов роста и органоминеральных удобрений.

2. Определить особенности водопотребления и урожайность посевов в зависимости от применяемых агроприемов.

3. Определить экономическую эффективность изучаемых агроприемов.

Материалы и методы. Для решения поставленных задач исследования велись по следующей схеме опыта:

Фактор А. Гибриды сорго зернового:

I. Атаман;

II. Бианка;

III. Албанус;

Фактор В. Регуляторы роста и органоминеральные удобрения:

I. Без применения (контроль).

II. Гумат калия, обработка семян перед посевом, 0,8 л/т.

III. Гумат калия, обработка растений во время вегетации, фаза кущения, фаза выхода в трубку 1,5 л/га.

IV. Гумат калия, обработка семян перед посевом,

0,8 л/т + Гумат калия, обработка растений во время вегетации, фаза кущения, фаза выхода в трубку 1,5 л/га.

V. Фертигрейн старт Плюс обработка семян перед посевом 0,8 л/т.

VI. Фертигрейн Фолиар Плюс обработка растений во время вегетации, фаза кущения, фаза выхода в трубку 1,5 л/га.

VII. Фертигрейн старт Плюс обработка семян перед посевом 0,8 л/т + Фертигрейн Фолиар Плюс обработка растений во время вегетации, фаза кущения, фаза выхода в трубку 1,5 л/га.

Исследования велись в зернопаровом трехпольном севообороте по следующей схеме: пар – озимая пшеница – сорго зерновое. Норма высева – 250000 всхожих семян на га. Расположение участков рендомизированное, площадь деланки 1120 м² (11,2 м × 100 м), учетной 900 м², трехкратная повторность вариантов.

Почвенный покров опытного участка представлен светло-каштановыми тяжелосуглинистыми почвами. Обеспеченность доступными для растений формами азота и фосфора – низкая, содержания калия – повышенное, гумус 1,8-2,0 %.

Закладка опыта, отбор и анализ проб растений и почвенных образцов проводились с использованием общепринятых методик и ГОСТ. Полученные результаты обрабатывались методами математической статистики

Результаты и обсуждение. Погодные условия 2022-2023 гг. можно охарактеризовать в целом как благоприятные для возделывания зернового сорго (таблица 1). Среднемесячная температура воздуха за время вегетации составила: за 2022 год 18,7°C, за 2023 год 19,2°C, что немного превышало среднемноголетние значения.

По количеству осадков имелись некоторые различия по годам. В среднем за 2022 год выпало 123,3 мм осадков за время вегетации, за 2023 год этот показатель был более высокий – 145 мм. Август был самым засушливым месяцем в наших исследованиях за всю вегетацию, с самой высокой температурой воздуха и с низким количеством выпавших осадков.

Таблица 1. Метеорологические показатели вегетационного периода за 2022-2023 гг.

Показатели	Годы	Месяцы					Среднее (суммарное) за вегетацию
		V	VI	VII	VIII	IX	
Температура воздуха, °C	Многолетние	16,5	21,5	24,0	22,5	15,5	20,0
	2022	14,2	23,7	23,7	27,5	16,0	21,0
	2023	17,5	22,0	24,7	26,3	18,5	21,8
Влажность воздуха, %	Многолетние	61	48	44	40	63	51,2
	2022	47	35	45	27	62	43,2
	2023	52	44	47	37	47	45,4
Осадки, мм	Многолетние	25,0	35,0	30,0	20,0	30,0	140,0
	2022	59,0	2,3	24,0	18,0	20,0	123,3
	2023	9,7	50,0	70,3	6,0	9,0	145,0

Исследованиями установлено, что изучаемые гибриды имеют некоторые отличия в продолжительности вегетации. В 2022 году гибрид Албанус был самым раннеспелым, период от посева до полной спелости составил 121 день, у гибрида Бианка – 129 дней, гибрида Атаман – 124 дня. В условиях 2023 года у гибрида Атаман он был самым коротким – 129 дней, у гибрида Албанус на 2 дня больше – 131 день, а у гибрида Бианка самый продолжительный – 134 дня. Обусловлены данные различия по годам тем, что годы отличались интенсивностью выпадения осадков в период вегетации и их распределением по месяцам.

Лабораторные исследования показали высокие посевные качества семян изучаемых гибридов, лабораторная всхожесть в среднем находилась на уровне 94,5 %, однако полевая всхожесть была ниже примерно на 15-25 % в 2022 г. и 10-11% в 2023 г. Так, на гибриде Атаман в зависимости от изучаемых факторов она варьировала от 70,5 до 76,1 в 2022 г. и от 84,2 до 87,8% в 2023 г., на гибриде Бианка – 72,1-78,5 %, 84,6-88,1 %, гибриде Албанус – 71,4-77,0 %, 84,3-87,7 % соответственно по

годам исследования в зависимости от применения регуляторов роста для обработки семян и органоминеральных удобрений во время вегетации.

На формирование продуктивности любой сельскохозяйственной культуры в подзоне светло-каштановых почв первостепенное влияние оказывает наличие запасов доступной для растений влаги в почве, а также атмосферные осадки в наиболее критические фазы развития.

Как показали исследования 2022-2023 гг., в целом посевы были обеспечены влагой практически на всем периоде вегетации, но в ответственные фазы развития отмечалась нехватка в верхних горизонтах почвы. Это связано, прежде всего, с неравномерным распределением атмосферных осадков по месяцам. В среднем за 2 года перед посевом содержание доступной влаги в метровом слое почвы составило 107,4 мм, в фазу выхода в трубку – 77,9 мм, цветения – 51,9 мм, а в фазу полной спелости – 18,6 мм (таблица 2).

Содержание доступной влаги для растений в метровом слое почвы в 2022 г. было меньше, чем в 2023 г. (рисунок 1).

Таблица 2. Содержание доступной влаги в почве во время вегетации в слое почвы 0-1,0 м, сорт Бианка, без применения удобрений (контроль), мм

Фенологическая фаза							
Посев	Всходы	Выход в трубку	Стеблевание	Выметывание	Цветение	Молочная спелость	Полная спелость
2022 г.							
98,5	87,3	65,4	56,3	46,9	43,5	25,4	12,6
2023 г.							
116,3	104,2	90,3	72,6	65,4	60,3	32,9	24,6
Среднее за 2022-2023 гг.							
107,4	95,8	77,9	64,4	56,2	51,9	29,2	18,6

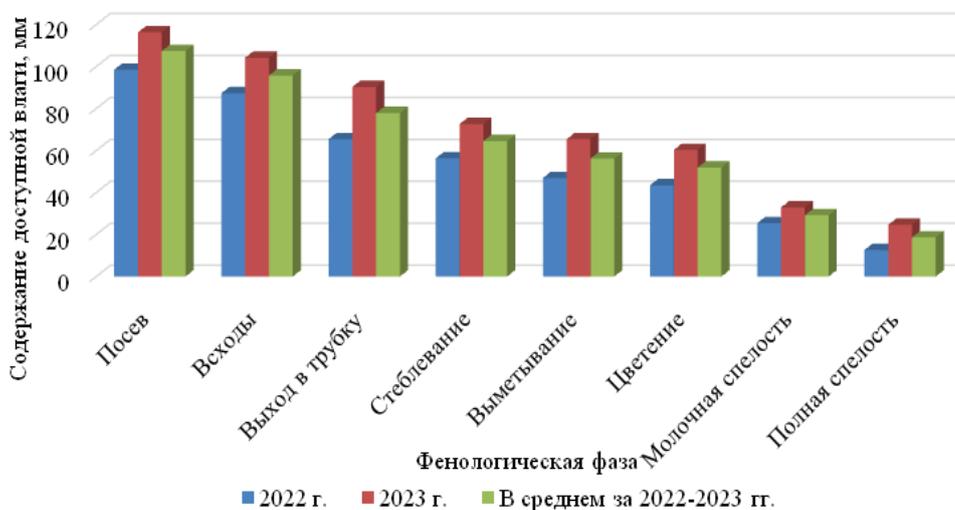


Рисунок 1. Содержание доступной для растений влаги в посевах сорго зернового в 2022-2023 гг. в слое почвы 0-1,0 м (сорт Бианка, без применения удобрений (контроль), мм

Анализируя водопотребление сорго в опыте, было установлено, что суммарное водопотребление в зависимости от варианта опыта варьировало от 1801,5 м³/га на варианте с гибридом Атаман без применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений до 1859,5 м³/га на варианте с гибридом Бианка с обработкой семян препаратом Фертигрейн Старт Плюс и листовой обработкой Фертигрейн Фолиар Плюс. В структуре водопотребления на долю почвенных влагозапасов приходилось 49,4-51 %, на долю атмосферных осадков 49,5-50,6 % (таблица 3). Применение регуляторов роста для обработки семян и органоминеральных удобрений во время вегетации способствовало снижению коэффициента водопотребления по сравнению с вариантами, где не применялись данные препараты. Из изучаемых гибридов наиболее отзывчивым является гибрид Бианка. На контр-

ольном варианте коэффициент водопотребления составил 1104,7 м³/т, а на варианте с совместным применением препаратов марки Фертигрейн он был равен 931 м³/т. На гибриде отечественной селекции Атаман эти показатели были равны соответственно 1169,6 и 981,9 м³/т, а на гибриде Албанус 1135,3 и 986,9 м³/т.

Главным критерием оценки изучаемых агроприемов, сортов и гибридов сельскохозяйственных культур является величина и качество урожая. Наблюдениями в опытах было установлено, что продуктивность посевов зернового сорго на светло-каштановых почвах зависит от биологических особенностей гибрида, а также применения регуляторов роста для обработки семян и органоминеральных удобрений в виде некорневой подкормки (таблица 4).

Таблица 3. Структура водопотребления зернового сорго, в среднем за 2022-2023 гг.

Фактор А гибриды	Фактор В органоминеральные удобрения	Израсходовано воды за вегетационный период, м ³ /га				Суммарное водопо- требление, м ³ /га	Коэффициент водопо- требления, м ³ /т
		За счет запасов в почве		За счет атмосферных осадков			
		м ³ /га	%	м ³ /га	%		
Атаман	Без обработки	888,0	49,4	913,5	50,6	1801,5	1169,6
	Гумат обработка семян	896,5	49,7	913,5	50,3	1810,0	1134,9
	Гумат обработка во время вегетации	905,5	49,9	913,5	50,1	1819,0	1113,2
	Гумат обработка семян+ Гумат обработка во время вегетации	912,0	50,1	913,5	49,9	1825,5	1098,9
	Фертигрейн старт Плюс	896,5	49,7	913,5	50,3	1810,0	1075,3
	Фертигрейн Фолиар Плюс	912,0	50,1	913,5	49,9	1825,5	1046,1
	Фертигрейн старт Плюс + Фертигрейн Фолиар Плюс	928,5	50,5	913,5	49,5	1842,0	981,9
Бианка	Без обработки	902,0	49,8	913,5	50,2	1815,5	1104,7
	Гумат обработка семян	911,0	50,1	913,5	49,9	1824,5	1071,5
	Гумат обработка во время вегетации	917,5	50,2	913,5	49,8	1831,0	1057,4
	Гумат обработка семян+ Гумат обработка во время вегетации	934,0	50,7	913,5	49,3	1847,5	1022,7
	Фертигрейн старт Плюс	921,5	50,3	913,5	49,7	1835,0	1036,3
	Фертигрейн Фолиар Плюс	927,5	50,5	913,5	49,5	1841,0	1016,3
	Фертигрейн старт Плюс + Фертигрейн Фолиар Плюс	946,0	51,0	913,5	49,0	1859,5	931,0
Албанус	Без обработки	895,0	49,6	913,5	50,4	1808,5	1135,3
	Гумат обработка семян	904,0	49,9	913,5	50,1	1817,5	1115,8
	Гумат обработка во время вегетации	910,5	50,1	913,5	49,9	1824,0	1083,9
	Гумат обработка семян+ Гумат обработка во время вегетации	920,0	50,3	913,5	49,7	1833,5	1062,3
	Фертигрейн старт Плюс	916,0	50,2	913,5	49,8	1829,5	1059,7
	Фертигрейн Фолиар Плюс	921,5	50,3	913,5	49,7	1835,0	1038,3
	Фертигрейн старт Плюс + Фертигрейн Фолиар Плюс	937,0	50,8	913,5	49,2	1850,5	986,8

Таблица 4. Урожайность сорго зернового в среднем за 2022-2023 г., т/га

Фактор В – органоминеральные удобрения, регуляторы роста	Фактор А – гибриды			
	Атаман	Бианка	Албанус	Средняя
Без обработки (контроль)	1,66	1,76	1,71	1,71
Гумат калия, обработка семян	1,73	1,82	1,76	1,77
Гумат калия некорневая подкормка во время вегетации	1,76	1,85	1,81	1,81
Гумат калия, обработка семян + Гумат калия, некорневая подкормка во время вегетации	1,80	1,92	1,86	1,86
Фертигрейн старт Плюс, обработка семян	1,80	1,89	1,85	1,85
Фертигрейн Фолиар Плюс, некорневая подкормка во время вегетации	1,85	1,93	1,89	1,89
Фертигрейн старт Плюс, обработка семян + Фертигрейн Фолиар Плюс некорневая подкормка во время вегетации	2,05	2,11	2,01	2,04
Средняя	1,80	1,90	1,84	

НСП (05) общая 2022 г. – 0,1275, НСП (05) А – 0,0482, НСП (05) В – 0,1168

НСП (05) общая 2023 г. – 0,2024, НСП (05) А – 0,0765, НСП (05) В – 0,1168

На контрольном варианте, где не применялись препараты, урожайность в среднем за 2 года исследований составила на гибриде Атаман 1,66 т/га, на гибриде Бианка 1,76 т/га, а на гибриде Албанус 1,71 т/га.

Исследованиями было установлено, что применение гумата калия и регулятора роста Фертигрейн старт Плюс для обработки семян и органоминерального удобрения Фертигрейн Фолиар Плюс способствовало увеличению урожайности. Однако раздельное применение каждого препарата не способствовало такому увеличению продуктивности культуры, как их совместное применение. Применение гумата калия для обработки семян и двукратная обработка посевов во время вегетации обеспечило прибавку по сравнению с контрольным вариантом на гибриде Атаман на 0,14 т/га, на гибриде Бианка на 0,16 т/га, а на гибриде Албанус на 0,15 т/га. Препараты марки Фертигрейн обеспечили большую прибавку по сравнению с гуматом калия и контрольным вариантом. Так, на гибриде Атаман урожайность составила 2,01 т/га, на гибриде Албанус 2,01 т/га, а на гибриде Бианка сформировался самый высокий урожай – 2,11 т/га, что больше, чем на контроле на 0,45 т/га.

Расчёт экономической эффективности показал, что эффективность возделывания зависит от возделываемого гибрида в опыте и используемых регуляторов роста и органоминеральных удобрений. В среднем величина затрат варьировала от 10650 руб. без применения препаратов до 12070 руб. на варианте с комплексным применением препаратов Фертигрейн. Средняя цена реализации зерна сорго за 2022-2023гг. составила 9500 руб. за 1 т.

Анализ себестоимости полученной продукции показал, что самая низкая себестоимость была получена на варианте с комплексным применением препаратов Фертигрейн составила в зависимости от возделываемого гибрида от 5720,38 до 6004,98 руб. за тонну, что меньше чем на контрольном варианте без внесения препаратов на 410,68 – 695,28 рублей.

Расчет прибыли на 1 т полученной продукции и на 1 га показал, что самая высокая прибыль в опыте была получена при возделывании гибрида Бианка и с комплексным применением препаратов Фертигрейн и составила на 1 т – 3779,62 руб., а на 1 га 7975,00 руб.

Возделывание гибрида Атаман без применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений привело к получению самой низкой величины прибыли на 1 т и на 1 га, значение этого показателя было равно 3084,34 и 5120,00 руб. соответственно.

Расчет уровня рентабельности показал, что самое высокое значение этого показателя получено на вариантах, где применяются препараты Фертигрейн комплексно: на гибриде Бианка – 66,07 %, Атаман – 61,35 %, Албанус – 58,2 %; на вариантах с гуматом калия – от 48,6 до 52,97 %, а без применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений – 48,08-52,54 %.

Таким образом, проанализировав экономические показатели, можно сделать вывод о том, что самым экономически выгодным вариантом в опыте является вариант с гибридом Бианка на фоне комплексного применения препаратов Фертигрейн (Фертигрейн старт Плюс – обработка семян перед посевом 0,8 л/т и Фертигрейн Фолиар Плюс – обработка растений во время вегетации, фаза выхода в трубку, стеблевание), поскольку данная комбинация обеспечивает получение самых высоких экономических показателей: прибыль на 1 т – 3779,62 руб., прибыль на 1 га – 7975,00 руб., уровень рентабельности – 66,07 %.

Выводы. Таким образом, на основании проведенных исследований, можно сделать вывод, что применение в технологии возделывания регуляторов роста и органоминеральных удобрений во время вегетации способствует увеличению продуктивности изучаемой культуры. Наиболее лучшие результаты за два года наблюдений были получены на гибриде Бианка, семена которого были обработаны препаратом Фертигрейн старт Плюс

и во время вегетации была проведена некорневая подкормка препаратом Фертигрин Фолиар Плюс, урожайность на этом варианте составила 2,11 т/га, что выше чем на контроле на 19,9 %. Также стоит отметить, что положительное влияние на рост и развитие культуры оказывает более высокое содержание доступной влаги в почве и количество атмосферных осадков.

Литература:

1. Барановский А. В., Тимошин Н. Н., Ковтунов В. В. [и др.] Влияние погодных условий и сортовых особенностей на продуктивность современных сортов зернового сорго // Научный вестник Луганского государственного аграрного университета. 2022. № 3(16). С. 8-15. EDN: GZMWAE
2. Барановский А. В., Косогова Т. М., Меркулов А. Е. Влияние применения регуляторов роста растений на продуктивность зернового сорго // Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики «Луганский национальный аграрный университет». 2019. № 7-1. С. 553-565. EDN: XHBMТ
3. Бритвин В. В., Болдырева Л. Л., Клиценко О. А. Сравнительная оценка перспективных сортов сорго зернового крупяного направления // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2021. № 27(190). С. 28-34. EDN: JLMЛВH
4. Булекова А. А., Шарафиева Ж. Р., Ескайрова Н. Н. Биологические особенности формирования урожайности зернового сорго в условиях Приуралья // Наука и образование. 2022. № 4-2(69). С. 182-190. DOI: 10.56339/2305-9397-2022-4-2-182-189 EDN: AVMXRE
5. Ерохина А. В., Бычкова В. В., Болотова О. И. [и др.]. Потенциал сорго зернового в качестве компонента комбикормов для цыплят бройлеров // АгроЭкоИнфо. 2023. № 4(58). DOI: 10.51419/202134411 EDN: BVZBJJ
6. Зеленов А. В., Семинченко Е. В. Солома – важный фактор биологизации при возделывании зернового сорго на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3(51). С. 62-69. EDN: YQTCOD
7. Кинчарова М. Н., Матвиенко Е. В. Эффективность предпосевной обработки семян в борьбе с болезнями зернового сорго // Аграрный вестник Урала. 2021. № 9(212). С. 2-10. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-2-10 EDN: VJPMFC
8. Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А., Лушпина О. А. [и др.]. Новый белозерный сорт сорго зернового Атаман // Зерновое хозяйство России. 2019. № 1(61). С. 14-17. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-14-17 EDN: ZHCVLV
9. Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А., Лушпина О. А. [и др.] Питательная ценность зернового сорго // Фермер. Поволжье. 2018. № 8(72). С. 56-58. EDN: YAKYLR
10. Метлина Г. В., Васильченко С. А., Ковтунов В. В. Расход влаги сортами сорго зернового в зависимости от норм посева и способов посева в условиях южной зоны Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 6. С. 97-102. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-97-102 EDN: ERDAMC
11. Метлина Г. В., Васильченко С. А. Эффективность гербицида Балерина на сорго зерновом // Зерновое хозяйство России. 2021. № 1(73). С. 68-72. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-68-72 EDN: SPTAGV
12. Степанченко Д. А., Степанченко В. И., Бочкарева Ю. В. [и др.]. Влияние хелатных микроудобрений на элементы семенной продуктивности сортов зернового сорго в Поволжье // АгроЭкоИнфо. 2023. № 2(56). DOI: 10.51419/202132232 EDN: CUTUXG
13. Томашевська О. А. Сучасні тенденції вирощування сорго у світі. The scientific heritage. 2020. No 43. P. 42-45. https://elibrary.ru/download/elibrary_42351991_34058358.pdf
- Tomashavska O. Current trends of sorghum cultivation in the world. The Scientific Heritage. 2020. No. 43-3(43). P. 42-45.
14. Яцковская Р. В., Ковтунов В. В., Бельтюков Л. П. Оценка новых сортов сорго зернового по продуктивности в условиях Ростовской области // Активная честная интеллектуальная молодежь сельскому хозяйству. 2019. № 1(6). С. 70-74 EDN: XNPJPH

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.007.56-62

The Influence of Hybrids, Growth Regulators and Organomineral Fertilizers on the Grain Sorghum Yield Formation

Mikhail I. Rokotyanskij, Post-graduate, ORCID: 0009-0004-6182-9418

Aleksandr N. Sarychev✉, e-mail: zeit1@yandex.ru, Cand. Sci. (Agr.), Docent, ORCID: 0000-0001-5505-8697

Oksana V. Reznikova, Cand. Sci. (Agr.), Docent, ORCID: 0009-0000-4645-150X

Evgenij K. Seredintsev, Post-graduate, ORCID: 0009-0009-3304-1064

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agricultural University», e-mail: volgau@volgau.com, 400002, Universitetskiy Prospekt 26, Volgograd, Russia

Abstract. In the conditions of climate aridization, agricultural producers need to have alternative crops in their crop rotation along with traditional crops that can ensure a guaranteed harvest. The relevance of the research is due to the need to improve the technology of grain sorghum cultivation through the use of growth regulators and organomineral fertilizers. The scientific novelty is in the study of growth regulators and their influence on the grain sorghum productivity formation. The field experience was laid in 2022

at the Gornaya Polyana Educational, Scientific and Production Center (ESPC) of the FSBEI HE Volgograd SAU on light chestnut soils. The experiment scheme included 3 variants of the zoned hybrid and 7 variants of the growth regulators and organomineral fertilizers use. The observations and analysis were carried out in accordance with generally accepted methods. As a result of the research, it was found that the complex use of the «Fertigrain Start Plus» growth regulator for seed treatment and the «Fertigrain Foliar Plus»



Рисунок 2. Опытные посевы зернового сорго

organomineral fertilizer contributed to an increase in productivity on all hybrids studied in the experiment by an average of 10-19%. At the same time, the Bianca hybrid is the most responsive to the introduction of these drugs, forming yields depending on the conditions of the year at the level of 1.54-2.68 t /ha. The results of the research are of interest primarily for agricultural producers in the districts of the Volgograd Region with harsh climatic conditions, where the set of crops is limited by soil and climatic conditions.

Keywords: grain sorghum, light chestnut soils, growth regulator, organomineral fertilizer, potassium humate.

Citation. Rokotyanskij M.I., Sarychev A.N., Reznikova O.V., Seredintsev E.K. The Influence of Hybrids, Growth Regulators and Organomineral Fertilizers on the Grain Sorghum Yield Formation. *Scientific Agronomy Journal*. 2024; 1(124):56-62. DOI:10.34736/FNC.2024.124.1.007.56-62

Received: 12.01.2024

Accepted: 06.03.2024

References:

1. Baranovskij A. V., Timoshin N. N., Kovtunov V. V. [et al.] Weather conditions and varietal characteristics influence on the modern varieties of grain sorghum productivity. *Nauchnyj vestnik Luganskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022;3(16):8-15. (In Russ.) EDN: GZMWAE
2. Baranovskij A.V., Kosogova T.M., Merkulov A.E. The effect of the plant growth regulators use on the grain sorghum productivity. *Nauchnyj vestnik Luganskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019;7(1):553-565. (In Russ.) EDN: XIIBMT
3. Britvin V.V., Boldyreva L.L., Klitsenko O.A. Comparative assessment of sorghum grain cereal promising varieties. *Izvestiya sel'skokhozyajstvennoj nauki Tavridy = Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2021;27(190):28-34. (In Russ.) EDN: JLMLBH
4. Bulekova A.A., Sharafieva Zh.R., Eskajrova N.N. Biological features of the grain sorghum yield formation in the conditions of the Urals. *Nauka i obrazovanie*. 2022; 4-2(69):182-190. (In Russ.) DOI: 10.56339/2305-9397-2022-4-2-182-189
5. Erokhina A.V., Bychkova V.V., Bolotova O.I. [et al.]. The potential of grain sorghum as a component of compound

feeds for broiler chickens. *AgroEcoInfo*. 2023;4(58). (In Russ.) DOI: 10.51419/202134411

6. Zelenev A.V., Seminchenko E.V. Straw as an important biologization factor in the cultivation of grain sorghum on light chestnut soils of the Volgograd Region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2018;3(51):62-69. (In Russ.) EDN: YQTCOD

7. Kincharova M.N., Matvienko E.V. The effectiveness of pre-sowing seed treatment in the combat against grain sorghum diseases. *Agrarnyj vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021;9(212):2-10. (In Russ.) DOI: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-2-10

8. Kovtunov V.V., Kovtunova N.A., Lushpina O.A. [et al.] A new white-grained Ataman grain sorghum. *Zernovoe hozajstvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2019;1(61):14-17. (In Russ.) DOI: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-14-17 EDN: ZHCVLV

9. Kovtunov V.V., Kovtunova N.A., Lushpina O.A. [et al.] Nutritional value of grain sorghum. *Fermer. Povolzh'e*. 2018; 8(72):56-58. (In Russ.) EDN: YAKYLR

10. Metlina G.V., Vasil'chenko S.A., Kovtunov V.V. Moisture consumption by grain sorghum varieties depending on seeding rates and sowing methods in the southern zone of the Rostov Region conditions. *Zernovoe hozajstvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2022;14(6):97-102. (In Russ.) DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-97-102

11. Metlina G.V., Vasil'chenko S.A. The Ballerina herbicide effectiveness on grain sorghum. *Zernovoe hozajstvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2021;1(73):68-72. (In Russ.) DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-68-72

12. Stepanchenko D.A., Stepanchenko V.I., Bochkareva Yu.V. [et al.] The effect of chelated micronutrients on the elements of grain sorghum varieties seed productivity in the Volga region. *AgroEcoInfo*. 2023;2(56). (In Russ.) DOI: 10.51419/202132232

13. Tomashevskaya O. Current trends of sorghum cultivation in the world. *The Scientific Heritage*. 2020;43-3(43):42-45.

14. Yatskovskaya R.V., Kovtunov V.V., Bel'tyukov L.P. New grain sorghum varieties productivity evaluation in the Rostov region conditions. *Aktivnaya chestolyubivaya intellektual'naya molodyozh' sel'skomu khozyajstvu*. 2019; 1(6):70-74. (In Russ.) EDN: XNPJPH

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные)

УДК 630*232.2:581.9

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.008.63-68

Оценка качества семенного материала сосны Палласа в сухостепной зоне Нижнего Поволжья

Елена Владимировна Калмыкова✉, e-mail: kalmukova-ev@vfanc.ru, д.с.-х.н., г.н.с., зав. лаб.,
ORCID: 0000-0001-8530-9995

Анна Ивановна Передриенко, аспирант, ORCID: 0000-0002-1717-1725

Лаборатория биоэкологии древесных растений

«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: info@vfanc.ru,
400062, Университетский проспект, 97, Волгоград, России

Аннотация. Для целей лесовосстановления и защитного лесоразведения должны использоваться высококачественные семена с хорошими наследственными свойствами ценных местных и интродуцированных видов и форм. Сосна Палласа на протяжении века является одной из ведущих культур в лесомелиоративном обустройстве сухостепной зоны юга Европейской части России. Сосну Палласа следует считать весьма адаптированным видом, она имеет хороший рост, устойчивость к болезням и вредителям в степной и сухостепной зонах. Получение качественного посадочного материала является весьма актуальной задачей. Целью исследования являлась оценка показателей качества семян сосны Палласа как индикатора устойчивости семенных насаждений. Объект исследований – семена сосны Палласа, собранные с 3 участков на территории Волгоградской области. В статье обобщены данные роста, состояния вида сосны Палласа в искусственных насаждениях, а также приведена природно-географическая характеристика трех различных участков, расположенных на территории Волгоградской области. Анализ данных продемонстрировал внутривидовые различия растений сосны Палласа. Использован метод рентгенографии для определения качества семян. Наиболее качественный семенной материал отобрали с участка №1 (89% полноценных семян). Полученные результаты по всхожести (85 %) и энергии (79 %) прорастания с этого участка согласуются с показателями, полученными при рентгенографии семян, согласно ГОСТ 14161-86, соответствуют 2 классу качества семян.

Ключевые слова: сосна Палласа, семена, жизнеспособность, рентгенография, всхожесть семян, энергия прорастания семян.

Финансирование. Исследования выполнены в рамках Государственного задания Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН: № 121041200195-4 «Формирование полифункциональных кластерных дендрологических экспозиций и их реновации в биоресурсные искусственные и озелененные ландшафтные пространства рекреационного типа в малолесных регионах России», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Цитирование. Калмыкова Е.В., Передриенко А.И. Оценка качества семенного материала сосны Палласа в сухостепной зоне Нижнего Поволжья // Научно-агрономический журнал. 2024. 1(124). С. 63-68. DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.008.63-68

Поступила в редакцию: 10.01.2024

Принята к печати: 06.03.2024

Введение. Главная задача степного лесоводства – повышение лесистости территорий, сохранение и восстановление ранее существовавших лесных насаждений, погибших по разным причинам: пожары, засуха, энтомо- и фитовредители, а также антропогенное воздействие. Вопросы сохранения и восстановления защитных лесных насаждений (ЗЛН) становятся все более значимыми. Волгоградская область – малолесной регион, в котором площадь лесов от общей площади региона (113 тыс. км²) составляет всего 4,3% [2], и на территории необходимо иметь порядка 330 тыс. га ЗЛН, из которых на данный момент имеется всего 130,7 тыс. га. Благодаря лесным насаждениям совершенствуется и расширяется видовое разнообразие флоры и фауны, обеспечивается стабилизация территории, возрастает продуктивность природно-сельскохозяйственных экосистем [3].

Выполнение этих задач требует большого количества семян деревьев и кустарников. При этом для целей лесовосстановления и защитного лесоразведения должны быть использованы высококачественные семена с хорошими наследственными свойствами ценных местных и интродуцированных видов и форм. Известно, что в песчаных условиях произрастания снижается интенсивность процессов репродукции [8]. Научные основы подбора древесных пород в условиях сухой степи заложили Н.И. Сус (1916), А.В. Альбенский (1959), Г.Н. Высоцкий (1949), Г.Я. Маттис (1986) и др. Они подчеркивали, что хвойные виды, и в первую очередь сосна, более экономно, чем лиственные, расходуют влагу и обладают большей засухоустойчивостью [6]. Наиболее подходящим и ценным является семенной материал, полученный в том же лесосеменном районе. Сосна Палласа

на территории Волгоградской области является интродуцентом. Поэтому важно выявить участки с наиболее ценными наследственными свойствами для получения высококачественного семенного и посадочного материала. Как известно, на рост посадочного материала, получаемого из семян, наряду с наследственными свойствами влияют и внешние факторы [3]. Высокую ценность для лесоразведения здесь представляют те виды, которые являются устойчивыми к засухе, морозу, содержанию солей в почве, вредителям и болезням. Создание лесосеменных плантаций из комплексно устойчивых растений позволяет решить проблему улучшения качества посевного материала для создания более жизнеспособного и долговечного поколения защитных лесных насаждений в засушливых условиях, особенно в сухой степи и полупустыне [5].

Цель исследования – оценка показателей качества семян сосны Палласа как индикатора устойчивости семенных насаждений для получения высококачественного посадочного материала в малолесных регионах юга России.

Материалы и методы исследования. Семена сосны Палласа получены с трех участков на территории Волгоградской области (рисунок 1):

1) СГБУ ВО «Волгоградское лесничество», Городищенский муниципальный район, географические координаты: 48.910055, 43.776501;

2) СГБУ ВО «Нижнечирское лесничество», Чернышковский муниципальный район, географические координаты: 48.910055, 43.776501;

3) СГБУ ВО «Волгоградское лесничество», Дубовский муниципальный район, географические координаты: 48.110266, 42.843467.

Сбор семян сосны крымской осуществлялся в период их созревания (зима 2022-2023 года).

Участок №1 расположен в центральной части Волгоградской области на территории Городищенского муниципального района. Для этой местности характерны следующие климатические условия: зима холодная, средняя температура в январе $-9,6^{\circ}\text{C}$ (абсолютный минимум $-35,0^{\circ}\text{C}$); лето жаркое, средняя температура в июле составляет $24,2^{\circ}\text{C}$ (максимальная температура до $40,0^{\circ}\text{C}$). Среднего-

довое количество осадков – 344 мм [9]. Устойчивый снежный покров формируется в конце декабря и сохраняется до середины марта, почва оттаивает в первой декаде апреля. Последние весенние заморозки могут наблюдаться как в конце марта, так и продолжаться до второй декады мая, первые осенние заморозки проявляются во второй половине сентября. Среднее количество дней с засухой – 41,9. В холодный период преобладают северо-восточные и восточные ветры, а в теплый период западные ветры и восточные. Территория Городищенского района расположена в зоне дерновинно-злаковых сухих степей, особенно распространены полынь, тысячелистник, солнечник. Почвообразование формируется по каштановому типу с образованием светло-каштановых почв с комплексным формированием почвенного покрова [7].

Участок №2 расположен на землях Чернышковского муниципального района. Самый холодный месяц январь ($-8,5^{\circ}\text{C}$), самый теплый июль ($+23,0^{\circ}\text{C}$). Среднегодовое количество осадков равно 380-420 мм. Абсолютный температурный максимум $+40,0^{\circ}\text{C}$, а минимум – $-36,0^{\circ}\text{C}$ [9]. Почвы на территории района – каштановые. Здесь преобладает степная растительность, разнотравной белопольной житняковой ассоциации [7].

Участок №3 расположен на территории Дубовского муниципального района в пределах Приволжской возвышенности. Средняя температура в январе -10°C (абсолютный минимум до $-37,0^{\circ}\text{C}$) и 22°C в июле (абсолютный максимум до $+40,0^{\circ}\text{C}$). Общегоодовое количество осадков составляет 326 мм [9]. Даты формирования снежного покрова такие же, как и на участке №1. По растительному покрову территория Дубовского района входит в подзону каштановых степей. По характеру растительности эта подзона представляет собой типично-полынные, мятликово-полынные степи. Почвенный покров территории Дубовского района относится к зоне каштановых почв [7].

Для всех трех исследуемых участков можно выделить следующие отрицательные факторы для произрастания растительности: неустойчивое увлажнение, низкая относительная влажность воздуха летом, ливневый характер осадков, периоди-



Рисунок 1. Общий вид семенных участков

ческая засуха, суховеи, сильные ветры и пыльные бури. К положительным сторонам климата следует отнести длительный безморозный период, высокую сумму положительных температур, интенсивную солнечную радиацию.

Жизненное состояние деревьев сосны крымской (Палласа) оценивалось шкалой категорий состояния хвойных деревьев по методике В.А. Алексеева. Оценка урожая и роста семян, предложенная В.Г. Каппером, проводилась глазомерно. Возраст насаждений установлен на основе таксационных данных, предоставленных лесничествами.

Посевные качества семян определили с помощью ГОСТов и межгосударственного стандарта. Для оценки степени развития зародыша и эндосперма и выявления механических повреждений, качества и жизнеспособности семенного материала применяли рентгенографический метод оценки семян (ГОСТ Р 59603-2021). Всхожесть семян установлена по ГОСТ 13056.6-97. Общий объем выборки по варианту составляет 300 семян, объем выборки семян одной повторности 100 штук [10]. Энергия прорастания регистрировалась на 5 и 7 сутки после закладки опыта, всхожесть – на 10 и 15 сутки проращивания. Также вычисляли в процентах средние величины для непроросших здоровых, загнивших и пустых семян. Определение влажности семян не проводилось в связи с отсутствием необходимости в длительном хранении.

Результаты исследования и их обсуждение.

Для исследования на каждом участке были отобраны 100 деревьев, с которых и были собраны се-

мена. Самыми возрастными насаждениями являются деревья на участке №2 (52 года), на участке №1 – 43 года, а на участке №3 – 37 лет (таблица 1).

Анализ данных средних значений диаметра ствола и высоты деревьев показал, что зеленые насаждения на участке №2 обладают наибольшими показателями: 310 мм и 14,0 м соответственно, на остальных участках средние показатели ниже: на участке №1 – 283 мм и 11,0 м, а на участке №3 – 279 мм и 10,5 м, но при этом их показатели относительно схожи. Связано это с разницей возраста в 6 лет, наиболее приближенной географической расположенностью и климатическими условиями. Также класс бонитета насаждений на всех участках составил в баллах: 3,5 – на участке №1; 2,0 – на участке №2; 3,0 – на участке №3. Наибольший балл плодоношения отмечен на участке №1 и составил 4 балла, наименьший также на участке №2 – 2 балла.

С помощью метода рентгенографии получили цифровые рентгеновские изображения на диагностическом комплексе Multi-purpose mobile X-RAY, на которых выявили количество полноценных и неполноценных, а также беззародышевых семян. Полноценные семена на рентгеновском снимке имеют светлое изображение, тогда как пустоты, микротрещины и другие повреждения ввиду слабого поглощения рентгеновского излучения имеют темные участки изображения. Изучая изображения семян на рентгеновских снимках с их способностью к прорастанию, можно оценивать качество и жизнеспособность семян (рисунок 2).

Таблица 1. Таксационная характеристика исследований насаждений сосны Палласа

Участок	Число деревьев, шт.	Возраст, лет	Средние показатели		Проекция кроны, м	Класс бонитета, балл	Балл плодоношения
			диаметр, мм	высота, м			
№1	100	43	283	11,0	5*7	3,5	4
№2	100	52	310	14,0	6*8	2,0	2
№3	100	37	279	10,5	5*7	3,0	3



Рисунок 2. Рентгенография семян с 1, 2, и 3 участков: А) полноценные; Б) беззародышевые; В) неполноценные

Таблица 2. Результаты рентгенографии

Участок	Полноценные семена, %	Беззародышевые семена, %	Неполноценные семена, %
№1	89,0	8,0	3,0
№2	59,0	26,0	15,0
№3	50,0	16,0	34,0
НСП ₀₅	6,3	5,1	9,7

Таблица 3. Оценка качества семян

Участок	Масса, г		Размеры семян, мм		Всхожесть, %	Энергия прорастания, %
	шишки	1000 шт. семян	длина	ширина		
№1	21,0	25,6	7,57	3,78	85	79
№2	22,0	24,4	8,04	3,84	74	64
№3	19,0	22,6	7,61	3,81	81	71
НСП ₀₅		0,09	0,13	0,02	2,3	3,7

Наибольшее количество неполноценных семян обнаружено на участке №3 – 34%, дополнительно у 16% семян на этом участке зародыш отсутствовал (таблица 2). Наименьшее количество неполноценных семян обнаружено на участке №1 – 3%, у 8% – зародыш отсутствовал в семени. На №2 участке отмечается самый большой процент семян без зародыша (26%), при этом количество неполноценных семян составило 15%, а полноценных – 59,0 %.

На основе рентгенографических снимков установлено, что более качественный семенной материал можно получить с участка №1.

Одним из показателей оценки качества семян хвойных пород является масса 1000 семян (таблица 3). Наименьшая масса 1000 семян выявлена на территории участка №3, наибольшее значение – отмечено на участке №2. На основе полученных данных прослеживается закономерность незначительного увеличения массы семян с севера на юг, что связано с внутривидовой наследственностью и условиями произрастания.

Для каждого варианта была определена средняя масса шишки. Минимальная масса – на участке №3, она составила 19,0 г; на участке №1 масса шишки – 21,0 г; а на участке №2 средняя масса оказалась наибольшей – 22,0 г. Семена, полученные с исследуемых участков, имеют значительное различие в размерах по длине и ширине, особенно выделяются семена с участка №2, они наиболее крупные 8,04*3,84 мм, семена с участков №1 и №3 имеют незначительную разницу 7,57*3,78 мм и 7,61*3,81 мм соответственно.

Анализ данных по всхожести и энергии прорастания позволяет выделить деревья сосны крымской с участка № 1. Полученные результаты согласуются с показателями при рентгенографии семян.

Следует отметить, что согласно ГОСТ 14161-86. Семена хвойных древесных пород. Посевные

качества. Технические условия (1988 г.), семена с участков № 1 и № 3 соответствуют 2 классу качества семян. Семена со 2 участка соответствуют 3 классу качества семян. Различие обусловлено высоким процентом беззародышевых семян на данном участке.

Заключение. Результаты исследования продемонстрировали внутривидовую наследственность сосны Палласа с учетом условий произрастания. С помощью метода рентгенографии получили цифровые рентгеновские изображения, на которых выявили количество полноценных и неполноценных, а также беззародышевых семян и оценили их жизнеспособность. Согласно полученным данным, наиболее качественный семенной материал получен с участка №1 (полноценных семян – 89%).

Наибольшие результаты по всхожести и энергии прорастания семян продемонстрировали семена с участка № 1 (85% и 79%). Полученные данные согласуются с показателями, полученными при рентгенографии семян. Размеры шишек, семян, а также их масса не влияют на всхожесть, так как наибольшие значения по данным параметрам у семян с участка №2, но по всхожести у них самые низкие значения. Таким образом, согласно оценке посевных качеств семян, в защитном лесоразведении в первую очередь рекомендуется использовать семенной материал 2 класса качества семян с участка №1, который расположен на территории Волгоградского лесничества в Городищенском районе Волгоградской области. С помощью рентгенографии возможно повысить качество заготавливаемых семян путем исключения из партии беззародышевых и неполноценных семян.

Литература:

1. Бобровская Н.Б., Ибрагимова Л.Н., Кружилин С.Н., Таран С.С. Влияние светостимуляции на всхожесть семян сосны крымской (*Pinus Pallasiana*) // Современные на-

укоемкие технологии. 2013. № 9. С. 20-22. EDN: QYYLOP

2. Кулик К.Н., Барабанов А.Т., Манаенков А.С., Кулик А.К. Обоснование прогноза развития защитного лесоразведения в Волгоградской области // Проблемы прогнозирования. 2017. № 6. С. 93-100. EDN: YNJMIG

3. Кулик К.Н., Беляев А.И., Пугачёва А.М. Роль защитного лесоразведения в борьбе с засухой и опустыниванием агроландшафтов // Аридные экосистемы. 2023. Т. 29. № 1 (94). С. 4-14. DOI: 10.24412/1993-3916-2023-1-4-14 EDN: CSZXWA

4. Кулик К.Н., Манаенков А.С., Кузенко А.Н., Салугин А.Н. К вопросу о состоянии защитного лесоразведения в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 23-33. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-02 EDN: MULTSN

5. Крючков С.Н., Стольников А.С. Стратегия сортового семеноводства для искусственного лесоразведения в экстремально засушливых условиях // Научно-аграрный журнал. 2018. № 2 (103). С. 48-50. EDN: YRALUT

6. Крючков С. Н., Киреева О. В. Адаптационные возможности видов рода *Pinus* при выращивании в засушливых условиях // Научная жизнь. 2016. № 5. С. 61-68. EDN: WFBFSX

7. Перекрестов Н. В. Почвенно-климатические условия ландшафтов Волгоградской области: Учебное пособие. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2012. 260 с. ISBN 978-5-85536-675-4 EDN: XGDAWZ

8. Плугатарь Ю.В., Коба В.П., Крестьянишин И.А., Коренькова О.О. Биометрические характеристики шишек и особенности формирования семян в искусственных насаждениях сосны Крымских яйл // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2022;(144):9-13. DOI: 10.36305/0513-1634-2022-144-9-13 EDN: GOTWKY

9. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. 306 с.

10. Фомина Н. В. Лесные культуры [Электронный ресурс]. – Красноярск: КрасГАУ, 2022. 275 с. Режим доступа: <http://www.kgau.ru/new/student/43/content/130.pdf?ysclid=lt6uotambk94331609>

11. Kulik K.N., Barabanov A.T., Manaenkov A.S. et al. Forecast assumption and analysis of the development of protective afforestation in the Volgograd region. Stud. Russ. Econ. Dev. 28, 641–647 (2017). DOI: 10.1134/S1075700717060053 EDN: XNLNMK

12. Schekalev R.V., Martynyuk A.A., Melekhov V.I. Variability Properties of *Pinus sylvestris* L. Wood in Growing Stock under Technogenic Impact. Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal], 2020, no. 4, pp. 113–122. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-4-113-122 EDN: DKPZHY

13. Zalesov S. V., Ayan S., Zalesova E. S., Opletaev A. S. Experiences on Establishment of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Plantation in Ash Dump Sites of Reftinskaya Power Plant, Russia. Alinteri Journal of Agriculture Sciences. 2020. № 35 (1). DOI: 10/28955/alinterizbd.696559

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.008.63-68

Assessment of the *Pinus Pallasiana* Seed Material Quality in the Dry Steppe Zone of the Lower Volga Region

Elena V. Kalmykova ✉, e-mail: kalmukova-ev@vfanc.ru, Dr. Sci. (Agr.), Chief Researcher, Head of Laboratory, ORCID: 0000-0001-8530-9995

Anna I. Peredrienko, Post graduate, ORCID: 0000-0002-1717-1725
Laboratory of woody plants bioecology

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of agroecology RAS), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt 97, Volgograd, Russia

Abstract. High-quality seeds of valuable local and introduced species and forms with good hereditary properties should be used for the purposes of reforestation and protective afforestation. *Pinus pallasiana* has been one of the leading crops in the forest reclamation of the dry steppe zone of the south of the European part of Russia for a century. *Pinus pallasiana* should be considered a very adapted species, it has good growth, resistance to diseases and pests in steppe and dry steppe zones. Obtaining high-quality planting material is a very urgent task. The aim of the study was to evaluate the quality indicators of *Pinus pallasiana* seeds as an indicator of seed plantations stability. The object of research is *Pinus pallasiana* seeds collected from 3 sites in the Volgograd Region. The article summarizes the data on the growth and condition of the *Pinus pallasiana* species in artificial plantations, as well as the natural and geographical characteristics of

three different sites located in the Volgograd Region. Data analysis demonstrated intraspecific differences in *Pinus pallasiana* plants. The X-ray method was used to determine the quality of the seeds. The highest quality seed material was selected from plot No 1 (89% of full-fledged seeds). The results obtained for germination capacity (85%) and germination energy (79%) from this site are consistent with the indicators obtained by X-ray of seeds, according to GOST 14161-86 and correspond to the 2nd class of seed quality.

Keywords: *Pinus pallasiana*, seeds, viability, radiography, seed germination capacity, seed germination energy.

Funding. The research was carried out within the framework of the State Assignment for the Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences: № 121041200195-4



Насаждения крымской сосны, СГБУ ВО «Волгоградское лесничество» Городищенского муниципального района

“Formation of multifunctional cluster dendrological expositions and their renovation into bioresource artificial and greened landscape spaces of recreational type in low-forest regions of Russia”, Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

Citation. Kalmykova E.V., Peredrienko A.I. Assessment of the *Pinus Pallasiana* Seed Material Quality in the Dry Steppe Zone of the Lower Volga Region. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;1(124):63-68.

DOI:10.34736/FNC.2024.124.1.008.63-68

Received: 10.01.2024

Accepted: 06.03.2024

References:

1. Bobrovskaya N.B., Ibragimova L.N., Kruzhilin S.N., Taran S.S. The light stimulation effect on the Crimean pine (*Pinus Pallasiana*) seeds germination capacity. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii = Modern high technologies*. 2013;9:20-22. (In Russ.) EDN: QYYLOP
2. Kulik K.N., Barabanov A.T., Manaenkov A.S., Kulik A.K. Substantiation of the forecast for the development of protective afforestation in the Volgograd Region. *Problemy prognozirovaniya*. 2017;6:93-100. (In Russ.) EDN: YNJMIG
3. Kulik K.N., Belyaev A.I., Pugachyova A.M. The role of protective afforestation in agricultural landscapes drought and desertification combating. *Aridnye ekosistemy = Arid Ecosystems*. 2023;29-1(94):4-14. (In Russ.) DOI: 10.24412/1993-3916-2023-1-4-14
4. Kulik K.N., Manaenkov A.S., Kuzenko A.N., Salugin A.N. On the issue of the protective afforestation status in the Volgograd Region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2020; 1(57):23-33. (In Russ.) DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-02
5. Kryuchkov S.N., Stol'nov A.S. The varietal seed production strategy for artificial afforestation in extremely arid conditions. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal =*

Scientific Agronomy Journal. 2018;2(103):48-50. (In Russ.) EDN: YRALUT

6. Kryuchkov S.N., Kireeva O.V. Adaptive capabilities of the *Pinus* genus species when grown in arid conditions. *Nauchnaya zhizn'*. 2016;5:61-68. (In Russ.) EDN: WFBFSX

7. Perekrestov N.V. Soil and climatic conditions of the Volgograd Region landscapes: A textbook. Volgograd. Volgograd SAU Publ. house. 2012. 260 p. (In Russ.) EDN: XGDAWZ

8. Plugatar' Yu.V., Koba V.P., Krest'yanishin I.A., Koren'kova O.O. Cones biometric characteristics and seed formation features in pine artificial plantations of the Crimean yayls. *Bulleten Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada = Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2022;(144):9-13. (In Russ.) DOI: 10.36305/0513-1634-2022-144-9-13

9. Sazhin A.N., Kulik K.N., Vasil'ev Yu.I. Weather and climate of the Volgograd Region. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2010. 306 p. (In Russ.)

10. Fomina N.V. Forest crops [Web resource]. Krasnoyarsk. Krasnoyarsk SAU Publ. house. 2022. 275 p. Access mode: <http://www.kgau.ru/new/student/43/content/130.pdf?ysclid=lt6uotambk94331609> (In Russ.)

11. Kulik K.N., Barabanov A.T., Manaenkov A.S. et al. Forecast assumption and analysis of the development of protective afforestation in the Volgograd Region. *Stud. Russ. Econ. Dev.* 2017;28:641-647. DOI: 10.1134/S1075700717060053

12. Schekalev R.V., Martynyuk A.A., Melekhov V.I. Variability Properties of *Pinus sylvestris* L. Wood in Growing Stock under Technogenic Impact. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2020;4:113-122. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-4-113-122

13. Zalesov S.V., Ayan S., Zalesova E.S., Opletaev A.S. Experiences on Establishment of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Plantation in Ash Dump Sites of Reftinskaya Power Plant, Russia. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*. 2020;35(1). DOI: 10/28955/alinterizbd.696559

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.