

ISSN 2500-0047

# НАУЧНО-АГРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

---



SCIENTIFIC AGRONOMY  
JOURNAL

---

4 (123) 2023



12+

ISSN 2500-0047

# НАУЧНО-АГРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

---

SCIENTIFIC AGRONOMY  
JOURNAL

4 (123) 2023

Волгоград  
2023

# 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., РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 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:

<b>Барабанов А.Т.</b> , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	<b>Петров Н.Ю.</b> , д.с.-х.н., ВолГАУ, Волгоград
<b>Беляков А.М.</b> , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	<b>Питоня А.А.</b> , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
<b>Борисенко И.Б.</b> , д.т.н., ВолГАУ, Волгоград	<b>Прянишников А.И.</b> , д.с.-х.н., член-корреспондент РАН, АО «Щелково Агрохим», Москва
<b>Воронина В.П.</b> , д.с.-х.н., к.б.н., ВолГАУ, Волгоград	<b>Рахимжанов А.Н.</b> , к.с.-х.н., ТОО «КазНИИЛХА им. А.Н. Букейхана», Республика Казахстан
<b>Гурова О.Н.</b> , к.с.-х.н., Областной комитет с/х, Волгоград	<b>Сагалаев В.А.</b> , д.б.н., ВолГУ, Волгоград
<b>Желтобрюхов В.Ф.</b> , д.т.н., ВолГТУ, Волгоград	<b>Салугин А.Н.</b> , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
<b>Зеленев А.В.</b> , д.с.-х.н., МСХА им.К.А.Тимирязева, Москва	<b>Смутнев П.А.</b> , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
<b>Зеленская Г.М.</b> , д.с.-х.н., Донской ГАУ, Ростовская область	<b>Солонкин А.В.</b> , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
<b>Иванцова Е.А.</b> , д.с.-х.н., ВолГУ, Волгоград	<b>Срослова Г.А.</b> , к.б.н., ВолГУ, Волгоград
<b>Иванченко Т.В.</b> , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	<b>Трещевская Э.И.</b> , д.с.-х.н., Воронежский ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова, Воронеж
<b>Калмыкова Е.В.</b> , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	<b>Турчин Т.Я.</b> , д.с.-х.н., филиал ВНИИЛМ, Ростовская область
<b>Кошелев А.В.</b> , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	<b>Тютюма Н.В.</b> , д.с.-х.н., «ПАФНЦ РАН», Астрахань
<b>Крючков С.Н.</b> , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	<b>Фомин С.Д.</b> , д.т.н., ВолГАУ, Волгоград
<b>Кулик А.К.</b> , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	<b>Юферев В.Г.</b> , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград
<b>Манаенков А.С.</b> , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград	
<b>Нефедьева Е.Э.</b> , д.б.н., ВолГТУ, Волгоград	
<b>Оконов М.М.</b> , 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](mailto: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.2023.123.4.000

Печатается в копировально-множительном бюро ФНЦ агроэкологии РАН

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

Тираж 500 экз. Заказ 11, подписано в печать 28 декабря 2023 г. Дата выпуска 29 декабря 2023 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.), Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 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@vfvanc.ru](mailto:info@vfvanc.ru) <https://vfvanc.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.2023.123.4.000

Published by FSC of Agroecology RAS

Address: 400062, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97

Circulation 500 copies. Order 11, signed to print on 28 December 2023. Date of issue 29 December 2023

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.

## Резолюция

научно-практической конференции с международным участием  
**«Агролесомелиорация и защитное лесоразведение – история и перспективы развития»**,  
посвященной 75-летию Постановления Совета Министров СССР  
и ЦК ВКП(б) № 3960 от 20 октября 1948 г. «О плане полезащитных лесонасаждений,  
внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения  
высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР»  
и 100-летию со дня рождения академика РАН Павловского Е. С.

г. Волгоград

18-21 октября 2023 г.

В научно-практической конференции с международным участием «Агролесомелиорация и защитное лесоразведение – история и перспективы развития», посвященной 75-летию Постановления Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) № 3960 от 20 октября 1948 г. «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР» (далее План преобразования природы) и 100-летию со дня рождения академика РАН Павловского Е. С., приняли участие более 500 человек из более 80 научных и образовательных организаций, Министерств и ведомств из 30 регионов РФ, представители стран объединенных проблемами борьбы с деградацией и опустыниванием земель (Китайская народная Республика, Монголия, Казахстан, Туркменистан, Азербайджан, Беларусь).

Заслушав и обсудив доклады и выступления участников на 11 секциях, школе молодых исследователей «Проблема опустынивания территорий в исследованиях молодых ученых», круглых столов «Современные подходы в оценке экологического состояния природных экосистем», «Углерод в агроэкосистемах – мониторинг потоков парниковых газов в условиях юга России», ознакомившись с выставкой научных и производственных достижений, конференция отмечает большую значимость искусственных защитных насаждений, в том числе созданных в период реализации плана преобразования природы, признает, что защитное лесоразведение было и остается в нашей стране важной составляющей государственной политики в области мелиорации земель и природоохранных мероприятий.

Отмечен вклад естественных и искусственных лесных насаждений в общий углеродный баланс. Подчеркивается необходимость разработки российских, апробированных и признаваемых на международном уровне методик по составляющим углеродного баланса.

Многофункциональная роль защитных

лесных насаждений в современных условиях приобретает особую значимость на территории России. Из 5,2 млн га созданных защитных насаждений разного назначения в период реализации Плана преобразования природы сохранилось около 2,7 млн га, под их мелиоративным влиянием находится 35 млн га сельхозугодий. Особую важность агролесомелиорация представляет в связи с реализацией Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации, которая стартовала в 2022 году. По программе планируется ввести в оборот не менее 13,2 млн га залежных земель и предотвратить выбытие порядка 3,5 млн га. Агролесомелиорация входит в единый комплекс мелиоративных систем наряду с орошением, агрофитомелиорацией и другими видами мелиораций. Такой комплексный подход впервые применен в новейшей истории страны.

Отдельно следует отметить реализуемый в настоящее время ФНЦ агроэкологии РАН, совместно с учеными и практиками из регионов, первый этап ВИП ГЗ по разработке национальных программ действий по борьбе с опустыниванием для 14 субъектов Российской Федерации:

Республик – Бурятия, Дагестан, Калмыкия, Татарстан, Тыва, Хакасия, Чеченской Республики, Алтайского, Красноярского, Ставропольского краев, Астраханской, Волгоградской, Ростовской, Саратовской областей. Данные субъекты имеют масштабные проблемы с опустыниванием территорий. Разработка данных программ представит объективную оценку существующей проблемы, позволит оценить масштабы бедствия и выйти на путь практического решения вопроса.

Таким образом, комплексную мелиорацию, включая защитное лесоразведение и агрофитомелиорацию, следует рассматривать как важный элемент государственной стратегии сохранения окружающей среды, рационального использования и приумножения

природно-ресурсного потенциала страны, решения проблем ее экологической и продовольственной безопасности.

Конференция ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Дать высокую оценку и отметить большую значимость для настоящего времени достижений науки и практики периода реализации Плана преобразования природы.

2. Отметить огромный накопленный опыт отечественной фундаментальной и прикладной науки в области агроэкологии во всем многообразии ее научных направлений, включая защитное лесоразведение, агролесомелиорацию, агрофитомелиорацию и новые научные направления – биотехнологии, молекулярную селекцию, геномные и постгеномные технологии.

3. Рекомендовать ФНЦ агроэкологии РАН продолжить работу по актуальным в агролесомелиоративной науке направлениям и подготовить предложения по организации и расширению международного сотрудничества и государственной поддержки для борьбы с опустыниванием и восстановления деградированных земель на федеральном, региональном и муниципальном уровнях.

4. Рекомендовать РАН и Минобрнауки поддержать инициативу ФНЦ агроэкологии РАН по организации на его землях, находящихся в постоянном бессрочном пользовании, карбо-

новых и эколого-климатических полигонов и рассмотреть вопрос о проведении на этих территориях мероприятий по разработке инновационных методов адаптации к изменению климата.

5. Считать необходимым своевременную разработку методических руководств по расчету водного следа по аналогии с углеродным следом, учитывая рост международного внимания к данному направлению.

6. Рекомендовать Федеральному агентству лесного хозяйства РФ усилить работы по лесоводственным мероприятиям в спелых и перестойных насаждениях государственных защитных лесных полос.

7. Поддержать инициативу Губернатора Волгоградской области по разработке Федеральной программы создания защитных лесных насаждений в России с пилотным регионом – Волгоградская область.

8. Обратиться от имени конференции в Федеральные исполнительные и законодательные органы РФ (Правительство РФ, Государственную думу РФ, Минсельхоз России, Минприроды России, Минобрнауки России) рассмотреть и принять «Стратегию развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2035 года».

20 октября 2023 г.

## **В рамках работы конференции был проведен конкурс имени Анатолия Васильевича Альбенского**

В соответствии с решением Учёного совета при подведении итогов конкурса имени выдающегося советского учёного, специалиста по агролесомелиорации, лесоведению и лесоводству

А.В. Альбенского в 2023 году за научные достижения

в области агролесомелиорации, защитного лесоразведения и агроэкологии  
большой золотой медалью имени А.В. Альбенского награждён

### **Александр Сергеевич Манаенков,**

доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией защитного лесоразведения  
и фитомелиорации низкопродуктивных земель ФНЦ агроэкологии РАН.

Поздравляем Александра Сергеевича и желаем ему здоровья и дальнейших успехов в области теории и практики агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения.

## О конкурсе на присуждение медали им Е.С. Павловского «За научные достижения молодых ученых в области агролесомелиорации, защитного лесоразведения и агроэкологии», порядке его проведения и поощрении победителей

### Положение

#### I. Общие положения

1.1. В целях поощрения молодых ученых за выдающиеся достижения, популяризацию и распространение научных знаний в области агролесомелиорации, защитного лесоразведения и агроэкологии ФНЦ агроэкологии РАН награждает медалью имени Е.С. Павловского.

1.2. Медаль присуждается ученым советом ФНЦ агроэкологии РАН на основании результатов конкурса, объявляемого в порядке, предусмотренном настоящим положением.

1.3. Медаль присуждается молодым ученым в возрасте до 35 лет включительно за оригинальные теоретические и прикладные публикации в высоко рейтинговых журналах, монографии и завершённые научно-практические разработки.

1.4. Конкурс на соискание медали имени Е.С. Павловского проводится 1 раз в 2 года. Подведение итогов конкурса и присуждение медали приурочены к дню рождения Е.С. Павловского – 21 ноября.

1.5. О предстоящем конкурсе сообщается в «Научно-агрономическом журнале», «Вестнике российской сельскохозяйственной науки», других отраслевых изданиях и на сайте ФНЦ агроэкологии РАН.

1.6. Ответственным за сбор и хранение всех материалов и документации конкурса является секретарь экспертной комиссии.

1.7. Конкурс, не проведенный в объявленные сроки, считается несостоявшимся и перенесению на следующий срок не подлежит.

1.8. Работы, удостоенные Государственных премий, Премий правительства России, а также именных премий Российской академии наук на соискание медали не принимаются.

#### II. Выдвижение кандидатов

2.1. Право на выдвижение кандидатов на конкурс представляется научно-исследовательским учреждениям, высшим учебным заведениям, членам РАН, советам молодых ученых.

2.2. Материалы на конкурс представляются в ФНЦ агроэкологии РАН не позднее чем за 1 месяц до даты присуждения медали.

2.3. Учреждения и лица, выдвинувшие кандидатов на конкурс, представляют в установленные сроки с надписью «На соискание медали имени Е.С. Павловского» следующие материалы:

2.4. Мотивированное представление, включающее научную характеристику работы, определение ее значимости для развития агролесомелиоративной науки и практики;

2.5. Опубликованную научную работу (серию работ), материалы научного открытия или изобретения в трех экземплярах, приветствуются публикации научных материалов в «Научно-агрономическом журнале» ФНЦ агроэкологии РАН;

2.6. Сведения об авторе: перечень основных научных работ, изобретений, место работы, занимаемая должность, домашний адрес;

2.7. Сведения о том, что представляемая на конкурс работа ранее не была удостоена премий, указанных в п. 1.8. настоящего положения.

#### III. Рассмотрение работ экспертной комиссией

3.1. Научная оценка всех поступивших на конкурс работ проводится экспертной комиссией, организуемой в ФНЦ агроэкологии РАН из числа ведущих ученых и специалистов. Состав экспертной комиссии утверждается директором ФНЦ агроэкологии РАН.

3.2. Экспертная комиссия правомочна принимать решение, если на заседании присутствует не менее 2/3 списочного состава членов комиссии.

3.3. Экспертная комиссия оценивает работы, поступившие

на конкурс, и принимает решение о рассмотрении соответствующих требованиям конкурса работ на Ученом совете.

3.4. Работы, признанные экспертной комиссией не актуальными в научном отношении, отклоняются. Решение по этим вопросам принимается открытым голосованием простым большинством голосов членов экспертной комиссии.

3.5. Члены экспертной комиссии – соискатели медали, не имеют права участия в рецензировании, обсуждении представленных работ и голосовании за них, а вместо этих членов комиссии на время проведения данного конкурса Ученый совет утверждает новых членов.

IV. Утверждение результатов конкурса Ученым советом

4.1. Экспертная комиссия не позднее чем за две недели до даты присуждения медали представляет в Ученый совет материалы по результатам рассмотрения на соискание медалей. Председатель совета знакомит членов Совета с поступившими материалами.

Представляются следующие материалы: протокол заседания экспертной комиссии, список всех работ, представленных на конкурс, рецензии на работы, сведения об авторах, справка-аннотация о рекомендованной работе.

4.2. Докладчиком на заседании Ученого совета по вопросам представленных работ является председатель экспертной комиссии.

4.3. Решение по кандидатам для присуждения медалей, принимается тайным голосованием.

4.4. Голосование проводится одновременно по всем работам, включенным в бюллетень для тайного голосования.

Подсчет голосов проводится счетной комиссией, избираемой из состава членов Ученого совета в количестве 3-х человек.

4.5. Член Ученого совета может положительно голосовать только за одну из работ, помещенную в бюллетень.

Бюллетень без всяких отметок, а также с отметкой более чем за одну работу считается недействительным.

Решение считается принятым, если оно получило простое большинство голосов членов Ученого совета, принимавших участие в голосовании.

Если при голосовании ни одна из работ не получила необходимого числа голосов, Ученый совет вправе провести повторное голосование. В бюллетень для вторичного голосования не включаются работы, получившие при первом голосовании менее 1/3 голосов членов Ученого совета, участвовавших в голосовании.

Если в результате вторичного голосования ни одна из работ не получила необходимого числа голосов, конкурс считается несостоявшимся.

#### V. Поощрение победителей

5.1. Победителям конкурса вручают медаль имени Е.С. Павловского, диплом установленного образца и денежную премию.

5.2. Расходы по изготовлению медалей и дипломов производятся за счет внебюджетного фонда ФНЦ агроэкологии РАН.



## Содержание

## Content

Агролесомелиорация

- К.Н. Кулик.** 75 лет Плану преобразования природы. Итоги и уроки реализации.....8
- Н.Н. Дубенок.** Теоретические основы обоснования комплексных мелиораций и управление мелиоративными режимами в агроландшафтах в степной и лесостепной зоне.....16
- В.А. Шевченко, Э.Б. Дедова, С.Д. Исаева.** Комплексные мелиорации в борьбе с опустыниванием и деградацией земель.....22
- А.В. Кулик.** Особенности погоды холодного периода года на территории Волгоградской области.....30
- С.Г. Парамонов.** Биоразнообразие и анализ ресурсов живого напочвенного покрова в результате постагрогенной сукцессии.....36
- А.Н. Берденгалиева, В.В. Дорошенко, А.В. Мелихова.** Анализ пространственного распределения сорковых понижений в Северном Прикаспии.....41
- Т.С. Седельникова, Е.Н. Муратова, А.В. Пименов.** Кариологические и цитогенетические исследования хвойных растений в условиях интродукции.....46
- В.М. Кретинин, А.В. Кошелев, М.О. Шатровская, В.А. Веденева, Ю.Н. Поташкина.** Аккумуляция углерода в почве и фитомассе защитных лесных насаждений юга России.....52
- И.А. Болгов, А.Н. Берденгалиева.** Анализ пространственной структуры сельскохозяйственных угодий юга Саратовского Заволжья.....60

Земледелие, растениеводство

- А.Н. Асташов, К.А. Пронудин, Т.В. Родина, В.С. Плаксина.** Особенности формирования нектаро- и медопродуктивности фацели пижмолистной сорта Наталия в зависимости от агротехнических приемов.....68
- А.Н. Сарычев, О.В. Резникова.** Эффективность полезащитных лесных полос в зависимости от агрометеорологических условий вегетационного периода.....74
- А.А. Сафронов, Т.В. Родина, А.Н. Асташов.** Продуктивность и качество зеленой массы амаранта в зависимости от агротехнических приемов.....82

Селекция, семеноводство

- П.А. Крылов, П.А. Зыбинская, А.А. Абдулова.** Изучение фотосинтетического метаболизма углерода у *Robinia pseudoacacia* L. и *Triticum aestivum* L: генетический подход.....87
- Т.В. Терещенко, О.О. Жолобова, Е.Л. Гричик.** Некоторые аспекты культивирования *Robinia pseudoacacia* L. «Комета» в условиях *in vitro*.....93
- Т.В. Родина, А.Н. Асташов, О.В. Киреева, Г.А. Маслова.** Оценка водного режима сортообразцов чумизы в условиях Нижнего Поволжья.....100

Экология

- А.В. Федотова.** Оценка запасов углерода почв в засушливых условиях юга европейской части России...105
- Р. Вердиев.** Колебания уровня воды в Сарсангском водохранилище Азербайджана.....111
- От редакции.....112

Agroforestry melioration

- K.N. Kulik.** 75 Years of the Nature Transformation Plan. Results and Lessons of Implementation.....8
- N.N. Dubenok.** Theoretical Foundations of the Justification of Complex Land Reclamation and Management of Land Reclamation Regimes in Agro-Landscapes in the Steppe and Forest-Steppe Zone.....16
- V.A. Shevchenko, E.B. Dedova, S.D. Isaeva.** Comprehensive Land Reclamation As a Way to Combat Desertification and Land Deterioration.....22
- A.V. Kulik.** Features of the Cold Season Weather in the Volgograd Region.....30
- S.G. Paramonov.** Biodiversity and Living Ground Cover Resources Analysis As a Result of Postagrogenic Succession.....36
- A.N. Berdengaliev, V.V. Doroshenko, A.V. Melihova.** Sor Depressions Spatial Distribution Analysis in the Northern Near-Caspian Region.....41
- T.S. Sedel'nikova, E.N. Muratova, A.V. Pimenov.** Karyological and Cytogenetical Studies of Coniferous Plants under Introduction Conditions.....46
- V.M. Kretinin, A.V. Koshelev, M.O. Shatrovskaya, V.A. Vedeneva, Yu.N. Potashkina.** Carbon Accumulation in Soil and Phytomass of Protective Forest Plantations in the South of Russia.....52
- I.A. Bolgov, A.N. Berdigaliev.** Analysis of the Spatial Structure of Agricultural Land in the South of the Saratov Trans-Volga Region.....60

Land cultivation, crop production

- A.N. Astashov, K.A. Pronudin, T.V. Rodina, V.S. Plaksina.** Features of the Nectar Formation and Honey Productivity of the "Natalia" *Phacelia Tanacetifolia*, Depending on Agrotechnical Techniques.....68
- A.N. Sarychev, O.V. Reznikova.** The Effectiveness of Protective Forest Belts Depending on the Growing Season Agrometeorological Conditions.....74
- A.A. Safronov, T.V. Rodina, A.N. Astashov.** Productivity and Quality of Green Mass of Amaranth Depending on Agrotechnical Techniques.....82

Breeding, seed production

- P.A. Krylov, P.V. Zybinskaya, A.A. Abdulova.** Study of Photosynthetic Carbon Metabolism in *Robinia Pseudoacacia* L. and *Triticum Aestivum* L.: a Genetic Approach.....87
- T.V. Tereshchenko, O.O. Zholobova, E.L. Grichik.** Some Aspects of "Comet" *Robinia Pseudoacacia* L. Cultivation in "in vitro" Conditions.....93
- T.V. Rodina, A.N. Astashov, O.V. Kireeva, G.A. Maslova.** Assessment of the *Setaria Italica Subsp. Italica* Cultivars Water Regime in the Lower Volga Region Conditions.....100

Ecology

- A.V. Fedotova.** Assessment of Soil Carbon Reserves in the South of the European Part of Russia Arid Conditions.....105
- R. Verdiev.** Fluctuations in The Water Level in the Sarsangskoye Reservoir of Azerbaijan.....111
- From the editorial board.....112



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

УДК 631.6.02

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.001.08-15

## 75 лет Плану преобразования природы. Итоги и уроки реализации

Константин Николаевич Кулик✉, e-mail: kulikk@vfanc.ru, академик РАН, д.с.-х.н., г.н.с.,  
ORCID: 0000-0001-7124-8116

«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, Россия

**Аннотация.** В обзоре приведен детальный анализ развития агролесомелиорации и защитного лесоразведения в царской России и Советском Союзе с целью борьбы с засухой и опустыниванием сельскохозяйственных угодий. Рассматриваются действия прогрессивных земледельцев по созданию защитных лесных насаждений на своих землях для получения деловой древесины, увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и предотвращения процессов эрозии на пашне. Освещаются основные довоенные документы компартии и Правительства СССР по вопросам комплексной мелиорации. Подробно рассматривается крупнейший проект в истории страны по преобразованию сельского хозяйства в период с 1949 по 1965 годы в засушливых районах. Здесь частые засухи наносят значительный ущерб народному хозяйству. Этот проект был утвержден постановлением Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 года под названием «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрении травопольных севооборотов, строительстве прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР». В статье показаны результаты его реализации и значение для продовольственной и экологической безопасности страны.

**Ключевые слова:** агролесомелиорация, защитное лесоразведение, лесные полосы, засуха, деградация, опустынивание, агроландшафты, план преобразования природы.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках программы ФНИ Российской Федерации на долгосрочный период (2021-2030 годы) 4.1.1. Земледелие, мелиорация, водное и лесное хозяйство; 4.1.1.4. Агролесомелиоративные и лесные комплексы, защита лесных насаждений от техногенных и природных воздействий, новые генотипы и сорта древесных и кустарниковых растений с повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, предотвращение деградации и опустынивания агроландшафтов при изменении климата.

**Цитирование.** Кулик К.Н. 75 лет Плану преобразования природы. Итоги и уроки реализации// Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 08-15. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.001.08-15

Поступила в редакцию: 01.11.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** Научные исследования, как в России, так и за рубежом, демонстрируют, что защитное лесоразведение (ЗЛ) и агролесомелиорация являются самыми экологически чистыми, экономически выгодными, надежными и долгосрочно действенными методами улучшения земель, борьбы с засухой и деградацией, которые являются основными проблемами сельского хозяйства в зерновом поясе России [6; 7].

Одним из ключевых аспектов ЗЛ является создание и поддержание защитных лесных насаждений (ЗЛН), которые обеспечивают защиту сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов, дорог и других объектов от негативных воздействий окружающей среды. Они способствуют улучшению климатических условий, обогащению флоры и фауны, а также повышению устойчивости и продуктивности сельскохозяйственных ландшафтов. Кроме того ЗЛН играют важную роль в оптимизации использования земельных и водных ресурсов. Благодаря созданию и уходу за лесными насаждениями, деградированные и заброшенные земли

могут быть вовлечены в хозяйственный оборот. Таким образом, ЗЛ является важным инструментом для поддержания и улучшения качества окружающей среды, а также для обеспечения устойчивого развития сельского и лесного хозяйства [2].

Цель исследований – осмысление результатов теоретических изысканий и практической реализации крупных национальных проектов по борьбе с деградацией и опустыниванием в России. В задачи исследования входил анализ опыта и темпов развития ЗЛ и агролесомелиорации, начиная с истоков во времена царской России и до наших дней. Выявление проблем в сфере охраны и восстановления земель от засух и опустынивания.

**Объекты и методика.** В работе использовались задокументированные исторические факты, крупные проекты и программы, направленные на сохранение устойчивости агроландшафтов, литературные источники, интернет-ресурсы. Структурированный обзор информационных источников позволил получить знания о движущих и тормозящих факторах возникновения и развития

деградации и опустынивания агроэкосистем, их причинно-следственных взаимосвязях, а также агролесомелиоративных способах и технологиях их предотвращения.

Методы исследований (конвергентный принцип научного исследования, сравнительно-исторический и сравнительно-типологический анализ, обобщение, конкретизация) основаны на научном понимании управления потенциалом деградированных и опустыненных территорий с помощью ЗЛ и агролесомелиорации. Методы являются прозрачными, комплексными, независимыми и подтверждаются использованием в областях различных наук.

**Полученные результаты.** Истоки защитного лесоразведения в России и его основные этапы развития связаны с небольшим по масштабам проведением степного лесоразведения в XVII-XVIII веках, который вначале был ориентирован на создание лесных посадок с целью получения древесины в коммерческих целях. Важное мелиоративное и защитное значение лесных насаждений было отмечено только в начале XIX века [1]. Так в 1804-1814 годах И. Я. Данилевский вырастил 1000 гектаров соснового леса на песках вдоль реки Северский Донец в Харьковской губернии. Также в эти годы прибалтийские песчаные дюны на Куршской косе облеял В. К. Битнер. В период с 1809 по 1837 годы В. Я. Ломиковский посадил полезащитные и противозерозионные насаждения в своем имении на Полтавщине. Появился термин «древопольное» хозяйство [3]. В. П. Скаржинский вырастил более 400 гектаров ЗЛН в сложных лесорастительных условиях Херсонской губернии. С 1821 года занялись облесением овражно-балочных земель Ф. Х. Майер, а также И. Н. и И. И. Шатиловы в Орловской губернии. В 1840-х годах началась организация государственных степных лесничеств. Кроме посадок леса в их задачу входило изучение гидроклиматической роли искусственных степных лесонасаждений. С 1845 года было начато облесение Терско-Кумских песков в Ставрополье. В это же время первые лесные посадки начались в Прикаспийской низменности. Для улучшения условий жизни калмыцкого народа правительство выделило средства на озеленение населенных мест и обсаду дорог, однако результаты оказались неудовлетворительными. Попечитель Астраханской губернии К. Н. Костенков отмечал: «С 1846 по 1861 годы на лесоразведение в Калмыкии было потрачено 130000 золотых рублей. Результаты были ничтожными. Удалось сохранить лишь 10 десятин. Явно видно, что леса могут существовать только там, где есть приточная вода и где почва защищена от воздействия солей. Рассматривая причины неудач в этом важном деле, можно прийти к выводу, что основной причиной было незнание степных и климатических условий как при разработке плана лесоразведения, так и при его выполнении» [11].

С 1870 года было начато облесение Алешковских песков в низовьях Днепра и Арчединских пе-

сков на среднем Дону [4]. С 1884 года по инициативе выдающегося русского лесовода Н. К. Генко удельное ведомство приступило к посадке широких лесных полос на водораздельных плато (сыртах) в Поволжье. К 1906 году было создано более 18 тысяч гектаров таких лесных полос. В конце XIX века защитные лесные насаждения были посажены на Кубани, в Саратовской и Самарской губерниях [2].

Засуха и голод в конце XIX века побудили правительство принять срочные меры по борьбе с этими проблемами. Была организована «Особая экспедиция Лесного департамента (1892-1899 гг.) под руководством В.В. Докучаева, которая на основе глубоких научных исследований впервые показала значимость комплексных мелиораций сельскохозяйственных угодий для преодоления этих бедствий. На трех участках экспедиции – Хреновском, Старобельском и Велико-Анадольском – проводились эксперименты по научному использованию территорий, посадке разнообразных видов ЗЛН, формированию облесенных прудов, орошаемых полей. Это стало первым научно обоснованным проектом адаптивно- ландшафтного земледелия в мире.

В начале XX столетия были созданы «песчано-овражные партии» под руководством А. В. Костяева. Их миссией было закрепление подвижных песков в области войска Донского и Астраханской губернии, защита железных дорог от накопления снежных масс и песка, а также посадку леса в горных областях с целью предотвращения эрозионных процессов [5; 9; 12].

В эпоху Советского Союза, когда ветер перемен приносил с собой не только новые идеи, но и вызовы, лесоразведение превратилось в стратегию государственного масштаба, призванную бороться с засухами и эрозией почв. Постановление Совета Труда и Оборона, подписанное 29 апреля 1921 года, предписывало Центральному лесному отделу провести ряд масштабных мероприятий. Во-первых, «укрепить овраги и пески, посадив деревья, особенно в Саратовской, Самарской, Царицынской, Астраханской, Тульской и Донской областях. Во-вторых, создать снегосборные полосы и изгороди и озеленить вырубку, опустошенные пожарами, и другие безлесные территории в засушливых зонах, верховья и берега рек» [15].

Первый пятилетний план на 1928-1932 годы предусматривал создание 212 тысяч гектаров лесных полос. Второй план на 1933-1937 годы был еще более амбициозным и предполагал создание уже около 300 тысяч гектаров [14]. Результаты оказались неплохими. Посадки приживались хорошо и сохранность их составила 75-80 %.

Учитывая положительные результаты благотворного влияния ЗЛН и необходимость пополнения продовольствия в стране СНК СССР и ЦК ВКП(б) принял очередное постановление от 26 октября 1938 года «О мерах обеспечения устойчивого урожая в засушливых районах юго-востока

СССР» [15]. В этот период было посажено около 300 тыс. га лесонасаждений всех видов. Это была новая программа по созданию полезащитных и дру-гих видов ЗЛН на степных просторах СССР.

К 1941 году на территории СССР было успешно создано более 900 тысяч га ЗЛН, однако к насто-ящему времени их осталось около 16 тысяч га в пределах Российской Федерации (экспертная оценка) [8]. Значительная часть этих насаждений была уничтожена во время Великой Отечествен-ной войны (ВОВ) и выпала в последующие годы в связи с достижением предельного возраста. Важно отметить, что даже в регионах, которые не были затронуты войной, проводились посадки лесных полос, особенно вдоль каналов и железнодорож-ных путей [12; 13].

После ВОВ в 1946-1947 гг. засуха, охватившая более 70 % посевных площадей Советского Союза (включая Украину, Северный Кавказ, Черноземье, Поволжье, юг Западной Сибири и Казахстан), и по-следовавший за ней голод, унёсший жизни более 500 тыс. человек, усугубили тяжелые последствия послевоенного времени [14]. Потребовались сроч-ные решения политического руководства СССР по обеспечению продовольствием населения страны.

На основе научных исследований, проведенных Академией наук СССР и при поддержке И.В. Ста-лина, 20 октября 1948 г. Совет Министров СССР и Центральный Комитет ВКП (б) приняли постанов-ление «О плане создания полезащитных лесных полос, внедрения травопольных севооборотов, создания прудов и водоемов для обеспечения ста-бильных и высоких урожаев в степных и лесостеп-ных районах Европейской части СССР» (Постанов-ление). Это была программа коренного улучшения развития сельского хозяйства на период с 1949 по 1965 годы в засушливых регионах страны, стра-дающих от частых засух, наносивших огромный ущерб национальной экономике. Этот проект, так-же известен под названием «Сталинский план пре-образования природы», и по сей день считается уникальным по масштабу, комплексности и слож-ности мероприятий. Основной экономической целью этого проекта было обеспечение продо-вольствием населения Советского Союза в после-военный период и получение стабильных урожаев путем борьбы с засухой и предотвращения дегра-дации почвы.

В Постановлении было указано, что за послед-ние 70 лет засуха повторялась 22 раза в Поволжье. В Воронежской, Ростовской, Луганской, Сталин-градской областях – 16-19 раз. В других регионах, таких как Башкирская, Татарская, Мордовская АССР, Курская, Харьковская, Днепропетровская, Херсонская, Николаевская области и Крым, засуха повторялась 11-16 раз.

Однако, как следует из указанного постанов-ления, успешное ведение сельскохозяйственного производства в данных регионах позволяло обес-печить высокие и стабильные урожаи сельскохо-зяйственных культур, а также создать прочную

кормовую базу для животноводства. В соответ-ствии с указанным планом колхозы и совхозы в степной и лесостепной зоне должны были активно внедрять передовые методы ведения земледелия, основанные на научных исследованиях, проведен-ных В.В. Докучаевым, П.А. Костычевым и В.Р. Виль-ямсом. Эти методы включали в себя: а) создание защитных лесных полос на водоразделах, вокруг полей, по краям балок и оврагов, на берегах рек и озер, а также вокруг прудов и других водоемов; б) рациональное использование земельных угодий и грамотное планирование территории; в) грамот-ную обработку почвы, уход за посевами с исполь-зованием черных паров, зяби и лущение стерни; г) внедрение травопольной системы севооборотов с учетом особенностей каждого региона; д) исполь-зование для посева только тех сортов растений, которые приспособлены к местным условиям и обладают высокой урожайностью; е) активное развитие оросительных систем на основе исполь-зования воды из местных источников, включая строительство прудов и водохранилищ.

Постановление фактически представляет тща-тельно разработанную комплексную програм-му коренного преобразования и упорядочения сельскохозяйственного производства на основе рационального использования ресурсов страны, подкрепленную организационными мерами и ма-териально-техническими средствами.

Правительство и ЦК ВКП(б) считали, что колхо-зы и совхозы степных и лесостепных районов, на-копившие опыт борьбы за урожай и вооруженные передовой с.-х. техникой, несмотря на тяжелые условия послевоенного становления экономики, смогут в течение ближайших лет сделать скачок в дальнейшем развитии земледелия и животновод-ства, освоить прогрессивную травопольную сис-тему земледелия, значительно повысить урожай-ность с.-х. культур.

Из семи глав Постановления четыре посвящены защитному лесоразведению и разработаны наибо-лее подробно. Почти как технические инструкции по подбору пород, технологиям выращивания по-садочного материала и созданию лесонасаждений, их параметрам, условиям размещения на с.-х. тер-ритории и т.п. оригинальная и новаторская идея, заложенная в основу первой части Постановления, была призвана сыграть ключевую роль в решении ряда серьезных и актуальных проблем, связанных с сельскохозяйственным производством и защитой сельскохозяйственных земель от засух и суховеев.

Первая глава посвящена созданию государст-венных защитных лесных полос (ГЗЛП) площадью 118 тыс. га с целью преодоления негативного воз-действия засухи на урожай сельскохозяйственных культур, защиты от выдувания плодородных почв в Поволжье, на Северном Кавказе, в Централь-но-Черноземных областях, а также улучшения водного режима и климатических условий в этих регионах. Согласно разработанному плану, на про-тяжении с 1950 по 1965 г. планировалось создать

ряд крупных ГЗЛП общей протяженностью более 7000 километров:

1. Саратов - Астрахань – протяженностью 900 км;
2. Полоса Пенза - Каменск – 600 км;
3. Камышин - Сталинград – 170 км;
4. Чапаевск - Владимировка – 580 км;
5. Сталинград - Степной - Черкесск – 570 км;
6. Гора Вишневая - Чкалов - Уральск - Каспийское море – 1080 км;
7. Воронеж - Ростов-на-Дону – 920 км;
8. Белгород - р. Дон – 920 км.

Вторая глава Постановления определяет развитие защитного лесоразведения на полях колхозов и совхозов как одного из ключевых условий обеспечения высокой урожайности сельскохозяйственных культур, преодоления вредного влияния суховея, улучшения водного режима и предотвращения деградации земель. Предполагалось создать в 1949-1965 гг. ЗЛН в Астраханской, Воронежской, Грозненской, Крымской, Куйбышевской, Курской, Орловской, Пензенской, Ростовской, Рязанской, Саратовской, Сталинградской, Тамбовской, Тульской, Ульяновской и Чкаловской областях, Краснодарском и Ставропольском краях, Башкирской, Мордовской, Татарской АССР и Украине на площади 5,7 млн га, из которых 3592,5 тыс. га создаются силами и средствами колхозов с поддержкой государства.

Министерству лесного хозяйства СССР было поручено обеспечить сохранность всех ценных лесных участков и установить строгий режим рубок в них и во всех других лесных насаждениях, расположенных на водоразделах рек, с целью сохранения и улучшения этих лесов. В список этих лесных массивов вошли Шипов лес, Хреновской бор, Борисоглебский (Теллермановский) лес, Тульские засеки, Шатиловский лес, Черский лес, Велико-Анадольский лес, Бузулукский бор, лесные хозяйства Ленинский и Манычский Ростовской области, Ульяновские и Куйбышевские водораздельные лесные массивы (посадки Г. Ф. Генко), Феодосийский лесхоз и Бештаугорский лесной массив.

Облесение оврагов, балок и песчаных участков полностью осуществлялось Министерством лесного хозяйства СССР, а лесонасаждения на водоразделах рек – также этим ведомством, но уже при участии самих колхозов и совхозов. К 1965 году эти работы должны были быть полностью завершены.

Постановление рекомендовало создавать системы ЗЛН с параметрами, соответствующими их назначению. Указано, что в районах, где рельеф имеет сильное расчленение и большой сток талых и дождевых вод, создание узких лесных полос может быть ошибочным, так как они не способны защитить почву от смыва и разрушения. Постановление обязывало Министерство сельского хозяйства СССР, Министерство совхозов СССР и Министерство лесного хозяйства СССР, а также руководящие советские и партийные органы республик, краев и областей, в течение трех месяцев разработать единые планы лесопосадочных работ на период с

1949 по 1965 годы и довести их до каждого района, совхоза, колхоза и лесного хозяйства. Задания по созданию ЗЛН, сбору семян, выращиванию саженцев в колхозных и государственных питомниках были выполнены, что обеспечило проведение работ по восстановлению поврежденных лесных насаждений на их земле в период с 1949 по 1950 год. В пункте 18 Постановления четко записано, что «план сельскохозяйственных работ должен быть выполнен только при условии успешного завершения всех работ по созданию ЗЛН, возвращению посадочного материала».

В пятой главе разработаны мероприятия по введению и освоению травопольных севооборотов, системам обработки почвы, применению удобрений, улучшению селекционно-семеноводческой работы. В шестой главе говорится о развитии орошения, строительстве прудов и водоемов, а в седьмой – о механизации сельскохозяйственных работ, в том числе лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий.

Для общего руководства лесомелиоративными работами в стране было создано Главное управление по защите лесоразведения при СМ СССР (Е. И. Чекменев), на которое возложен также контроль за выполнением всеми ведомствами и организациями установленных планов создания ЗЛН с докладами правительству о ходе этих работ. В его состав вошли руководители, крупные ученые и специалисты ВАСХНИЛ, Минсельхоза, Минлесхоза, Минсовхозов СССР: Н. П. Граве, П. С. Дубинин, Ф. И. Травень, Г. Ф. Железнов, Н. Т. Макарычев, Н. А. Юрре, В. В. Карвецкий, А. Н. Павлов, Е. Н. Савин. В научно-технический совет Главка входили министры СССР И. А. Бенедиктов, И. А. Бовин, А. А. Скворцов, президент ВАСХНИЛ Т. Д. Лысенко, акад. В. Н. Сукачев, Н. И. Сус, ученые ВНИАЛМИ С. С. Лисин, Д. П. Ишин, П. Д. Никитин [14]. В разработке и реализации Постановления, в научных исследованиях по проблеме приняли активное участие ученые ВНИАЛМИ, а также ВНИИЛХ, УкрНИИЛХА, СредазНИИЛХ, НИИ земледелия ЦЧП им. В. В. Докучаева, сельскохозяйственных и лесохозяйственных вузов. Организован новый ежемесячный журнал «Лес и степь».

Постановление обязывало создать дополнительно 50 степных лесхозов, 200 лесничеств, 230 лесопитомников, 570 лесозащитных станций с соответствующим оснащением техникой и кадрами специалистов. В составе сельскохозяйственных органов управления организуются специализированные подразделения агролесомелиорации (управления, отделы, секторы). Дополнительная потребность в агролесомелиоративных кадрах (инженеры, техники, звеньевые) была оценена в 80385 человек. Для проведения изысканий и проектных работ было создано всесоюзное объединение «Агрореспект», для отвода земель под ЗЛН – специальные экспедиции. Введены системы поощрения за приживаемость и сохранность лесопосадок вплоть до присвоения звания Героя Социалистического Труда, а также система подго-

товки кадров агроресомелиораторов. Все пункты Постановления содержат адресные конкретные плановые задания, объемы работ материально-технического обеспечения и финансирования, организационные мероприятия, технологические указания, системы контроля, отчетности и ответственности исполнителей.

За 1949-1953 гг. было заложено всего 2879,2 тыс. га ЗЛН. По инвентаризации осенью 1953 г., из них сохранилось 64,0%. Полезащитные полосы в колхозах (заложено 1243,0 тыс. га) сохранились на 47,1%, государственные лесные полосы (69 тыс. га) – на 48,9%, дубравы промышленного значения (125,4 тыс. га) – на 49,1%, насаждения по оврагам и балкам (457,7 тыс. га) – на 63,5%, на песках (218,6 тыс. га) – на 77,1%, лесокультуры в гослесфонде (765,5 тыс. га) – на 91,7 [20]. Сокращение площади ЗЛН продолжалось и в последующие годы. В 1961 г. из общей площади насаждений, созданных за 1949-1961 гг. в колхозах и совхозах РСФСР (1027,8 тыс. га), уцелели 32,6%, в Украинской ССР (1949-1960 гг.) из 426 тыс. га – меньше половины (203,3 тыс. га) [8]. Следует признать, что сохранить насаждения удалось довольно большой ценой. В числе причин, обусловивших многие неудачи, следует назвать и мало обоснованные в научном плане волевые решения. В частности, неудовлетворительные результаты дало применение предложенного академиком Т. Д. Лысенко гнездового способа выращивания лесных полос с главной породой дубом. Фактическая стоимость гнездовых культур дуба оказалась вдвое выше рядовых из-за весьма большой трудоемкости работ и низкой сохранности посадок. Из 864 тыс. га гнездовых культур к концу 1953 г. уцелело менее 50%, к осени 1956 г. – 15,6%, и убыль продолжалась в дальнейшем. С 1954 г. этим способом не было посажено ни одного гектара [8]. Анализируя причины низкой результативности защитного лесоразведения тех лет, академик Е. С. Павловский подчеркивает, что «массовая гибель насаждений объясняется недоучетом особенностей их создания в неблагоприятных условиях» [1; 16]. К этому можно добавить, что опыт массового лесоразведения 30-х годов не был в достаточной мере использован, а научные разработки по агроресомелиорации в большей степени были проигнорированы.

Выполнение Постановления было приостановлено сразу же после смерти И. В. Сталина в 1953 году. Были ликвидированы организационные структуры и государственное планирование агроресомелиоративных работ, прекращено их финансирование.

Однако этот эксперимент защитного лесоразведения в столь широких масштабах оказался в целом успешным. Он продемонстрировал возможность мобилизации производственных сил даже в ослабленной войной стране на решение общенародной задачи оптимизации аграрного природопользования, несмотря на некоторые недостатки в организации работ, материально-техническом

их обеспечении, преобладание шаблонного подхода или отдельные волевые решения по технологии посадок и т.п. За 5 лет реализации Постановления на сельскохозяйственных полях был создан экологический каркас из лесополос с включением в них 10-15% плодово-ягодных деревьев и кустарников (смородины, облепихи, вишни и других), склоны балок и оврагов, берега водоемов были обсажены деревьями и кустарниками, было создано свыше 13 тысяч прудов и водоемов, заготовлено 6000 тонн семян древесных и кустарниковых пород. Энтузиазм народных масс в реализации Постановления был необычайный. С 1948 по 1953 гг. в стране посадили леса в 2,5 раза больше, чем за предыдущие 25 лет. Осуществляемые мероприятия привели к росту урожайности зерновых на 25-30%, овощей – на 50-75%, трав – на 100-200% (по сравнению с урожаями на незащищенных полях). Удалось создать прочную кормовую базу для развития животноводства. Производство мяса и сала в 1951 г. по сравнению с 1948 г. возросло на 80%, в том числе свинины – на 100%, производство молока – на 65%, яиц – на 240%, шерсти – на 50% [1].

Дальнейшее (после 1953 г.) развитие защитного лесоразведения шло на основе новых организационно-технологических научных разработок без излишнего форсирования работ, с учетом опыта создания ЗЛН в предыдущие годы.

И тем не менее следует отметить, что по прошествии многих десятилетий все яснее видна роль лесных насаждений как организующих и опорных элементов современных культурных агроландшафтов, важной составной части систем адаптивного земледелия. Эти работы привлекли внимание многих стран. Зарубежные ученые и специалисты до настоящего времени изучают наш опыт, нашу специальную научную литературу.

До начала 1990-х годов в стране продолжались работы по облесению земельных участков, хотя в меньшем масштабе. К концу 1991 года на территории бывшего СССР площадь ЗЛН достигла 5,6 миллионов гектаров [13]. Были проведены значительные работы по озеленению песчаных участков. Например, только на песках юга европейской части России (Ростовская, Волгоградская, Воронежская, Саратовская области) было посажено около 250 тысяч гектаров хвойных насаждений, 95% из которых были созданы после 1948 года. В 1986 году группа ученых и практиков была удостоена Государственной премии СССР за разработку и внедрение методов облесения песков юга и юго-востока европейской части СССР, включая Виноградова В. Н. (академик – секретарь отделения лесного хозяйства и агроресомелиорации ВАСХНИЛ), Гаеля А. Г. (профессор МГУ), Петрова В. И., Жданова Ю. М. и Зюзь Н. С. (ВНИИ агроресомелиорации ВАСХНИЛ), Кулика Н. Ф. (профессора Новочеркасского ИМИ имени А. К. Кортунова), Цыплакова Г. И. (директора Потелковского ОПМЛХ Волгоградского управления лесного хозяйства), Кузнецова В. А. (мастера леса Урюпинского МЛХ), Недашковско-

го А. Н. (консультанта УкрНИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации имени Г. Н. Высоцкого), Руденко С. Н. (начальника Херсонского облуправления лесного хозяйства и лесозаготовок), Хуруджи С. Ф. (директора Обливского МЛХ Ростовского управления лесного хозяйства) и Щербакова Ф. М. (1-го секретаря Подтёлковского райкома КПСС Волгоградской области).

В 1954 году по инициативе Н. С. Хрущева ЦК КПСС принял Постановление «О дальнейшем увеличении производства зерна в стране и об освоении целинных и залежных земель». Госплан СССР планировал распахать не менее 43 миллионов гектаров целинных и залежных земель в Казахстане, Сибири, Поволжье, на Урале и в других районах страны. Казахстан был лидером по планируемому объему работ. В 1954-1955 годах в республике планировалось освоить 6,4 миллиона гектаров новых земель. Для реализации этого плана по поручению ЦК КПСС в Казахстан было направлено более 300 тысяч механизаторов из разных регионов Союза, а также было организовано 90 новых зерновых совхозов. Для освоения новых земель были задействованы 283 мелиоративно-транспортных советов, 1697 колхозов и 247 совхозов. Только весной 1954 года было вспахано 1,545 миллиона гектаров целинных и залежных земель. Однако в результате отказа от программ облесения и некоординированной распашки целинных земель в 1962-1963 годах миллионы тонн пахотных земель в Казахстане были подняты в воздух сильными ветрами, что вызвало серьезные пыльные бури. Это привело к продовольственному кризису из-за неурожая. В результате СССР вынужден был продать 600 тонн золота из резервов и закупить за границей около 13 миллионов тонн хлеба — впервые после войны.

Уже в 1967 году, в период сильной засухи, было отмечено, что районы с хорошо организованной системой ЗЛН меньше всего страдали от засухи и суховеев. Кроме того, появление лесных полос приводило к изменению микроклимата полей. В период жарких дневных часов (12-15 часов) относительная влажность воздуха под защитой лесных полос повышалась на 1,5-3%, а в период засушливой погоды на полях с сельскохозяйственными культурами влажность воздуха увеличивалась на 10-15%. Также температура воздуха и почвы весной в дневные часы повышалась на 1-2°C среди лесных полос. В системе лесных полос непродуктивное испарение с полей снижалось на 10-15%. Это способствовало снижению уровня засухи и повышению влажности, что ускоряло рост и развитие растений, предотвращало увядание, снижало ущерб сельскохозяйственным культурам и способствовало экономному использованию воды на транспирацию.

Полезосащитные лесные полосы играют значительную роль в природном балансе, особенно в отношении снега и воды. Они помогают сохранить снег, который выпадает, перераспределяя его по полям и создавая потенциал для дополнительного

увлажнения весной. Это особенно заметно в лесных ландшафтах, где количество твердых осадков может увеличиться до 1,3 раза, и в приполосной зоне, где увеличение может достигать 4,4 раза. Такая особенность делает лесные полосы незаменимыми для сельского хозяйства, помогая сохранять влагу и поддерживать плодородие почвы.

Благодаря своим уникальным свойствам лесные полосы способны уменьшать теплообмен, увеличивать накопление снега и играть роль «утеплителя» для окружающей территории. Это особенно важно в холодные периоды, когда почва промерзает меньше на территориях, защищенных полосами. Это положительное влияние не только на почву, но и на зимующие культуры, такие как озимые, которые получают преимущества от более мягкой зимы.

После 1967 года было решено возобновить мероприятия по созданию искусственных лесных насаждений, но их масштабы были несравнимы с началом 1950-х годов. В 1980-е годы посадка ЗЛН проводилась в размере 30 тыс. га в год. С 1985 года работы по созданию насаждений были прекращены. Доля полезосащитных лесных полос в структуре создаваемых насаждений к 1991 г. сократилась до 11,2%. В 1995 году на землях сельскохозяйственного назначения было высажено лишь 19,8 тыс. га полезосащитных лесных полос, после 1995 года объём ежегодной высадки составлял около 2 тыс. га. Начиная с 1996 г. эти работы были практически приостановлены. В настоящее время состояние насаждений, которые создавались в 50-70-е годы (их возраст 40-60 лет), почти повсеместно неудовлетворительное. Они находятся в деградированном состоянии, повреждены пожарами, болезнями и вредителями, несанкционированными рубками. В 2006 году большинство таких полос были выведены из структуры Минсельхоза и оказались бесхозными [11]. Следует отметить, что за годы советской власти партией и правительством СССР было принято 25 постановлений, касающихся в той или иной мере вопросов борьбы с засухой и деградацией земель, повышения урожаев, мелиорации и агролесомелиорации. Но ни одно из них не было выполнено полностью.

Вполне возможно, если бы СССР удалось воплотить в жизнь Сталинский план преобразования природы, можно было избежать многих неблагоприятных природных явления, в частности засух и пыльных бурь, которые обрушились на южные регионы европейской части нашей страны в 1960, 1963, 1969, 1972, 1974, 1984, 2010, 2015, 2018-2022 гг. и нанесли значительный ущерб сельскому хозяйству. Сильные весенние ветры, порывы которых достигали 28-30 м/сек, вызывали гибель посевов большинства сельскохозяйственных культур на больших площадях, где слой почвы в 2-5 см был полностью утрачен, а потери почвы достигали 20-50 т/га, гумуса – до 5-6 т/га [10].

**Заключение.** Россия – страна с богатой историей полезосащитного лесоразведения: более 150

лет назад была заложена теоретическая и методологическая база этого процесса. Все это время в стране создавались региональные и локальные лесоаграрные ландшафты, которые стали основой для развития аграрного сектора, особенно в зоне зернового пояса России и странах бывшего Советского Союза.

Однако, несмотря на все достижения, современные темпы и уровень качества лесомелиоративных работ оставляют желать лучшего. Часто они носят фрагментарный и не комплексный характер, что приводит к запущенному состоянию лесных полос, их повреждению и отмиранию. Для исправления этой ситуации необходимы срочные меры по оздоровлению лесных полос и качественному обновлению поколений древостоя.

Кроме того, остро стоит проблема создания стабильной лесосеменной базы для защиты лесоразведения, а также вопросы, связанные с проверкой и районированием различных пород деревьев и кустарников, используемых в этом процессе.

Таким образом, несмотря на то, что Россия является пионером в области полезащитного лесоразведения и имеет огромный опыт, нам необходимо продолжать работу над улучшением качества и эффективности лесомелиоративных процессов, а также над решением актуальных вопросов в этой сфере.

И тем не менее следует отметить, что по прошествии многих десятилетий все яснее видна роль лесных насаждений как организующих и опорных элементов современных культурных агроландшафтов – важной составной части систем адаптивного земледелия. Эти работы привлекли внимание многих стран. Зарубежные ученые и специалисты до настоящего времени подробно изучают наш опыт и специальную научную литературу.

Защитное лесоразведение было и остается в нашей стране важной составляющей государственной политики в области мелиорации земель и природоохранных мероприятий, рационального использования и приумножения природно-ресурсного потенциала страны, решения проблем ее экологической и продовольственной безопасности. Его значение на современном этапе возрастает в связи с обострившейся проблемой деградации и опустынивания земель, ростом антропогенного пресса на природную среду, глобальными и региональными изменениям климата, углеродной повесткой, повышением требований к качеству жизни людей.

Федеральным научным центром агроэкологии РАН была разработана «Стратегия развития полезащитного лесоразведения в Российской Федерации до 2025 года». Эта стратегия призвана решить ряд важных задач, включая возрождение и устойчивое функционирование механизма планирования и проектирования полезащитного лесоразведения. Кроме того, она направлена на улучшение состояния окружающей среды и решение проблем, связанных с опасным ухудшением экологической ситуации в агроосфере.

## Литература:

1. Агролесомелиоративная наука в XX веке: монография / А. Н. Каштанов, Е. С. Павловский, К. Н. Кулик и др. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2001. 365 с. ISBN 5-900761-21-5
2. Агролесомелиорация: монография / Л. И. Абакумова и др.; под ред. А. Л. Иванова, К. Н. Кулика. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006 (Волгоград: Печ.-множ. участок ВНИАЛМИ). 746 с.
3. Альбенский А. В. Сельское хозяйство и защитное лесоразведение. – Москва: Колос, 1971. 279 с.
4. Виноградов В. Н. Освоение песков. – М. 1980. 68 с.
5. Глезденев В. Л. Очерк работ по укреплению сыпучих песков в Ачикулакском приставстве Ставропольской губернии / Лесовод В. Глезденев. – Санкт-Петербург: Сб. Ежегодник лесного департамента, 1913. 127 с.
6. Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство): Национальный доклад / А.Л. Иванов, Г.С. Куст, И.М. Донник, А.И. Бедрицкий, В.А. Багиров [и др.]. Том 2. – Москва: Издательство МБА, 2019. 476 с. ISBN 978-5-6043225-6-7
7. Глобальный климат и почвенный покров России: проявление засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидации последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство): Национальный доклад / А.Л. Иванов, И.М. Донник, В.А. Багиров, К.Н. Кулик, А.И. Беляев [и др.]. Т. 3. – Москва: Издательство МБА, 2021. 700 с.
8. Защитное лесоразведение в СССР / Б.А. Абакумов, Д.К. Бабенко, И.М. Бартенев и др.; под общ. ред. Е. С. Павловского. – Москва: Агропромиздат, 1986. 261 с.
9. Кочерга Ф.К. Укрепление и облесение горных склонов Средней. – Москва; Ленинград: Гослесбумиздат, 1951. 100 с.
10. Кретинин В.М., Кулик К.Н., Кошелев А.В. Агролесомелиоративное почвоведение: развитие, достижения, задачи // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 23-26.
11. Кулик К.Н., Манаенков А.С. Опустынивание и защитное лесоразведение. Вызовы. Стратегия взаимодействия / Деградация земель и опустынивание: проблемы устойчивого природопользования и адаптации: Материалы международной научно-практической конференции, Москва, 09–11 ноября 2020 года. – Москва: ООО «МАКС Пресс», 2020. С. 17-22.
12. Макарычев Н.Т. Лесомелиоративные основы защиты железных дорог от снежных заносов: специальность 06.03.04 «Агролесомелиорация и защитное лесоразведение»: автореф. дисс. д.с.-х.н.; ВАСХНИЛ, ВНИИ агролесомелиорации. – Волгоград, 1987. 49 с.
13. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года / К. Н. Кулик, А. Л. Иванов, А. С. Рулев [и др.]. – переработанная и дополненная. – Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, 2018. 36 с. ISBN 5-900761-51-7
14. Постановление Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) 20 октября 1948 г., № 3960 «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР»/ <http://docs.historyrussia.org/ru/nodes/246030>
15. Энциклопедия агролесомелиорации / Л. И. Абакумова, О. А. Аверьянов, Г. П. Архангельская [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. 675 с. ISBN 5-900761-33-9

## 75 Years of the Nature Transformation Plan. Results and Lessons of Implementation

Konstantin N. Kulik<sup>✉</sup>, e-mail: kulikk@vfanc.ru, Dr. Sci. (Agr.), Professor, Academician of RAS, ORCID: 0000-0001-7124-8116

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

**Abstract.** The review provides a detailed analysis of the agroforestry and protective afforestation development in tsarist Russia and the Soviet Union in order to combat drought and desertification of agricultural lands. The actions of progressive land users to create protective forest plantations on their lands to obtain business timber, increase crop yields and prevent erosion processes on arable land are considered. The main pre-war documents of the Communist Party and the Government of the USSR on complex land reclamation are highlighted. The largest project in the history of the country to transform agriculture in the period from 1949 to 1965 in arid areas is considered in detail. Here, frequent droughts cause significant damage to the national economy. This project was approved by the resolution of the Council of Ministers of the USSR and the Central Committee of the CPSU(b) dated October 20, 1948, entitled "On the plan of protective forest plantations, the introduction of grass-field crop rotations, the construction of ponds and reservoirs to ensure high and stable yields in the steppe and forest-steppe regions of the European part of the USSR." The article shows the results of its implementation and its importance for the country's food and environmental security.

**Keywords:** agroforestry, protective afforestation, forest belts, drought, degradation, desertification, agro-landscapes, nature transformation plan

**Funding.** The work was carried out within the framework of the program of the Federal Tax Service of the Russian Federation for the long-term period (2021-2030) 4.1.1. Agriculture, land reclamation, water and forestry.

**Citation.** Kulik K.N. 75 Years of the Nature Transformation Plan. Results and Lessons of Implementation. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):08-15. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.001.08-15

Received: 01.11.2023

Accepted: 07.12.2023

### References:

1. Agroforestry science in the XX century: monograph. Kashtanov A.N., Pavlovsky E.S., Kulik K.N. [et al.]. Volgograd. VNIALMI Publ. house; 2001, 365 p. (In Russ.)
2. Abakumova L. I. [et al.] Agroforestry: monograph / edited by A. L.Ivanov, K. N. Kulik. Ed. 5th, reprint. and additional. Volgograd. VNIALMI Publ. house; 2006, 746 p. (In Russ.)
3. Albensky A.V. Agriculture and protective afforestation. Moscow."Kolos" Publ. house; 1971, 279 p. (In Russ.)
4. Vinogradov V. N. The development of sands. Moscow. 1980, 68 p. (In Russ.)

5. Glezdenev V.L. An essay on the strengthening of loose sands in the Achikulaksky bailiff of the Stavropol province. St. Petersburg. Yearbook Compilation of the Forest Department; 1913, 127 p. (In Russ.)

6. Ivanov A.L., Kust G.S., Donnik I.M. [et al.]. Global climate and soil cover of Russia: desertification and land degradation, institutional, infrastructural, technological adaptation measures (agriculture and forestry): National report. Moscow. IBA Publ. house. 2019;2:476. (In Russ.)

7. Ivanov A.L., Donnik I.M., Bagirov V.A., Kulik K.N., Belyaev A.I. [et al.]. Global climate and soil cover of Russia: manifestation of drought, prevention, control measures, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry): National report. Moscow. IBA Publ. house. 2021;3:700. (In Russ.)

8. Abakumov B.A., Babenko D.K., Bartenev I.M., etc. Protective afforestation in the USSR / under the general editorship of E. S. Pavlovsky. Moscow. "Agropromizdat" Publ. house. 1986, 261 p. (In Russ.)

9. Kocherga F.K. Strengthening and afforestation of mountain slopes of Central Asia. Moscow; Leningrad. "Goslesbumizdat" Publ. house; 1951, 100 p. (In Russ.)

10. Kretinin V.M. Kulik K.N., Koshelev A.V. Agroforestry soil science: development, achievements, tasks. *Vestnik Rossijskoj sel'skokhozyajstvennoj nauki = Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2020;1:23-26. (In Russ.)

11. Kulik K.N., Manaenkov A.S. Desertification and protective afforestation. Challenges. Strategy of interaction. *Degradatsiya zemel' i opustynivanie: problemy ustojchivogo prirodoopol'zovaniya i adaptatsii*: Materials of the International Scientific and Practical Conference. Moscow: LLC "MAX Press" Publ. house; 2020, pp. 17-22. (In Russ.)

12. Makarychev N.T. Forest reclamation foundations of railway protection from snow drifts: abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Sci. (Agricultural). Volgograd; 1987, 49 p. (In Russ.)

13. Kulik K.N., Ivanov A.L., Rulev A.S. [et al.]. Strategy for the development of protective afforestation in the Russian Federation for the period up to 2025. Revised and supplemented. Volgograd. FSC of Agroecology RAS Publ. house; 2018, 36 p. (In Russ.)

14. Resolution of the Council of Ministers of the USSR and the Central Committee of the CPSU(b) dated October 20, 1948 No 3960 "On the plan of protective forest plantations, the introduction of grass-field crop rotations, the construction of ponds and reservoirs to ensure high and stable yields in the steppe and forest-steppe regions of the European part of the USSR". Access mode: <http://docs.historyrussia.org/ru/nodes/246030> (In Russ.)

15. Abakumova L.I., Averyanov O.A., Arkhangelskaya G.P. [et al.] Encyclopedia of Agroforestry. Volgograd. VNIALMI Publ. house; 2004, 675 p. (In Russ.)

**Авторский вклад.** Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

**Conflict of interest.** Author declare no conflict of interest.



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

УДК 631.6

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.002.16-21

## Теоретические основы обоснования комплексных мелиораций и управление мелиоративными режимами в агроландшафтах в степной и лесостепной зоне

Николай Николаевич Дубенок✉, e-mail: ndubenok@rgau-msha.ru, академик РАН, д.с.-х.н., профессор, ORCID-ID 0000-0002-9059-9023, зав. кафедрой сельскохозяйственных мелиораций, РГАУ-МСХА им К.А. Тимирязева, e-mail: info@rgau-msha.ru, 127434, ул. Тимирязевская 49, Москва, Россия

**Аннотация.** Комплексная мелиорация земель является неотъемлемым аспектом для повышения уровня общей культуры земледелия, семеноводства, механизации процессов сельского хозяйства, борьбы с вредителями, сорными растениями и болезнями, а также широкой химизации. Сегодня большой процент существующих осушительных и оросительных систем требует восстановления и модернизации. Необходимы меры по реконструкции мелиоративной системы в степной и лесостепной зоне. На основании изучения производственных исследований, нормативно-технических и научно-методических материалов, отчётов по научно-исследовательским работам, открытых публикаций периодических изданий, интернет-ресурсов, произведен ретроспективный анализ развития мелиоративного комплекса РФ. Рассмотрены основные этапы этого развития и дана оценка его результатов. Отмечены послевоенные фундаментальные Постановления по защитному лесоразведению и развитию гидротехнической мелиорации, а также период недальновидных решений, приведших к неурожаю и продовольственному кризису в стране в 1960-е годы. Отмечено, что гидротехническая мелиорация оказалась более успешной. Были приняты выдающиеся нормативно-правовые акты по обводнению и мелиорации земель. Показано, что положительные события для сельского хозяйства встречали противодействия как отдельных личностей, так и групп ученых. Урон же сельскому хозяйству в целом и мелиорации в частности был нанесен в 90-е годы прошлого столетия «перестройкой». Утверждается, что страна может безвозвратно потерять мелиоративный комплекс без принятия необходимых мер по улучшению создавшегося положения. Констатируется высокая значимость комплексных мелиораций в управлении мелиоративными режимами в агроландшафтах в степной и лесостепной зоне. Сюда входит экосистемная мелиорация природных и природно-антропогенных экосистем, имеющая дело с нелинейными живыми системами, параметры которых случайны во времени и пространстве. Показана возможность прогноза развития этого нового научно-технического направления и виды эффективности при оценке комплексных мелиораций.

**Ключевые слова:** комплексные мелиорации, агроландшафты, управление мелиоративными режимами.

**Цитирование.** Дубенок Н.Н. Теоретические основы обоснования комплексных мелиораций и управление мелиоративными режимами в агроландшафтах в степной и лесостепной зоне // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 16-21. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.002.16-21

Поступила в редакцию: 01.11.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** Положительное влияние на плодородие почв, которое оказывает мелиорация, было осознано только в XX веке. В настоящее время известно, что без осуществления данного процесса становятся невозможными повышение уровня общей культуры земледелия, механизация процессов сельского хозяйства, борьба с сорными растениями, вредителями и болезнями, а также семеноводство и широкая химизация [3; 7; 8].

На сегодняшний день показатели применения государственных мелиоративных систем и мелиорируемых площадей не достигают собственного потенциала. При этом стоит отметить, что рационализация и развитие применения агроландшафтного комплекса смогут оказать положительное влияние на социально-экономические условия [1; 2; 6].

Мелиоративный комплекс – сложный технический, природный объект, направленный на решение производственных, правовых, инженерно-тех-

нических, экологических и научно-методических задач. Для стабильного динамичного развития и преодоления негативных тенденций необходимо получение постоянного государственного финансирования, которое будет контролироваться на федеральном уровне [5].

Развитие мелиоративного комплекса региона несёт колоссальную значимость при решении проблем продовольственной безопасности, поэтому для эффективного решения рассматриваемой задачи невозможно привлечение средств регионального бюджета или частного инвестирования [1; 4].

Цель работы – анализ теоретических основ обоснования комплексных мелиораций и управления мелиоративными режимами в агроландшафтах в степной и лесостепной зоне.

**Материалы и методы.** Ретроспективный анализ, оценка результатов развития мелиоративного комплекса РФ производился на основе изучения имеющихся в открытом доступе производствен-

ных исследований, открытых публикаций зарубежных и отечественных периодических изданий, нормативно-технических и научно-методических материалов, отчётов по научно-исследовательским работам, а также использовались интернет-ресурсы, статистические, информационно-аналитические и научные исследования автора [4, 5].

**Результаты и обсуждение.** В развитии мелиоративной отрасли в период с конца XX до начала XXI века можно выделить 5 этапов:

- война и послевоенное восстановление хозяйства. В этот период были приняты фундаментальные Постановления по защитному лесоразведению и развитию гидротехнической мелиорации («О переходе на новую систему орошения в целях более полного использования орошаемых земель и улучшения механизации сельскохозяйственных работ», «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоёмов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР») (1941-1952 годы);

- ослабление развития мелиорации ввиду перераспределения государственного бюджета (фокусировка на освоении залежных и целинных земель) (1953-1964 годы);

- широкое развитие мелиорации (1965-1988 годы);

- постперестроечный спад в развитии мелиорации и сельского хозяйства в целом (1989-2000 годы);

- постепенное становление мелиоративной отрасли (2001 год – настоящее время).

При рассмотрении 1-ого этапа было упомянуто Постановление Совета Министров СССР и ЦК ВКП от 20.10.1948 «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоёмов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР». Этот документ, являющийся комплексным планом по модернизации сельскохозяйственного производства засушливых лесостепных районов страны, в народе называли «Сталинским планом преобразования природы».

Согласно настоящему Постановлению, предполагалось строительство более чем 44000 водоёмов и прудов для обводнения, орошения почв на базе местного стока, а также активное развитие самотечного и лиманного орошений в период с 1949 по 1955 год. Кроме того, за всю историю отечественного лесоразведения данным документом в первый раз была утверждена высадка защитных лесных полос: 4 вдоль берегов Северного Дона, Волги, Урала и Дона и 4 по водоразделам. Для произведения всех работ было задействовано 120 миллионов гектаров земель.

Противоположные решения Хрущёва Н.С. оказали негативное влияние не только на выполнение плана 1948 года, но и на плодородие почв. В Поста-

новлении «О дальнейшем увеличении производства зерна в стране и об освоении целинных и залежных земель» от 17.08.1954 была поставлена задача распахать более 43 миллионов гектаров залежных и целинных земель (Поволжья, Сибири, Урала и иных районов). Работы стали проводиться оперативно: весной этого же года уже было обработано 1,5 миллиона гектаров земли. Настоящее решение привело к катастрофе, так как порывы сильного ветра унесли верхний плодородный слой почвы, образовав ввиду неурожая продовольственный кризис в стране.

Гидротехническая мелиорация оказалась более успешной. 17.08.1950 было принято Постановление Совмина СССР «О переходе на новую систему орошения в целях более полного использования орошаемых земель и улучшения механизации сельскохозяйственных работ». Обновлённый метод мелиоративного планирования оказал положительное влияние на применение оросительных систем. Его основой выступали внутрихозяйственные планы водопользования, которые составлялись с упором на конкретные, местные условия. Всего за 3-4 года произошёл полный переход на новую систему орошения, суть которой заключалась в следующем: каналы постоянного орошения были заменены на каналы временного орошения. Это позволило уменьшить затраты на эксплуатацию, увеличить уровень механизации процессов сельского хозяйства. В результате значительно облегчилось применение техники и более полно стали использоваться орошаемые земли и поливная вода, появилась возможность увеличить площади поливных участков, а также в целом использовать орошаемые земли более эффективно.

1950 год ознаменовался вступлением в силу Постановлений «О строительстве Сталинградской гидроэлектростанции на реке Волге, об орошении и обводнении районов Прикаспия» и «О строительстве Куйбышевской гидроэлектростанции на реке Волге». На этапе планирования на обводняемых территориях предполагалась высадка деревьев для укрепления песков корневищами, внедрение выборочного орошения для возможности развития животноводческого комплекса. Во времена строительства Сталинградской ГЭС планировалось строительство систем и каналов для обводнения 13 млн гектаров земель, в частности: Ногайской степи, Чёрных земель и Сарпинской низменности (5,5 млн гектаров), земель, лежащих между Уралом и Волгой (1,5 млн гектаров), северных земель Прикаспийской низменности (6 млн гектаров). Кроме того, предполагалось возведение магистрального самотечного канала. Электроэнергия, производимая Куйбышевской ГЭС, должна была быть задействована для орошения миллиона гектаров заволжских земель.

С целью разрешения ряда проблем было принято Постановление Совмина СССР «О строительстве Волго-Донского судоходного канала и орошении земель в Ростовской и Сталинградской областях»

от 27.12.1950. В число решаемых настоящим документом входили следующие проблемы:

- транспортная (судоходный канал должен был соединить Дон и Волгу, создавая тем самым путь судам с Дона и Чёрного моря в Каспийское море и в Волгу);
- энергетическая (канал должен был давать дешёвую гидроэнергию);
- проблема орошения (строительство канала способствовало бы орошению полупустынных регионов).

Строительство Волго-Донского судоходного канала велось с 1949 по 1952 год. В результате был проложен 101 км канала, часть которого образовала Варваровское, Береславское и Карповское водохранилища на местах естественных понижений.

Начиная с 1966 года в стране начался «золотой век российской мелиорации». Его начало было положено 13.08.1966 г. при принятии Постановления «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур». Данный документ предполагал осушение 15-16 миллионов гектаров почвы, а также строение оросительных систем на территории достигающей 7-8 миллионов гектаров земли всего за 10 лет. В дальнейшем были приняты и иные Постановления в данной области, однако два из них можно выделить как наиболее выдающиеся: «Об улучшении проектирования, строительства и эксплуатации объектов сельскохозяйственного водоснабжения» от 11.09.1969 и «О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии» от 20.03.1967. Именно данные нормативно-правовые акты долгие годы являлись основой для работ по обводнению и мелиорации земель.

Начиная с 1966 года осуществлялась глобальная модернизация: было положено начало строительству Большой Волгоградской и Палласовской систем орошения, а также расширено и реконструировано большинство осушительных и оросительных систем с применением новейшей землеройной техники. Кроме того, в этот период активно улучшались водоподъёмные, водозаборные сооружения и оборудование, техника орошения, при облицовке каналов использовались новые материалы, устраивались закрытые трубопроводы.

Последним положительным событием для сельского хозяйства в этот период стало принятие Постановления ЦК КПСС и Совмина СССР «О долгосрочной программе развития мелиорации и повышения эффективности использования мелиорируемых земель в целях устойчивого наращивания продовольственного фонда страны» от 26.10.1984. Принципиальным отличием принятой программы выступило дефицитное состояние водных ресурсов в некоторых южных регионах. Решением настоящей проблемы выступило строительство гидротехнической системы по переброске стока сибирских и северных рек. Начальным этапом работ было предусмотрено строительст-

во объектов 1-ого этапа переброски части стока северный рек в Волгу до 1990 года, что, согласно расчётам, способствовало бы орошению 2 миллионов гектаров земель центральных чернозёмных районов, северного Кавказа и Поволжья. В дальнейшие годы активное развитие было приостановлено ввиду перестройки.

Вышеописанный проект вызвал резонанс у общественности и научного сообщества, так как представлялся многим лишь «авантюрой». У него также появились рьяные противники, в числе которых оказался геолог А.Л. Яншин. Составленное им письмо «О катастрофических последствиях переброски части стока северных рек» в ЦК было подписано группой учёных-академиков. Также 5 отделений Академии наук составили отрицательные экспертные заключения к середине 1980 года. Результатом всех этих действий явилось вступление в силу Постановления «О прекращении работ по переброске части стока северных и сибирских рек» от 14.08.1986.

Удар, нанесённый в 90-е годы XX века перестройкой сельскому хозяйству в целом и мелиорации в частности, оказал настолько великое влияние на отрасль, что оправиться она не может и по сей день. Результатом нарушения функциональных возможностей мелиоративных систем уровень их технического состояния стремительно снизился. Было прекращено устойчивое финансирование мелиоративных программ, развалилась подотрасль мелиоративного машиностроения. В настоящее время более 24% осушительных и приблизительно 43% оросительных систем находится в состоянии, требующем восстановления и модернизации. Однако настоящие процессы трудно осуществить ввиду удорожания и сокращения производства техники для полива, а также значительного износа мелиоративных фондов.

В результате износа (как физического, так и морального) дождевальной техники, устаревания гидросооружений и оросительной сети за последние 20-25 лет было выведено из оборота более 2 млн гектаров орошаемых почв. В наши дни также прослеживается тенденция снижения эффективности применения мелиоративных систем, уменьшения числа поливной техники и ухудшения состояния инженерных осушительных и оросительных систем. Если не принять меры по улучшению положения в данной отрасли, страна может безвозвратно потерять мелиоративный комплекс.

С началом нового тысячелетия такие меры стали предприниматься. Одной из них выступила программа «Плодородие» 2006-2009 годов, в рамках которой решались задачи обеспечения экологической и продовольственной безопасности России. В ходе осуществления программы было восстановлено и сохранено плодородие 5,15 млн гектаров почв, в результате чего их стоимость выросла на 27,3 млрд рублей. Говоря о социальном значении, стоит упомянуть о защите от затопления сельских населённых пунктов с общей численностью насе-

ления 1,4 млн человек, обеспечении 700 тыс. человек централизованным питьевым водоснабжением, а также создании 54 тыс. рабочих мест.

Федеральная целевая программа «Мелиорация», утвержденная в 2013 году, своей целью ставила определение методов увеличения уровня конкурентоспособности сельского хозяйства, рентабельности и устойчивости сельскохозяйственного производства средствами комплексной мелиорации земель, наряду с приемами адаптивно-ландшафтного земледелия, для сохранения природных ресурсов для будущих поколений, а также обеспечения продовольственной безопасности [9, 12] (рис. 1-2).

14.05.2021 г. Постановлением Правительства РФ №731 принята Государственная программа «Эффективное вовлечение в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» на период с 2022 по 2030 год. В данной программе актуальность проблем по развитию мелиорации при изменении климата распределяется по нескольким направлениям: 1) продовольственное – получение экологически чистой продукции; повышение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции, обеспечение продовольственной безопасности страны; 2) технологическое – разработка новых природообразных технологий; робототехника, новые высокопрочные материалы, повышение производительности дождевальных машин и мелиоративной техники; 3) природоохранное – восстановление плодородия земель, борьба с опустыниванием, предотвращение засоления орошаемых земель и т.д.; 4) водохозяйственное – недопущение и ликвидация загрязнения водоемов-водоприемников, строительство новых водоемов, обводнение; 5) климатическое – депонирование углерода и «производство» кислорода при интенсификации фотосинтеза; 6) ресурсно-экологическое – «производство» чистой воды за счет конденсата и охлаждения воздуха, в процессе транспирации и испарения; 7) кадровое – подготовка кадров и повышение квалификации сотрудников мелиоративной отрасли [10], пропагандирование достижений в области мелиорации и её значения в сельскохозяйственном производстве и охране окружающей среды в средствах массовой информации на Федеральном и Региональном уровнях.

В настоящее время получает широкое распространение экосистемная мелиорация природных и природно-антропогенных экосистем, которая с точки зрения теории управления имеет дело с нелинейными живыми системами, параметры которых случайны во времени и пространстве. Развитие этого направления науки, в эпоху изменения климата, поможет стабилизировать изменяющиеся условия и снизить отрицательные эффекты, связанные с борьбой за ресурсы, миграцией, снижением депонирования углерода и выделения кислорода при фотосинтезе. Создание системы

поддержки принятия решений о вводе неиспользуемых мелиорируемых объектов на основе новых технологий, может дать возможность предсказывать вызовы и прогнозировать результаты [11]. На этом примере может быть показана возможность прогноза развития нового научно-технического направления в комплексной мелиорации сельскохозяйственных земель и становление критериев комплексной эффективности. При этом реализуется взаимосвязь этого направления с преобразованием (восстановлением) природы. Предлагается рассматривать такой подход как основу для прогноза развития научно-технического прогресса.

При оценке комплексных мелиораций используются следующие виды эффективности: 1) экономическая: обзор стоимости сельскохозяйственной продукции, экосистемных услуг от сельскохозяйственных земель, плодородия, депонирования углерода, производства кислорода, чистой воды, красоты естественных и природоподобных экосистем; 2) социальная: обзор устойчивости внегородских социальных групп (образование, желание жить вне города, дороги, культура, жизнеобеспечение и так далее); 3) экологическая: обзор стоимости «экосистемных услуг» природных экосистем и экосистем (устойчивость к климатическим изменениям, сукцессионная устойчивость, биоразнообразие); 4) климатическая: обзор влияния, оказываемого «зеленой» экономикой и экосистемами на интенсивность изменений климата (плюсы – производство чистой воды и кислорода, увеличение плодородия, сокращение эрозии, повышение устойчивости экосистем – и минусы зеленой экономики – нарушение глобальной циркуляции Ветровыми ЭС, нарушение теплового баланса Солнечными ЭС, нерешенность вопросов утилизации элементов ВЭС и СЭС).

**Заключение.** Таким образом, были рассмотрены основные этапы развития мелиоративного комплекса России и выявлена высокая значимость комплексных мелиораций в управлении мелиоративными режимами в агроландшафтах в степной и лесостепной зоне. Намечены перспективы развития нового научно-технического направления в комплексной мелиорации сельскохозяйственных земель и становление критериев комплексной эффективности.

#### Литература:

1. Айдаров И.П. Комплексное обустройство земель: монография / М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Московский гос. ун-т природообустройства. – Москва: [МГУП], 2007. 208 с.
2. Аксенов А.В., Бирюков Е.В., Сдвижков Н.П. Состояние, проблемы и перспективы развития оросительной мелиорации сельскохозяйственных земель Тамбовской области // Орошаемое земледелие. 2017. № 2. С. 7-8.
3. Виноградов С.В., Эрднеева Б.А. Роль мелиорации в социально-экономическом развитии кочевых народов Юга России (середина 1920-х – 1930-е гг.) // Каспийский регион: политика, экономика, культура. 2023. № 2(75). С. 112-121. DOI: 10.54398/1818510X\_2023\_2\_112

4. Дубенок Н.Н., Ольгаренко Г.В., Калининченко Р.В. Перспективы и общественная значимость развития мелиорации в Московской области // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 5. С. 6-11. DOI: 10.32962/0235-2524-2022-5-6-11

5. Дубенок Н.Н., Ольгаренко Г.В. Перспективы восстановления мелиоративного комплекса Российской Федерации // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 2. С. 56-59. DOI: 10.30850/vrsn/2021/2/56-59

6. Иванов А.И., Гулюк Г.Г., Янко Ю.Г. Актуальные вопросы развития мелиорации в Нечерноземье // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 3. С. 5-12.

7. Новиков А.А. Мелиорация – стратегическая основа развития российского АПК // Орошаемое земледелие. 2016. № 3. С. 25-26.

8. Овчинников А.С., Пындак В.И. Развитие учения об агротехнической мелиорации земель // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 3(35). С. 158-168.

9. Соловьев А.В. Состояние и перспективы развития мелиорации в Волгоградской области // Орошаемое земледелие. 2018. № 1. С. 7-8.

10. Угрюмова А.А., Паутова Л.Е. Управленческий ресурс развития кадров мелиорации для АПК РФ: дополнительное профессиональное образование // Региональная экономика. Юг России. 2021. Т. 9. № 3. С. 171-180. DOI: 10.15688/re.volsu.2021.3.16

11. Шанина Е.Н. Механизм господдержки развития мелиорации как элемент стабильного функционирования отрасли в Поволжском экономическом районе // Экономика и бизнес: теория и практика. 2023. № 5-3(99). С. 177-182. DOI: 10.24412/2411-0450-2023-5-3-177-182

12. Щедрин В.Н., Васильев С.М. Концептуально-методологические принципы (основы) стратегии развития мелиорации как национального достояния России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 1(33). С. 1-11. DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.002.16-21

## Theoretical foundations of the complex land reclamation justification and land reclamation regimes management in agro-landscapes in the steppe and forest-steppe zone

Nikolay N. Dubenok✉, e-mail: ndubenok@rgau-msha.ru, Dr. Sci. (Agr.), Professor, Academician of RAS  
ORCID: 0000-0002-9059-9023

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev  
e-mail: info@rgau-msha.ru, 127434, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, Russia

**Abstract.** Comprehensive land reclamation is an integral aspect for improving the level of general agriculture, seed production, mechanization of agricultural processes, pest control, weeds and diseases, as well as extensive chemicalisation. Today, a large percentage of existing drainage and irrigation systems require restoration and modernisation. Measures to reconstruct the land reclamation system in the steppe and forest-steppe zone are needed. Based on the study of industrial research, normative-technical and scientific-methodological materials, research reports, open publications of periodicals, web-resources, a retrospective analysis of the Russian Federation amelioration complex development was carried out. The main stages of this development are considered and its results assessment is given. The post-war fundamental Resolutions on protective afforestation and the development of hydrotechnical reclamation, as well as the period of short-sighted decisions that led to crop failures and the food crisis in the country in the 1960s, are noted. It is shown that hydrotechnical reclamation proved to be more successful. Outstanding normative legal acts on irrigation and land reclamation have been adopted. It is shown that positive developments for agriculture were opposed by both individuals and groups of scientists. The damage to agriculture in general and land reclamation in particular was caused in the 90s of the last century by the «perestroika». It is argued that the country may irretrievably lose

the land reclamation complex without taking the necessary measures to improve the situation. The high importance of comprehensive land reclamation in the land reclamation regimes management in the steppe and forest-steppe zone agricultural landscapes is stated. This includes ecosystem reclamation of natural and anthropogenic ecosystems, dealing with nonlinear living systems whose parameters are random in time and space. The possibility of forecasting the development of this new scientific and technical direction and the types of effectiveness in assessing complex land reclamation is shown.

**Keywords:** comprehensive land reclamation, agrolandscapes, management of reclamation regimes

**Citation.** Dubenok N.N. Theoretical foundations of the complex land reclamation justification and land reclamation regimes management in agro-landscapes in the steppe and forest-steppe zone. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):16-21. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.002.16-21

Received: 01.11.2023

Accepted: 07.12.2023

### References:

1. Aidarov I.P. Integrated land management: monograph. Moscow. Moscow State University of Environmental Management Publ. house; 2007, 208 p. (In Russ.)

2. Aksenov A.V., Biryukov E.V., Sdvizhkov N.P. State, problems and prospects of agricultural lands irrigation reclamation development in the Tambov region. *Oroshaemoe zemledelie*. 2017;2:7-8. (In Russ.)

3. Vinogradov S.V., Erdneeva B.A. The role of land reclamation in the socio-economic development of the Southern Russia nomadic peoples (mid-1920s-1930s). *Kaspijskij region: politika, ekonomika, kul'tura= The Caspian region: politics, economics, culture*. 2023;2(75):112-121. (In Russ.) DOI: 10.54398/1818510X\_2023\_2\_112

4. Dubenok N.N., Olgarenko G.V., Kalinichenko R.V. Prospects and social significance of land reclamation development in the Moscow Region. *Melioratsiya i vodnoe khozyajstvo = Melioration and Water Management*. 2022;5:6-11. (In Russ.) DOI: 10.32962/0235-2524-2022-5-6-11

5. Dubenok N.N., Olgarenko G.V. Reclamation complex of the Russian Federation restoration prospects. *Vestnik Rossijskoj sel'skokhozyajstvennoj nauki= Vestnik of the Russian agricultural science*. 2021;2:56-59. (In Russ.) DOI: 10.30850/vrsn/2021/2/56-59

6. Ivanov A.I., Gulyuk G.G., Yanko Yu.G. Actual issues of land reclamation development in the Non-Chernozem region. *Melioratsiya i vodnoe khozyajstvo = Melioration and Water Management*. 2020;3:5-12. (In Russ.)

7. Novikov A.A. Melioration as the strategic basis for the Russian agro-industrial complex development. *Oroshaemoe zemledelie*. 2016;3:25-26. (In Russ.)

8. Ovchinnikov A.S., Pyndak V.I. Development of the agrotechnical land reclamation doctrine. *Izvestia*

*Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2014;3(35):158-168. (In Russ.)

9. Solovyov A.V. The state and prospects of land reclamation development in the Volgograd region. *Oroshaemoe zemledelie*. 2018;1:7-8. (In Russ.)

10. Ugryumova A.A., Pautova L.E. Managerial resource for the melioration personnel development for the AIC RF. *Regionalnaya ekonomika. Yug Rossii = Regional economy. The South Of Russia*. 2021;9(3):171-180. (In Russ.) DOI: 10.15688/re.volsu.2021.3.16

11. Shanina E.N. The state support mechanism for the reclamation development as an element of the industry stable functioning in the Volga Economic region. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika = Economy and business: theory and practice*. 2023;5-3(99):177-182. (In Russ.) DOI: 10.24412/2411-0450-2023-5-3-177-182

12. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M. Conceptual and methodological principles (fundamentals) of the land reclamation development strategy as a national treasure of Russia. *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioratsii = Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*. 2019;1(33:1-11. (In Russ.) DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11



Рисунок 1. Завершенная система полевых защитных лесных полос Тимашевского района Краснодарского края



Рисунок 2. Молодые (4-х летки) полевых защитных лесных полос в ООО Большой Морец Еланского района Волгоградской области

**Авторский вклад.** Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

**Conflict of interest.** Author declare no conflict of interest.

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

УДК 631.529:631.445.52

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.003.22-29

## Комплексные мелиорации в борьбе с опустыниванием и деградацией земель

Виктор Александрович Шевченко, д. с.-х. наук, академик РАН, ORCID: 0000-0002-5444-9693

Эльвира Батыревна Дедова<sup>✉</sup>, e-mail: dedova@vniigim.ru, д.с.-х. наук, профессор РАН

ORCID: 0000-0002-0640-911X

София Давидовна Исаева, д.т.н., ORCID: 0000-0001-9640-2191

ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», e-mail: mail@vniigim.ru,  
127434, ул. Большая Академическая, дом 44, корпус 2, Москва, Россия

**Аннотация.** Развитие опустынивания земель прогрессирует в результате сочетания интенсивной техногенной нагрузки и развития аридизации климата на юге России. Происходит снижение и потери биопродуктивности пахотных земель и пастбищных угодий аридных и семиаридных территорий. Цель данной работы – обоснование приемов комплексных мелиораций, направленных на предотвращение процессов деградации и опустынивания земель в условиях изменения климата в аридном поясе Российской Федерации. Проведение комплексных мелиораций земель, включающих обводнение и орошение, агротехнические и фитомелиоративные мероприятия, как показывает практика, является самым действенным направлением для сдерживания процессов опустынивания. Рассмотрен ряд мер по повышению водообеспеченности дефицитных регионов. Мероприятия включают водосбережение при орошении, использование для водоснабжения в особо засушливые периоды доступных для временного изъятия запасов подземных вод, а также отмечены проблемы и перспективы обоснования пополнения стока не только Дона, но и Волги. В целях снижения водно-экологической напряженности на примере Республики Калмыкия предлагается провести фитомелиоративные работы на деградированных землях, принять административные меры по охране территорий, подверженных почвенной дефляции, применить разработанные в институте технологию формирования высокопродуктивных лиманных агроэкосистем на засоленных и осолонцованных землях, технологию поверхностного и коренного улучшения деградированных пастбищных угодий, способствующих восстановлению продуктивных качеств фитоценозов на разных типах почв.

**Ключевые слова:** аридизация климата, опустынивание, деградация земель, ирригационное опустынивание, водные ресурсы, комплексные мелиорации, лиманные агроэкосистемы.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках Государственного задания FGUF-2022-0008 «Разработать научно-методическое обоснование природоподобных технологий восстановления плодородия и повышения продуктивности деградированных мелиорированных земель в изменяющихся климатических условиях».

**Цитирование.** Шевченко В.А., Дедова Э.Б., Исаева С.Д. Комплексные мелиорации в борьбе с опустыниванием и деградацией земель // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 22-29. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.003.22-29

Поступила в редакцию: 03.11.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** К современным экологическим вызовам относится нарастающее проявление опустынивания земель. Свыше 50 млн га в Европейской части Российской Федерации, на которых проживает около половины населения страны и производится более 70% сельскохозяйственной продукции, фактически или потенциально подвержены разным формам деградации и опустыниванию (рисунок 1) [5; 11; 15].

Основными факторами и причинами развития деградации и опустынивания земель является антропогенная деятельность и усиливающаяся аридизация климата в условиях глобального потепления, что приводит к снижению и потере биопродуктивности пахотных земель и пастбищных угодий аридных и семиаридных территорий [8;14;16].

Для сдерживания процессов опустынивания и восстановления территорий самым действенным

направлением является комплексная мелиорация земель. В первую очередь – обводнение территории и обеспечение питьевого водоснабжения населения, а также закрепление песков и проведение лесомелиорации, восстановление деградированных пастбищ [1-3; 18; 25-26].

Опустынивание связано с природным засолением и осолонцеванием, а также дефляцией почв, развеванием и наступлением песков на оазисы, с чрезмерной пастбищной нагрузкой, а также техногенным нарушением почвенного покрова при индустриальном и придорожном строительстве. Широко развито ирригационное опустынивание, обусловленное вторичным засолением почв при орошении в условиях аридного климата и бессточности территории [24]. К ирригационно-хозяйственным причинам возникновения опустынивания, как показывают данные мониторинга, относятся

[17; 24]: отсутствие дренажа, ненадлежащая эксплуатация оросительных систем, низкий уровень культуры земледелия на мелиорируемых землях, пренебрежение мелиоративными мероприятиями (мелиорация солонцов, промывки) в процессе эксплуатации оросительных систем. В зоне избыточного увлажнения также широко развита деградация почв, которая вызвана переувлажнением и заболачиванием, повышенной кислотностью, низкой культурой земледелия и выводом земель из оборота [5; 10; 11].

Цель исследований – разработка научного обоснования приемов и методов комплексной мелиорации для предотвращения деградационных процессов, протекающих на сельскохозяйственных землях, обусловленных природными и антропогенными факторами.

**Материалы и методы.** Методической основой исследований являлись системный и сравнительный анализ современных теоретических и практических разработок в области экосистемного водопользования, развития сельского хозяйства в разных природно-хозяйственных условиях РФ,

а также комплексных мелиораций, направленных на восстановление деградированных земель, и результатов многолетних исследований ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова». Исследования выполнялись с использованием данных официальных информационных ресурсов Минприроды России и Минсельхоза России по инвентаризации мелиорированных земель и мелиоративных систем государственной собственности (мелиоративно-водохозяйственного комплекса), а также сведения Государственного водного реестра, Государственного мониторинга водных объектов, материалы официальной статистической отчетности. При закладке и проведении полевых экспериментов, выполнении наблюдений и лабораторных исследований руководствовались методическими указаниями Б.А. Доспехова (*Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.); ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (*Методические указания по получению и выделению полипротидных форм кормовых культур*. Москва. ВАСХНИЛ. 1987. 20 с.).

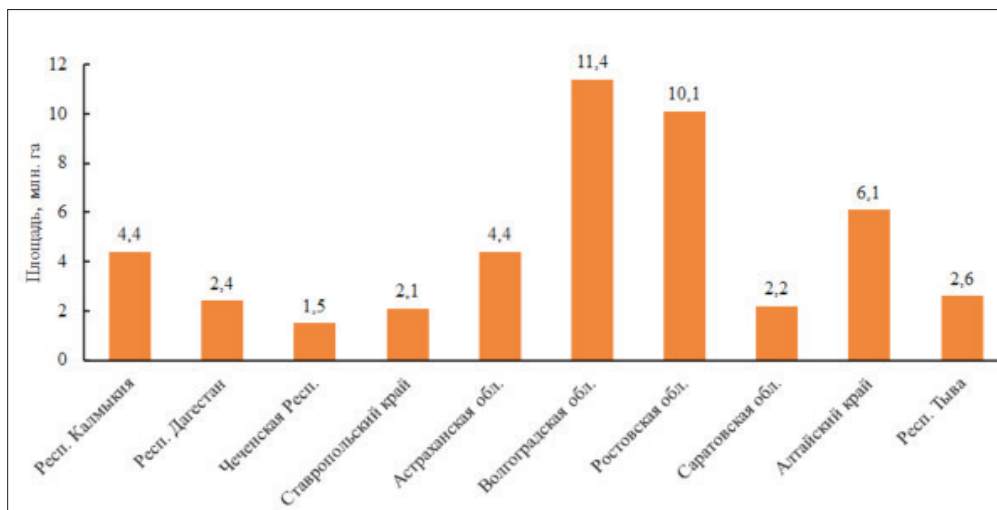


Рис. 1. Площадь земель, подверженных опустыниванию в регионах Российской Федерации



Рисунок 2. Картограмма расположения регионов РФ с повышенным риском засух



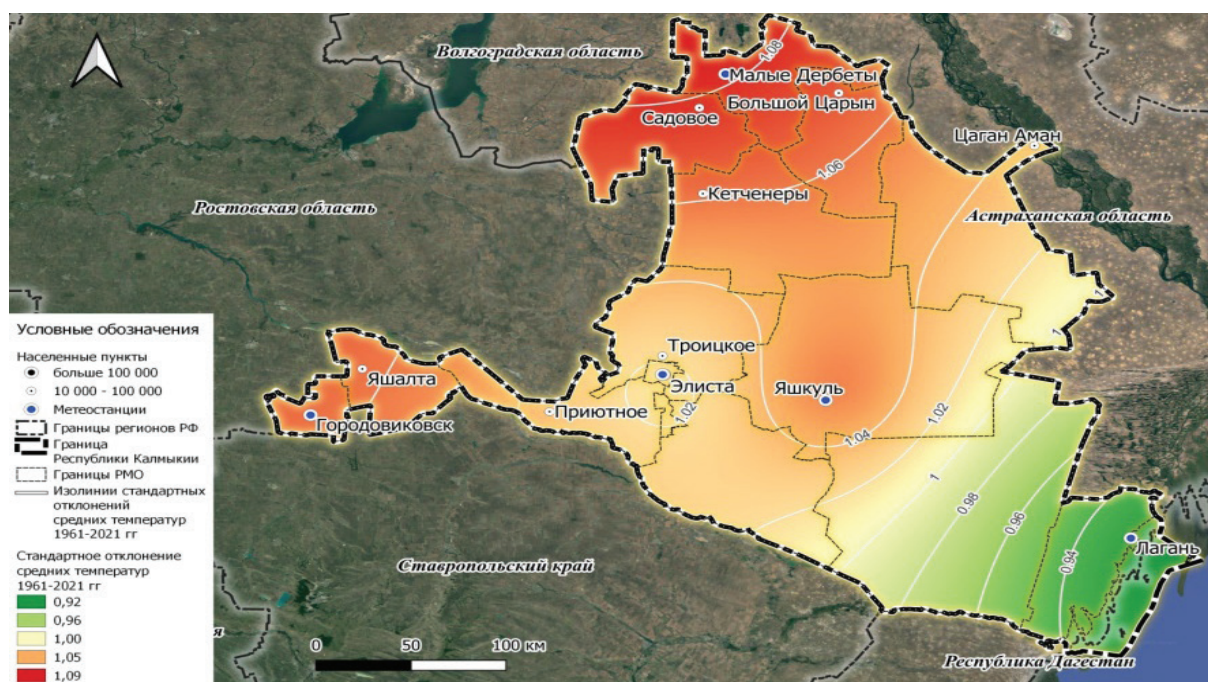


Рисунок 3. Картограмма стандартного отклонения среднегодовых значений температуры воздуха в Республике Калмыкия, за 1961-2021 гг.

Геоботанические исследования проводились с использованием данных дистанционного зондирования, находящихся в открытом доступе и методике, изложенной в III томе «Полевой геоботаники» (Полевая геоботаника / АН СССР, Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова / ред.: А. А. Корчагин, Е. М. Лавренко, В. М. Понятовская. – Москва; Ленинград: Наука, Т. 3. 1964. 530 с.). Для сопоставления прогнозных аналитических данных с фактической климатической ситуацией во ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова собраны климатические данные по метеостанциям, расположенным в регионах с повышенным риском засух (рисунок 2), и проведены статистические исследования.

**Основная часть.** Влияние климатических изменений на водные ресурсы и продуктивность систем земледелия в различных регионах РФ. Анализ данных наблюдений метеостанций за период, продолжительностью более 130 лет, в регионах Нижнего Поволжья, бассейна Урала, Дальнего Востока, юга Западной Сибири показал, что происходит рост среднегодовых температур воздуха. Фиксируются аномальные отклонения от нормы температур и атмосферных осадков в Калмыкии (рисунок 3), Оренбургской области, в Ставропольском крае и других регионах [12; 21; 22].

В Новосибирской области от засухи в текущем 2023 году пострадало около трети посевов. В Калмыкии в 2020 году средняя температура поднялась на 2-3 градуса, а осадков практически не было. Такие условия отразились на общем состоянии пастбищ. В результате произошло резкое сокращение численности поголовья сельскохозяйственных животных, а засуха в весенне-летний период привела к введению на части территорий Республики чрезвычайной ситуации. И такие явления харак-

терны для разных лет в Калмыкии [5; 13; 26].

Следует отметить, что в 90-е годы прошлого столетия реализация «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ» позволила остановить лавинообразный характер опустынивания в Калмыкии именно на основе комплексных мелиораций пастбищных земель [2; 3; 17; 24].

По состоянию на 2023 год геоэкологическая оценка пастбищного землепользования на территории регионов Черных земель и Кизлярских пастбищ, где дислоцируются животноводческие хозяйства Республик Калмыкии, Дагестана, Астраханской области и Ставропольского края специализирующиеся на овцеводстве, показывает развитие процесса дигрессии пастбищ и увеличение площади открытых песков [5; 9; 15; 19].

Данные выполненного в нашем институте геоинформационного мониторинга пастбищных угодий Калмыкии показали, что площадь открытых песчаных массивов достигла к 2020 году 500 тыс. га. По прогнозам, аномальные природно-климатические явления будут происходить всё чаще и длительнее, что, несомненно, может сказаться на экономике южных регионов и всей страны.

Основными направлениями комплексных мелиораций для сдерживания процессов опустынивания и восстановления территорий являются гидромелиорация и агролесомелиорация. Ключевым же фактором предотвращения опустынивания земель, снижения неблагоприятного воздействия климатических изменений является орошение и обводнение территорий. Однако площадь орошаемых земель относительно территории всех сельхозугодий Российской Федерации по состоянию на 01.01.2023 составляет не более 2%.

Таблица 1. Площади орошаемых земель и потребность в водных ресурсах для полива сельскохозяйственных культур, тыс. га

Наименование субъекта	Площадь орошаемых земель, тыс. га		Потребность в воде, млн м <sup>3</sup>		
	используемая в с.-х. производстве	из них фактически поливается	необходимо для орошения, используемых в с.-х. производстве земель	фактически используется водных ресурсов для орошения	дефицит воды для орошения
Регионы в пределах бассейна Нижней Волги					
Астраханская область	86,12	83,06	206,69	199,34	7,35
Волгоградская область	90,51	52,08	217,22	124,99	92,23
Республика Калмыкия	47,15	26,55	113,16	63,72	49,44
Республика Татарстан	165,17	97,00	396,41	232,80	163,61
Самарская область	135,14	24,54	324,34	58,90	265,44
Саратовская область	257,30	115,00	617,52	276,00	341,52
Регионы Западной Сибири					
Омская область	80,94	7,40	194,26	17,76	176,50
Новосибирская область	35,83	10,87	85,99	26,09	59,90
Кемеровская область	21,66	0,88	51,98	2,11	49,87
Алтайский Край	69,78	5,80	167,47	13,92	153,55
Курганская область	17,40	3,30	41,76	7,92	33,84
Свердловская область	28,17	0,82	67,61	1,97	65,64
Челябинская область	62,70	12,50	150,48	30,00	120,48
Регионы Дальнего Востока					
Амурская область	8,83	0	21,19	0,00	21,19
Забайкальский Край	14,45	0	34,68	0,00	34,68
Республика Бурятия	99,00	19,13	237,60	45,91	191,69

Водные ресурсы как фактор устойчивого развития сельского хозяйства. Водные ресурсы распределены по территории страны крайне неравномерно и на засушливую зону Европейской части приходится менее 10% их объема [21;26]. В ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова выполнено районирование территории юга европейской части России по обеспеченности водными ресурсами для орошения и сельскохозяйственного водоснабжения. Выполненные расчеты показали, что в регионе Нижней Волги дефицит воды для развития орошаемого земледелия к 2035 г. составит более 900 млн м<sup>3</sup>, в том числе в Татарстане – 163 млн м<sup>3</sup>, в Саратовской области – 341 млн м<sup>3</sup>, в Волгоградской области – 92,2 млн м<sup>3</sup> (табл. 1).

При этом исследования, проведенные во ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова в 2019-2022 гг., выявили высокую антропогенную нагрузку на водные объекты, которая рассчитана по методике Международной организации по экономическому сотрудничеству и развитию (Organisation for Economic

Cooperation and Development, OECD), как отношение изъятия к объемам водных ресурсов. Оценка показала, что в Ставропольском крае нагрузка соответствует «высокой», в Республиках Дагестан и Калмыкия пресные водные ресурсы исчерпаны, так как водоотбор составляет соответственно 130,79% и 78,57% от объема собственных водных ресурсов регионов [6; 26].

Снижение водности в последние десятилетия характерны для Волги и Кубани, а также для Дона. В 2022 году сток реки Дон составила 46,7% от среднегодовой величины [7]. Основная причина – высокая техногенная нагрузка на водные объекты Азово-Донского бассейна, заиление русел малых рек, подъем уровня грунтовых вод и заболачивание пойменных земель, реки бассейна потеряли дренажную способность, следовательно, сократился подземный приток к рекам и их питание за счет подземных вод. Поэтому помимо мероприятий по сбережению воды за счет модернизации мелиоративных систем, применения современных спосо-

бов орошения и техники полива необходимо прорабатывать и иные варианты решения проблемы по обеспечению водными ресурсами Юга России. К возможным способам восполнения вододефицита, например, можно отнести использование доступных для кратковременного изъятия запасов подземных вод в остросзасушливые периоды с их последующим, при возможности, восполнением и др.

Для восстановления р. Дон и его притоков необходимо исключение сброса недостаточно очищенных вод в малые реки-притоки и, собственно, в Дон, следовательно, необходимо строительство современных очистных сооружений, проведение дноуглубительных работ, выполнение расчистки русел и других работ по восстановлению благоприятных условий на малых реках.

Кроме этого, для снижения водно-экологической напряженности необходимо системное рассмотрение проблемы и обоснование пополнения стока не только Дона, но и Волги за счет Северных рек (реки Вычегда, Сухона, Печора, Онега, Северная Двина, Ладожское озеро и др.). Для этого целесообразно провести междисциплинарные исследования с учетом социально-экономических условий, климатической ситуации, инновационных технических и технологических решений в сфере строительства, гидротехники, водообеспечения и экологии.

*Научное обоснование комплексной мелиорации деградированных земель.* Для предотвращения опустынивания и деградации земель в нашем институте (ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова) разработана Концепция экологического обоснования комплексных мелиораций, направленная на снижение техногенного воздействия на почвы, сохранение и повышение плодородия пахотного слоя, предотвращение опустынивания земель [8; 24].

Для дальнейшего развития фитомелиорации в аридных и семиаридных условиях, с целью предотвращения деградации пастбищ и опустынивания земель, на основе проведения многолетнего комплексного экологического мониторинга разработана методика и сформирована база данных «Геоботанический мониторинг естественных угодий пустынной зоны Республики Калмыкия» [23]. База данных содержит информацию по долговременному мониторингу естественных угодий. Она позволяет всесторонне оценить современное состояние пастбищ, а также организовать рациональное использование сельскохозяйственных угодий, провести фитомелиоративные работы на деградированных землях, рассчитать кормовую емкость пастбищ, принять административные меры по охране территорий, подверженных почвенной деградации.

Для фитомелиорации деградированных пастбищ определены эколого-ценотические параметры доминирующих видов растений естественных кормовых угодий Северо-Западного Прикаспия [9; 20]. Параметры включают: экологический тип растений по отношению к водно-солевому режи-

му, тип фотосинтеза, изучены морфологические особенности растений биогеоценоза, проективное покрытие и продуктивность фитоценоза.

*Технология формирования высокопродуктивных лиманных агроэкосистем на засоленных и осолонцованных землях.* Технология позволяет за счет строительства открытой оросительной и дренажно-сбросной сети, нарезки временного щелевого и кротового дренажа осуществлять дифференцированный режим увлажнения. При этом происходит промывка засоленных и осолонцованных лиманных почв, действие которой усиливается применением химических мелиораций [4; 5; 8; 24].

*Технология восстановления деградированных пастбищ.* Разработана технология поверхностного и коренного улучшения деградированных пастбищных угодий, способствующая восстановлению продуктивных качеств фитоценозов на разных типах почв. Многолетние исследования показали, что на бурых легкосуглинистых солонцеватых почвах следует возделывать житняк пустынный, а на бурых супесчаных почвах – житняк сибирский [5; 9].

*Технология восстановления вторично засоленных почв при близком залегании уровня грунтовых вод на основе формирования пырейно-солодкового агрофитоценоза.* Для восстановления вторично засоленных почв с близким залеганием грунтовых вод разработана технология их восстановления на основе формирования и апробации в природных условиях агрофитоценоза. Мелиорирующий эффект основывается на симбиотическом взаимодействии двух солеустойчивых культур: Солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.) и Пырей солончаковый (*Eletrigia elongates*). Взаимодействие культур способствует уменьшению содержания солей в пахотном слое почвы и снижению уровня залегания грунтовых вод. Важным элементом технологии является проведение поливов в 1-й и 2-й год жизни растений с поддержанием определенной предполивной влажности почвы. Данный способ даёт возможность в течение 5 лет поддерживать проективное покрытие почвы злаково-бобовыми культурами на уровне 80–90%, что в итоге позволяет вернуть в сельскохозяйственный оборот деградированные земли.

*Способ выращивания сеянцев кустарниковых и полукустарниковых пород растений-псаммофитов.* В рамках разработки мероприятий по борьбе с опустыниванием, для закрепления и восстановления пастбищных экосистем в местах открытых песков совместно с Автономным учреждением Республики Калмыкия «Калмлес» предложен способ выращивания сеянцев джужгуна безлистного (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Gurke) и терескена серого (*Ceratoides papposa*) с использованием малообъемных способов орошения, что способствует гарантированному получению посадочного материала.

**Заключение.** Проведенные исследования свидетельствуют, что развитие опустынивания земель в регионах, подверженных засухам, прогрессирует в результате сочетания интенсивной

техногенной нагрузки и усиления аридизации климата. Как результат – снижение и потеря биопродуктивности пахотных земель и пастбищных угодий аридных и семиаридных территорий.

Для сдерживания процессов опустынивания и восстановления территорий самым действенным направлением является комплексная мелиорация земель, включающая обводнение и орошение земель, агротехнические, фитомелиоративные мероприятия и др.

В то же время в последний период для Волги и Кубани, а также для Дона характерно снижение водности, а рассчитанные при выполненном районировании территории юга европейской части России по обеспеченности водными ресурсами для орошения и сельскохозяйственного водоснабжения потребности в воде значительны. В связи с этим рассмотрен ряд мер по повышению водообеспеченности дефицитных регионов. Мероприятия включают водосбережение при орошении, использование для водоснабжения в особо засушливые периоды доступных для временного изъятия запасов подземных вод, а также отмечены проблемы и перспективы обоснования пополнения стока не только Дона, но и Волги за счет частичного перераспределения расхода Северных рек на новом научно-технологическом уровне.

В целях снижения водно-экологической напряженности на примере Республики Калмыкия предлагается провести фитомелиоративные работы на деградированных землях, принять административные меры по охране территорий, подверженных почвенной дефляции, применить разработанные в Институте технологию формирования высокопродуктивных лиманных агроэкосистем на засоленных и осолонцованных землях, технологию поверхностного и коренного улучшения деградированных пастбищных угодий, способствующих восстановлению продуктивных качеств фитоценозов на разных типах почв и другие меры.

#### Литература:

1. Бородычев В.В., Дедова Э.Б., Сазанов М.А. Водные ресурсы Республики Калмыкия и мероприятия по совершенствованию водохозяйственного комплекса / Доклады РАСХН. 2015. № 4. С. 41-45.
2. Генеральная схема по борьбе с опустыниванием Черных Земель и Кизлярских пастбищ. Ростов-на-Дону: изд. ЮжНИИгипрозем. 1986. 61 с.
3. Гольдварг Б.А., Цаган-Манджиев Н.Л., Цыгаменко И.Ф. Итоги реализации Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ за период 1986–2016 годы и предстоящие задачи // Материалы научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства Юга России». Элиста. 2017. С. 42-45.
4. Губин В.К., Шевченко В.А., Кудрявцева Л.В. Способ лесомелиорации на засоленных землях при глубоком залегании соленых грунтовых вод и система для его осуществления. Патент на изобретение RU 2800824 С1, 28.07.2023. Заявка № 2022127234 от 20.10.2022.
5. Дедова Э.Б., Шевченко В.А., Исаева С.Д., Дедов А.А., Очиров В.В., Шабанов Р.М. Научно-практические осно-

вы повышения продуктивности земель для производства кормов на инженерных системах лиманного орошения / В сборнике: Научные подходы к современному развитию мелиорации земель. – М.: ВНИИГиМ, 2023. С. 296-301.

6. Доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2020 году». – М.: Росводресурсы, НИА-Природа, 2022. 510 с.

7. Доклад о мелиоративном состоянии Российской Федерации в 2020 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 384 с.

8. Дедова Э.Б. Антропогенное воздействие на природно-территориальные комплексы Республики Калмыкия и пути их восстановления // Защитное лесоразведение, мелиорация земель, проблемы агроэкологии и земледелия в Российской Федерации: материалы международной науч.-практ. конференции, посвященной 85-летию создания ВНИ агролесомелиоративного института. – Волгоград: ВНИИАЛМИ, 2016. С. 433-438.

9. Дедова Э.Б., Маштыков К.В., Кониева Г.Н., Гольдварг Б.А. Фитомелиоративные приемы реставрации деградированных пастбищных угодий Северо-Западного Прикаспия // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 4 (388). С. 348-350. DOI: 10.55186/25876740\_2022\_65\_4\_348

10. Дубенок Н.Н. Научное обоснование стратегии развития мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации / Доклады ТСХА. Сборник статей. 2021. С. 238-241.

11. Законодательное обеспечение развития агропромышленного комплекса России. Материалы парламентских слушаний и «круглых столов» 2022 года. – М.: Издание Государственной Думы, 2022. 96 с.

12. Кониева Г.Н., Иванова В.И., Адучиева М.Г. Анализ изменений основных климатических показателей на территории Республики Калмыкия за многолетний период // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 177-184. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-20

13. Кулик К.Н., Габунщина Э.Б., Кружилин И.П. Опустынивание и комплексная мелиорация агроландшафтов засушливой зоны. – Волгоград: ВНИАЛМИ. 2007. 85 с.

14. Кулик К.Н., Кулик К.Д., Хныкин А.С., Слайковская Е.С. Анализ и динамика фитоэкологических условий Арчединско-Донских песков по длинному ряду аэрокосмических снимков // Научно-агрономический журнал. 2023. №1(120). С.28-37. DOI: 10.34736/FNC.2023.120.1.005.28-37

15. Кулик К.Н., Петров В.И., Юферев В.Г., Ткаченко Н.А., Шинкаренко С.С. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. №2(83). С.16-24.

16. Мелиоративные системы и гидротехнические сооружения | Портал ФГБНУ ВНИИ Радуга. Информационный ресурс: <https://inform-raduga.ru/gts>

17. Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием (НПДБО) в Калмыкии. Элиста: ЮжНИИгипрозем. 1995. 179 с.

18. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)» / Под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева). Т. 2. – М.: Издательство МБА, 2019. 476 с.

19. Шабанов Р.М. Пылевые бури как следствие деградации и опустынивания земель в республике Калмыкия // A Posteriori. 2021. № 1. С. 5-8.

20. Шамсутдинов Н.З., Шагайпов М.М., Булаева Г.А., Шагайпов М.М. Теоретические основы фитомелиорации для предотвращения деградации земель в полупустынной зоне России / В сборнике: Основные результаты научных исследований института за 2018 год. Сборник научных трудов. Москва, 2019. С. 293-295.

21. Шевченко В.А., Исаева С.Д. Совершенствование мониторинга мелиорированных сельскохозяйственных земель // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С.72-78.

22. Шевченко В.А., Дедова Э.Б., Исаева С.Д., Дедов А.А. Научно-методические подходы к развитию сельского хозяйства на мелиорированных землях Дальневосточного федерального округа // Мелиорация и водное хозяйство. 2023. №4. С. 31-36.

23. Уланова С.С., Маштыков К.В., Федорова Н.Л., Дедова Э.Б., Шабанов Р.М. Геоботанический мониторинг естественных угодий пустынной зоны Республики Калмыкия. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2021621820, 31.08.2021.

24. Dedova E.B., Goldvarg B.A., Tsagan-Mandzhiev N.L. Land Degradation of the Republic of Kalmykia: Problems and Reclamation Methods. Arid Ecosystems. 2020. № 2. Т. 10. С. 140-147.

25. Isaeva S.D., Shevchenko V.A. Principles of Ecological Monitoring of Agricultural Lands. International science and technology conference "Earth science" IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019;272:022230. IOP Publishing. DOI: 10.1088/1755-1315/272/2/022230

26. Shevchenko V.A., Isaeva S.D., Dedova E.B. A New Stage in the Development of the Land Reclamation and Water Management Complex of the Russian Federation. Vestnik Rossiiskoi Akademii Nauk, 2023. Vol. 93. № 4. pp. 355-361. DOI: 10.31857/S0869587323040114

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.003.22-29

## Comprehensive Land Reclamation As a Way to Combat Desertification and Land Deterioration

Victor A. Shevchenko, Dr. Sci. (Agr.), Academician of RAS, ORCID: 0000-0002-5444-9693

Elvira B. Dedova✉, e-mail: dedova@vniigim.ru, Dr. Sci. (Agr.), Professor of RAS, ORCID: 0000-0002-0640-911X

Sophia D. Isaeva, Dr. Sci. (Eng.), ORCID: 0000-0001-9640-2191

Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov», e-mail: mail@vniigim.ru, 127434, Bol'shaya Akademicheskaya str., house 44, building 2, Moscow, Russia

**Abstract.** The land desertification growth occurs as a result of intense anthropogenic pressure and the climate aridization growth in the south of Russia. There is a decrease and loss of arable lands and pasture lands bioproductivity on arid and semiarid territories. The purpose of this work is to substantiate the methods of comprehensive land reclamation aimed at preventing the land degradation and desertification processes in the climate change in the arid zone of the Russian Federation context. As practice shows, carrying out comprehensive land reclamation, including agrotechnical and phytomeliorative measures, watering and irrigation, is the most effective way to control desertification processes. A number of measures to increase water availability in water-lacking regions are considered. These measures include water saving during irrigation, use of groundwater reserves available for temporary withdrawal for water supply in particularly dry periods. Problems and prospects not only of the Don, but also of the Volga rivers runoff replenishment justifying were noted too. It is proposed, using the example of the Republic of Kalmykia, to carry out phytomeliorative work on degraded lands, take administrative measures to protect territories subjected to soil deflation in order to reduce water-environmental tension. Applying our Institute's technology for the formation of highly productive estuarine agroecosystems on saline and solonchaks lands as well as technology for superficial and radical

improvement of degraded pasture lands, which are contributing to the different soil types phytocenoses productive qualities restoration is also necessary.

**Keywords:** climate aridization, desertification, land degradation, irrigational desertification, phytomelioration, integrated land reclamation

**Funding.** The work was carried out within the framework of the State Task FGUF-2022-0008 "Develop a scientific and methodological justification of nature-like technologies for restoring fertility and increasing productivity of degraded reclaimed lands in changing climatic conditions.

**Citation.** Shevchenko V.A., Dedova E.B., Isaeva S.D. Comprehensive Land Reclamation As a Way to Combat Desertification and Land Deterioration. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):22-29. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.003.22-29

Received: 03.11.2023

Accepted: 07.12.2023

### References:

1. Borodychev V.V., Dedova E.B., Sazanov M.A. Water resources of the Republic of Kalmykia and measures to improve the water management complex. RAAS Reports. 2015;4:41-45. (In Russ.)
2. The general scheme for combating desertification of Black Lands and Kizlyar pastures. Rostov-on-Don. YuzhNIIGiprozem Publ. house; 1986, 61 p. (In Russ.)
3. Gol'dvarg B.A., Tsagan-Mandzhiev N.L., Tsygamenko I.F. The results of the General Scheme to Combat Desertification of Black Lands and Kizlyar pastures implementation for the period 1986-2016 and the upcoming tasks. Materials of the

scientific and practical conference “Problems and prospects of agricultural development in the South of Russia”. Elista; 2017, pp. 42-45. (In Russ.)

4. Gubin V.K., Shevchenko V.A., Kudryavtseva L.V. A method of forest reclamation on saline lands with deep saline groundwater and a system for its implementation. A patent for an invention RU 2800824 C1, 28.07.2023. Request No. 2022127234 from 20.10.2022. (In Russ.)

5. Dedova E.B., Shevchenko V.A., Isaeva S.D. et al. Increasing land productivity scientific and practical bases for feed production on engineering systems of estuary irrigation. In the compilation: Scientific approaches to the contemporary development of land reclamation. Moscow. VNIIGiM Publ. house; 2023, pp. 296-301. (In Russ.)

6. The report «On the state and use of water resources of the Russian Federation in 2020». Moscow. Rosvodresursy, NIA-Priroda Publ. houses; 2022, 510 p. (In Russ.)

7. Report on the reclamation status in the Russian Federation in 2020. Moscow. FSBSI “Rosinformagrotekh” Publ. house; 2022, 384 p. (In Russ.)

8. Dedova E.B. Anthropogenic impact on the Republic of Kalmykia natural-territorial complexes and ways of their restoration. Protective afforestation, land reclamation, problems of agroecology and agriculture in the Russian Federation: math. of international scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of the establishment of the All-Russian Research Institute of Agroforestry. Volgograd. VNIALMI Publ. house; 2016, pp. 433-438. (In Russ.)

9. Dedova E.B., Mashtykov K.V. et al. Phytomeliorative techniques for restoration of degraded pasture lands in the Northwestern Near-Caspian region. *Mezhdunarodnyj sel'skokhozyajstvennyj zhurnal = International Agricultural Journal*. 2022;4(388):348-350. (In Russ.)

10. Dubenok N.N. Scientific substantiation of the strategy for the development of agricultural land reclamation in the Russian Federation. In the compilation: Reports of the Moscow Timiryazev Agricultural Academy. Compilation of articles; 2021, pp. 238-241. (In Russ.)

11. Legislative support for the development of the agro-industrial complex of Russia. Materials of the parliamentary hearings and round tables in 2022. Moscow. Publishing of the State Duma; 2022, 96 p. (In Russ.)

12. Konieva G.N., Ivanova V.I., Aduchieva M.G. Changes in the main climatic indicators of the region of the Republic of Kalmykia region analysis over a long-term period. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2023;2(70):177-184. (In Russ.) DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-20

13. Kulik K.N., Gabunshchina E.B., Kruzhilin I.P. Desertification and comprehensive reclamation of the arid zone agricultural landscapes. Volgograd. VNIALMI Publ. house; 2007, 85 p. (In Russ.)

14. Kulik K.N., Kulik K.D., Khnykin A.S., Slaykovskaya E.S. Analysis and dynamics of the Archeda-Don interfluvial sands phytocological conditions from a long series of aerospace

images. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2023;1(120):28-37. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2023.120.1.005.28-37

15. Kulik K.N., Petrov V.I., Yuferev V.G. et al. Geoinformation analysis of desertification in the Northwestern Near-Caspian Region. *Aridnye ekosistemy = Arid Ecosystems*. 2020;2(83):16-24. (In Russ.)

16. Reclamation systems and hydraulic structures. RADUGAINFORM Information portal. Web resource. Available from: <https://inform-raduga.ru/gts> (In Russ.)

17. The National Action Programme to Combat Desertification (NAPCD) in Kalmykia. Elista. YuzhNII giprozem Publ. house; 1995, 179 p. (In Russ.)

18. National report “Global climate and soil cover of Russia: desertification and land degradation. Institutional, infrastructural, technological adaptation measures (agriculture and forestry)”. Edited by R.S.-H. Edelderiev; Vol. 2. Moscow. MBA Publishing; 2019, 476 p. (In Russ.)

19. Shabanov R.M. Dust storms as a consequence of land degradation and desertification in the Republic of Kalmykia. *A Posteriori*. 2021;1:5-8. (In Russ.)

20. Shamsutdinov N.Z., Shagaipov M.M., Bulaeva G.A. et al. Theoretical foundations of phytomelioration aimed on land degradation preventing in the semi-desert zone of Russia. In the compilation: The main results of scientific research of the Institute for 2018. Compilation of scientific papers. Moscow; 2019, pp. 293-295. (In Russ.)

21. Shevchenko V.A., Isaeva S.D. Improving the monitoring of reclaimed agricultural land. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2018;2(50):72-78. (In Russ.)

22. Shevchenko V.A., Dedova E.B., Isaeva S.D. et al. Scientific and methodological approaches to the development of agriculture on the Far Eastern Federal District reclaimed lands. *Melioratsiya i vodnoe khozyajstvo = Melioration and Water Management*. 2023;4:31-36. (In Russ.)

23. Ulanova S.S., Mashtykov K.V., Fedorova N.L. Geobotanical monitoring of natural lands of the desert zone of the Republic of Kalmykia. Database registration certificate RU2021621820 from 31.08.2021. Application No. 2021621428 from 09.07.2021. (In Russ.)

24. Dedova E.B., Goldvarg B.A., Tsagan-Mandzhiev N.L. Land Degradation of the Republic of Kalmykia: Problems and Reclamation Methods. *Arid Ecosystems*. 2020;2(10):140-147.

25. Isaeva S.D., Shevchenko V.A. Principles of Ecological Monitoring of Agricultural Lands. International science and technology conference “Earth science” IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019;272:022230. IOP Publishing. DOI: 10.1088/1755-1315/272/2/022230

26. Shevchenko V.A., Isaeva S.D., Dedova E.B. A New Stage in the Development of the Land Reclamation and Water Management Complex of the Russian Federation. *Vestnik Rossiiskoi Akademii Nauk*. 2023;93(4):355-361. DOI: 10.31857/S0869587323040114

**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 551.5:631.6.02

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.004.30-35

## Особенности погоды холодного периода года на территории Волгоградской области

**Анастасия Владимировна Кулик**✉, e-mail:kulik-a@vfanc.ru, к.с.-х.н., с.н.с., ORCID 0000-0001-8736-5464  
«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, Россия

**Аннотация.** Проведен анализ многолетней метеорологической информации за холодный период (с ноября по март). На территории Волгоградской области он осуществлен на основании данных 17 метеорологических станций. Установлено, что за последнее десятилетие участились многоводные зимы. Сумма осадков преобладала над среднесезонной нормой более чем на 100 мм. Выявлено, что их увеличение происходило за счет выпадения дождей в периоды оттепелей, количество которых стало возрастать. Среднесезонная температура воздуха за холодный период за последние 60 лет увеличилась на 3,3°C на севере области, на 2,9°C на юго-востоке. Установлено, что за год в среднем общее потепление зим происходит на 0,05°C. На этом фоне продолжительность холодного периода также сокращается. Осадки в виде дождей в течение зимы на фоне периодического промерзания поверхности почвы повышают опасность развития эрозионных процессов, поэтому возрастает необходимость в создании устойчивых агроэкосистем (особенно на склоновых землях) посредством реализации комплекса агролесомелиоративных мероприятий. Проанализирована метельная активность, позволяющая выявить экспозиции снегосдуваемых склонов на основе построения роз метельных ветров.

**Ключевые слова:** холодный период года, температура воздуха, осадки, снег, дождь, снежный покров.

**Финансирование.** Работа выполнена в соответствии с планом государственного задания «Теоретические основы эрозионно-гидрологического процесса на водосборных бассейнах, концептуальные направления, пути и принципы создания высокоэффективных экологических систем управления этим процессом с целью полного предотвращения эрозии почв» (№ FNFE-2022-0012).

**Цитирование.** Кулик А.В. Особенности погоды холодного периода года на территории Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 30-35. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.004.30-35  
Поступила в редакцию: 06.10.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** В пределах Волгоградской области на формирование погоды в холодный период года (с ноября по март) основное влияние оказывают полярные циклоны, приводящие к резким изменениям температуры воздуха, выпадению осадков, резкому усилению скорости ветра, появлению метелей. От всего периода они составляют от 8 до 10 дней ежемесячно (или 20-30%) [1]. Часто полярные циклоны провоцируют образование снежного наста, а при незначительном снежном покрове – формирование ледяной корки на поверхности земли. Воздействие арктического антициклона приводит к резкому похолоданию (часто ниже -20°C). При этом устанавливается ясная и морозная погода на протяжении 5-7 дней ежемесячно (составляя 17-23% от всего холодного периода). Воздействие зимнего азиатского антициклона в среднем продолжается от 4 до 7 дней ежемесячно. Он также способствует похолоданию, но не такому сильному, как при влиянии арктического антициклона. Часты зимой оттепели, возникающие благодаря субтропическому (азорскому) антициклону.

Погода в течение холодного периода непостоянна, характеризуется временами резкими температурными перепадами. При этом особенности формирования снежного покрова и его схода ока-

зывают огромное влияние на накопление дополнительной влаги, сохранение и накопление которой особо актуально в засушливых условиях степи.

На территории области появление первого снежного покрова на севере области (Даниловский и Еланский р-ны) отмечается в среднем в первой декаде ноября. При этом продолжительность покрытия составляет 118-124 дня. С продвижением на юг первый снег покрывает землю в середине или в конце второй декады ноября (Клетский и Серафимовичский р-ны), а его продолжительность сокращается до 88-100 дней. Юг области (Котельниковский р-н) отличается самыми поздними сроками появления снежного покрова – в конце третьей декады ноября и самой низкой его продолжительностью – 80 дней.

Устойчивый снежный покров формируется только со второй (на севере) или с третьей декады (на юге области) декабря. При этом его высота в среднем колеблется от 12 до 21 см (в открытом поле), достигая в отдельные зимы максимальных значений до 42 см [1].

В последние годы происходит изменение погодных условий. Особенно важны эти изменения в течение холодного периода. На всем его протяжении создается не только дополнительный влагозапас

для растений, но и формируются факторы, влияющие на формирование поверхностного стока талых вод. Задержание зимних осадков в зоне их выпадения и сокращение их выноса в гидрографическую сеть – важная задача устойчивого функционирования агроэкосистем, особенно на склоновых землях.

Цель исследований – выявить особенности холодных периодов на территории области, определить тенденции их изменения за последние 60 лет.

**Материалы и методы исследований.** Статистический анализ осуществлен в XLstat на основе метеорологических данных (<http://www.pogodaiklimat.ru>), расположенных на территории Волгоградской области. Для иллюстрации изменений в разрезе области рассмотрены четыре метеостанции, расположенные в разных типах ландшафтов. Степной представляют данные метеостанции Урюпинск, сухостепной – Фролово и Волгоград, полупустынный – Эльтон.

Анализ метельных ветров проводился на основе обработки климатических данных за последние 15 лет по 17 метеостанциям. Основными характеристиками послужили направление ветрового потока и его скорость при выпадении осадков в виде снега [2]. Обработка материалов проводилась по общепринятым методикам по 16 румбам [3-4]. Уменьшение их количества, согласно метеорологическим методикам, возможно (например, до 8), но это может привести к неточности в окончательных вычислениях [5]. Поэтому в своих исследованиях преобладающим направлением считали следующее. Совокупность значений повторяемости метелей по всем направлениям составляет 100%, т.е. при равномерном распределении ветров по 360° значение по каждому румбу будет соответствовать 6,25%. Если повторяемость по одному направлению будет превышать 6,25%, то направление ветрового потока считали одним из преобладающих.

**Результаты исследования и их обсуждение.** На территории области за холодный период в среднем выпадает от 84 (Палласовский р-н) до 154 (Михайловский р-н) мм осадков (табл. 1), что составляет 30 и 36% от годовых норм [1]. Наибольшие значения характерны для метеостанции Фролово (до 293 мм – 1998-1999 г.). В степной зоне это дополнительный резерв для водопитания сельскохозяйственных культур (особенно озимых) и древесных пород.

В своих исследованиях V. Pandey [6], пришел к выводу, что в последние годы происходит сниже-

ние количества осадков в начале холодного периода (ноябрь-декабрь), но их увеличение фиксируется в январе.

За последние 60 лет общее количество осадков за холодный период колебалось по области в широких пределах. Превышают среднемноголетние значения холодные периоды 1978-1979, 1980-1981, 1998-1999, 2001-2002 и 2021-2022 гг. (рис. 1). Зимы этих лет имели следующие особенности. По ранее полученным данным лаборатории защиты почв от эрозии при исследованиях на стационаре «Амфитеатр», расположенном в районе г. Волгограда, осень, как правило, отличалась обилием осадков и теплой погодой. Так, в 1978 г. превышение нормы в ноябре составило 10,3 мм, в 1980 г. – на 67,1 мм, в 1998 г. – на 59,0 мм, в 2001 г. – на 17,0 мм, в 2021 г. всего на 4,0 мм. В декабре преобладание составило в 1978 г. – на 50 мм, в 2001 г. – на 47 мм, в 2021 г. – на 26 мм. В январе обилие осадков не наблюдалось, за исключением 2022 г. Из 99,5 мм – 71,3 мм составили осадки в виде снега, а 28,2 мм – в виде дождя. По результатам предыдущих исследований, а также в прошедшем году установлено, что увеличение осадков в холодный период происходило за счет повышения доли дождей. Так, например, осадки в виде дождя спровоцировали в 1979 образование на полях ледяной корки и в период снеготаяния формирование поверхностного стока талых вод. На зяби его величина составила 33,9-44,9 мм, а с учетом влияния защитных лесополос от 11,0 до 19,3 мм [7].

Необходимо отметить, что холодные периоды 1978-1979, 1980-1981, 1998-1999, 2001-2002 и 2021-2022 гг. также отличались преобладанием оттепелей, часто с полным сходом снежного покрова [8-9]. Продолжительность холодного периода закономерно сокращается с севера на юг, а количество оттепелей за зиму увеличивается. Сопоставив среднемноголетние данные [1] с данными за холодный период 2021-2022 г. установлено, что продолжительность морозного периода значительно сократилась (табл. 2), то есть зимы стали не только теплее, но и короче. Только в Новоаннинском и Урюпинском районе на протяжении всей зимы сохранялся устойчивый снежный покров. На остальной территории выделено до трех периодов с полным его сходом. Полный сход снежного покрова на большей части области отмечался в конце третьей декады марта, за исключением Котельникова, где он стоял уже к концу первой декады.

Таблица 1. Статистические показатели осадков за холодный период года за последние 60 лет

Метеостанция	min	max	mean	median	Q1	Q3	St.er. mean	St. dev.	Var. coef.
Урюпинск	81	239	153	160	124	174	5	38	0,2
Фролово	115	293	191	186	158	220	6	42	0,2
Волгоград	104	277	177	173	147	199	6	41	0,2
Эльтон	44	165	99	98	85	118	3	25	0,2



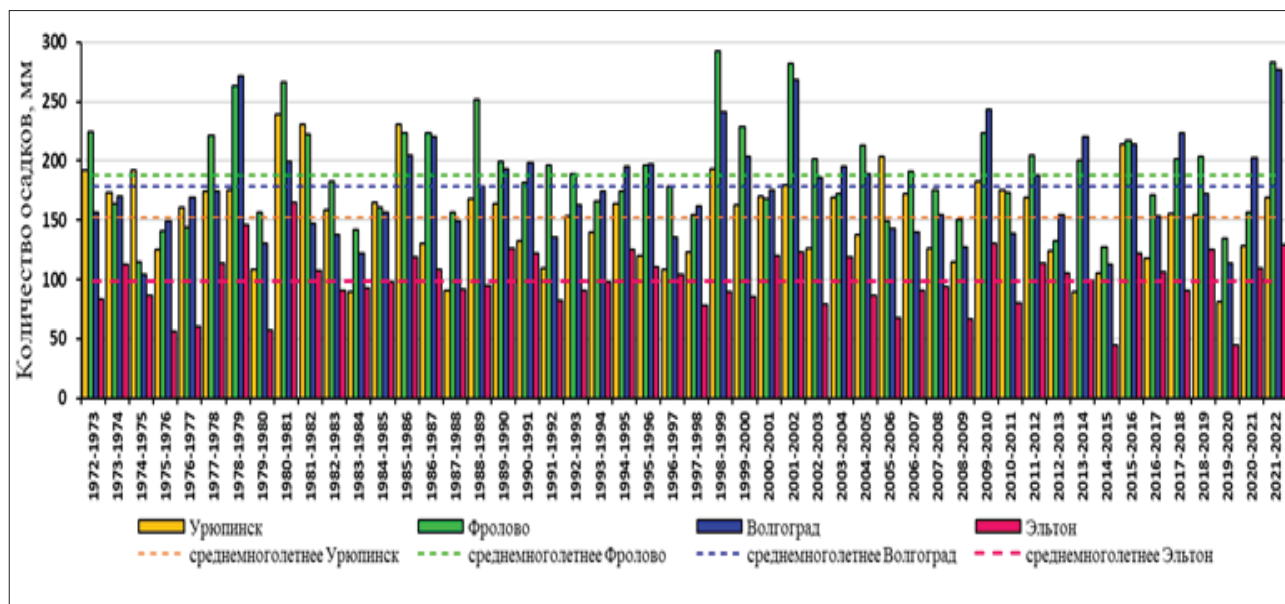


Рисунок 1. Многолетняя динамика количества осадков за холодный период года

Таблица 2. Продолжительность морозного периода и оттепелей на территории Волгоградской области

Название метеостанции	Показатели					
	морозный период			оттепели в течение зимы 2021-2022 г.		
	общая продолжительность, дни		разница	кол-во, шт.	средняя продолжительность, дни	кол-во периодов с полным сходом снежного покрова
	2021-2022 г.	*многолетняя наименьшая на 2010 г.				
Урюпинск	100	129	-29	3	4	-
Елань	112	125	-13	2	5	1
Новоаннинский	82	нет данных	-	3	9	-
Рудня	84	113	-29	8	4	1
Даниловка	95	нет данных	-	4	8	1
Михайловка	86	133	-47	7	6	1
Камышин	116	123	-7	1	8	1
Ольховка	93	128	-35	8	5	2
Фролово	93	нет данных	-	6	5	2
Иловля	71	151	-80	7	8	3
Волгоград	81	155	-74	5	8	3
Серафимович	102	144	-42	8	5	2
Нижний Чир	75	127	-52	6	8	3
Калач на Дону	70	нет данных	-	6	9	2
Котельниково	60	125	-65	4	9	2
Палласовка	115	нет данных	-	6	5	1
Эльтон	98	146	-48	8	4	3

\*(по данным [1])

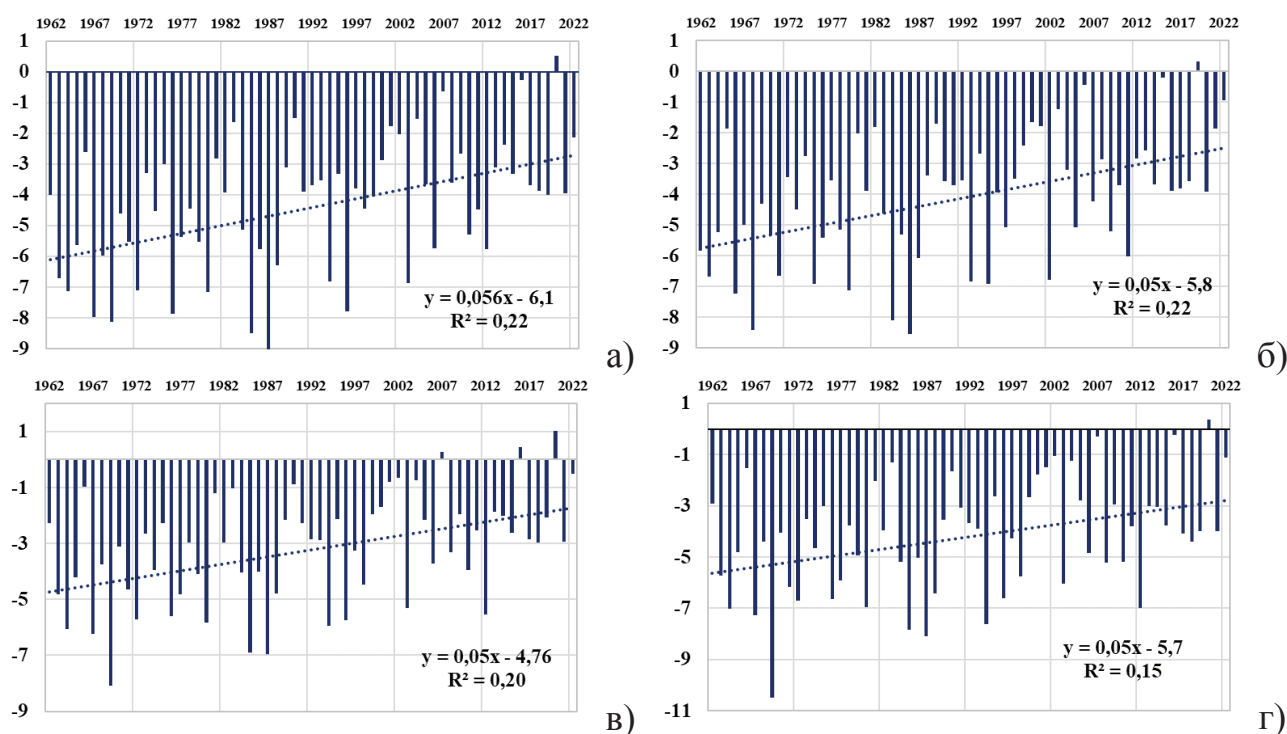


Рисунок 2. Динамика температуры воздуха за холодный период за последние 60 лет (1962–2022 гг.): а) Урюпинск, б) Фролово, в) Волгоград, г) Эльтон

За последние 60 лет прослеживается тенденция на общее потепление зим [10]. По данным метеостанций на территории области установлено, что в направлении с северо-запада на юго-восток разница в изменении среднесезонной температуры воздуха за холодный период постепенно снижается (рис. 2). Так, в Урюпинске температура воздуха за холодный период увеличилась на 3,3°C, во Фролово на 3,2°C, в Волгограде и на Эльтоне на 2,9°C, то есть за год в среднем на 0,05 °C. Эти исследования подтверждают утверждение Катцова В.М. и Говоркова В.А. [11] о том, что на фоне общего потепления климата, наибольшее увеличение температуры воздуха происходит в зимний период. Причем этот эффект увеличивается в направлении с юга на север.

При таких особенностях погоды зимой возрастает опасность развития деградационных процессов, особенно на склоновых землях [12]. Защитные лесополосы (при правильном их расположении) способствуют сокращению стока талых вод, путем его задержания в зоне своего влияния, а также снижению глубины промерзания почвы посредством дополнительного снегонакопления [13–16]. Специфика снегоотложения под влиянием лесополос отличается образованием снежных шлейфов с обеих сторон насаждения. Поток талых вод, поступающий с поля (агрофона) по склону, попадает в снежный шлейф лесополосы, насыщая его влагой. После чего, оказываясь внутри насаждения, впитывается почвой, переходя из поверхностного во внутрипочвенный сток.

Большое влияние на снегоотложение оказывает метельный режим. Для его регулирования необ-

ходимо определить преобладающее направление снегопереноса. Анализ метельного режима позволил выделить экспозиции склонов наиболее подверженных эрозионным процессам. На основе обработки многолетних метеорологических данных установлено, что на севере области в Урюпинском и Еланском районах преобладают метели восточных (9,3–10,0%) и юго-западных (9,3–12,7%) направлений. На водосборе р. Медведица в Серафимовичском, Фроловском и Даниловском районах также преобладают юго-восточные и юго-западные снегопереносимые ветры. В Камышине резко выделяются северо-восточные (11,6%) и восточно-северо-восточные (11,1%). В районе г. Волгограда преобладают метели восточных (15,3%) и западных (10,2%) направлений. На юге области в Суrowsикинском и Котельниковском районах, а также в Заволжье (Эльтон) – восточного (12,0; 22,3 и 9,6%, соответственно).

Местонахождение метеостанций и особенности рельефа обусловили формирование характерных особенностей ветрового режима, а вместе с ним и характер метелей [1]. В центре области метеостанции расположены на Калачской возвышенности, Донской гряде, Медведицких ярах и Доно-Медведицкой гряде, которые снижают скорость ветровых потоков. Снегопады во Фроловском районе относительно спокойные. Скорость ветровых потоков не превышает 4,0 м/с (2,9–3,7 м/с). Более активный снегоперенос в Даниловке и Серафимовиче, где по направлениям скорость увеличивается до 5,0 м/с. В Еланском районе средняя скорость метелей колеблется от 3,2 до 5,8 м/с, что является показателем активного снегопереноса.

Самые высокие средние скорости метелей характерны для правобережья Волги, отделяемые от остальной территории Приволжской возвышенностью (метеостанции Камышин и Волгоград, до 7,0 м/с) и в открытой степи (Эльтон – 7,4 м/с). Для Котельниково характерно распределение разных скоростей по направлениям от 2,0 до 5,9 м/с. Но не всегда преобладающему направлению соответствует наибольшая скорость потока. Так, в Камышине преобладают метели северо-восточного румба, а максимальная скорость характерна для западно-северо-западного.

В целом для большей части территории области присущ активный метельный перенос снежных частиц. Для обеспечения его задержания и снижения скорости ветрового потока необходимо создание устойчивых агроэкосистем, находящихся под агролесомелиоративной защитой.

**Заключение.** В последнее время происходит изменение погоды в течение холодного периода, что проявляется в виде увеличения количества осадков (в большей степени за счет выпадения дождей), повторяемости и продолжительности оттепелей, уменьшения в целом зимнего периода. Все эти факторы погоды в целом повышают возможность формирования поверхностного стока талых вод и смыва почв (особенно на фоне резких перепадов температур и глубокого промерзания почв). В течение оттепелей нередко наблюдается полный сход снежного покрова. При возвращении холодов увеличивается глубина промерзания почвы, что приводит к вымораживанию озимых культур, а при формировании ледяной корки – их выпреванию. Все последствия возможно избежать, повысив устойчивость агроэкосистем путем создания полноценного агролесомелиоративного каркаса, основанного на водосборном подходе к обустройству территории.

#### Литература:

1. Сажин А.Н., Кулик К.Н., Васильев Ю.И. Погода и климат Волгоградской области. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. 306 с.
2. Журавлев Г.Г. Динамика метелей Томской области в современный период // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 369. С. 181-187.
3. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 296 с.
4. Исаев А.А. Статистика в метеорологии и климатологии. М.: изд-во МГУ, 1988. 248 с.

5. Гутерман И.Г. Распределение ветра над северным полушарием. Л.: Гидрометеоздат, 1965. 246 с.

6. Pandey V. Climate variability, trends, projections and their impact on different crops: A case study of Gujarat, India // Journal of Agrometeorology. 2023. Vol. No. 25 (2). p. 224-238. DOI: 10.54386/jam.v25i2.2151

7. Барабанов А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 188 с.

8. Мирвис В.М., Гусева И.П. Изменения в режиме оттепелей на территории России // Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2007. №556. С. 101-115.

9. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 г. М.: Росгидромет, 2023. 104 с.

10. Титкова Т.Б., Черенкова Е.А., Семенов В.А. Региональные особенности изменения зимних экстремальных температур и осадков на территории России в 1970-2015 гг. // Лёд и Снег. 2018. Т. 58. № 4. С. 486-497. DOI: 10.15356/2076-6734-2018-4-486-497

11. Катцов В.М., Говоркова В.А. Ожидаемые изменения приземной температуры воздуха, осадков и годового стока на территории России в XXI веке: результаты расчетов с помощью ансамбля глобальных климатических моделей (CMIP5) // Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2013. №569. С. 75-97.

12. Селезнева А.В., Дедова И.С. Морфогенетический анализ эрозионного рельефа Волгоградского правобережья // Геоморфология. 2019. №4. С. 88-101. DOI: 10.31857/S0435-42812019488-101

13. Панов В.И. Ландшафтный лесной кластер в ландшафтно синергетическом-экологическом агроприродопользовании в засушливом степном поясе России // Научно-агрономический журнал. 2020. № 2 (109). С. 4-12. DOI: 10.34736/FNC.2020.109.2.001.4-12

14. Петелько А.И., Выпова А.В. Влияние стокорегулирующей лесной полосы комбинированной конструкции с низкорослым кустарником на эрозионно-гидрологические процессы // Земледелие. 2019. № 5. С. 3-7. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10501

15. Zhao Z., De Frenne P., Peñuelas J., Van Meerbeek K., Fornara D.A., Peng Y., Wu Q., Ni X., Wu F., Yue K. Effects of snow cover-induced microclimate warming on soil physicochemical and biotic properties // Geoderma. 2022. №423. DOI: 10.1016/j.geoderma.2022.115983

16. Ding B., Zhang Y., Yu X., Jia G., Wang Y., Zheng P., Li Z. Comparative study of seasonal freeze-thaw on soil water transport in farmland and its shelterbelt // Catena. 2023. №225. DOI: 10.1016/j.catena.2023.106982

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.004.30-35

## Features of the Cold Season Weather in the Volgograd Region

Anastasia V. Kulik✉, Cand. Sci. (Agr.), kulik-a@vfanc.ru, ORCID 0000-0001-8736-5464,

Senior Researcher of the Soil Erosion Protection Laboratory –

“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.** The analysis of multiannual meteorological information for the cold period (from November to March) was carried out. In the Volgograd Region, data from 17 meteorological stations were analyzed. It has been established that high-water winters have become more frequent over the past decade. The amount of precipitation prevailed over the average annual norm by more than 100 mm. It was revealed that their increase was due to the precipitation of rains during periods of thaw, the number of which began to increase. The average seasonal air temperature over the cold period has increased by 3.3°C in the north of the Region and by 2.9°C in the southeast over the past 60 years. It has been established that, on average, the total warming of winters occurs by 0.05°C per year. Against this background, the duration of the cold period is also shortened. Precipitation in the form of rains during winter together with periodic freezing of the soil surface increases the risk of erosion processes. For this reason, the need to create sustainable agroecosystems (especially on sloping lands) through the implementation of an agroforestry measures set increases. The blizzard activity is analyzed, which makes it possible to identify exposures of slopes from which the snow is blown away based on the construction of blizzard wind roses.

**Keywords:** cold season, air temperature, precipitation, snow, rain, snow cover

**Funding.** The work was carried out in accordance with the plan of the state task "Theoretical bases of erosion-hydrological process on watersheds, conceptual directions, ways and principles of creation of highly effective ecological systems of management of this process with the purpose of full prevention of soil erosion" (№ FNFE-2022-0012).

**Citation.** Kulik A.V. Features of the Cold Season Weather in the Volgograd Region. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):30-35. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.004.30-35

Received: 06.10.2023

Accepted: 07.12.2023

#### References:

1. Sazhin A.N., Kulik K.N., Vasilyev Yu.I. The weather and the climate of Volgograd region. Volgograd: VNIALMI Publ. house; 2010, 306 p. (In Russ.)
2. Zhuravlev G.G. Dynamics of blizzards in Tomsk region in the current period. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta = Tomsk State University Journal*. 2013;369:181-187. (In Russ.)
3. Kobysheva N.V., Narovlyanskij G.Ya. Climatological processing of meteorological information. L. "Gidrometeoizdat" Publ. house; 1978, 296 p. (In Russ.)

4. Isaev A.A. Statistics in meteorology and climatology. Moscow. MSU Publ. house; 1988, 248 p. (In Russ.)
5. Guterma I.G. Wind distribution over the northern hemisphere. L. "Gidrometeoizdat" Publ. house; 1965, 246 p. (In Russ.)
6. Pandey V. Climate variability, trends, projections and their impact on different crops: A case study of Gujarat, India. *Journal of Agrometeorology*. 2023;25(2):224-238. DOI: 10.54386/jam.v25i2.2151
7. Barabanov A.T. Erosion-hydrologic assessment of interaction between natural and anthropogenic factors of melt water surface runoff formation and adaptive-landscape farming. Volgograd. FSC of Agroecology RAS Publ. house; 2017, 188 p. (In Russ.)
8. Mirvis V.M., Guseva I. Changes of thaws regime over Russia. *Trudy glavnoj geofizicheskoy observatorii im. A.I. Voejkova = Proceedings of A.I. Voeikov main Geophysical Observatory*. 2007;556:101-115. (In Russ.)
9. A report on climate features on the territory of the Russian federation in 2022. M. "Rosgidromet" Publ. house; 2023, 104 p. (In Russ.)
10. Titkova T.B., Cherenkova E.A., Semenov V.A. Regional features of changes in winter extreme temperatures and precipitation in Russia in 1970-2015. *Lyd i Sneg = Ice and Snow*. 2018;58(4):486-497. (In Russ.) DOI: 10.15356/2076-6734-2018-4-486-497
11. Kattsov V.M., Govorkova V.A. Expected changes in surface air temperature, precipitation and annual runoff in Russia in the XXI century: results of Coupled Model Intercomparison Project 5 (CMIP5) calculations. *Trudy glavnoj geofizicheskoy observatorii im. A.I. Voejkova = Proceedings of A.I. Voeikov main Geophysical Observatory*. 2013;569:75-97. (In Russ.)
12. Selezneva A.V., Dedova I.S. Morphogenetic analysis of erosion topography the right Volga river bank (Volgograd Region, Russia). *Geomorfologiya = Geomorphology*. 2019;4:88-101. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0435-42812019488-101
13. Panov V.I. Landscape forest cluster in the landscape-synergetic ecological agro-nature management in the arid steppe zone of Russia. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2020;2(109):4-12. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2020.109.2.001.4-12
14. Petel'ko A.I., Vypova A.V. Influence of a flow regulating forest belt of combined construction with dwarf shrubbery on erosion-hydrological processes. *Zemledelie*. 2019;5:3-7. (In Russ.) DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10501
15. Zhao Z, De Frenne P, Peñuelas J, Van Meerbeek K, Fornara DA, Peng Y, Wu Q, Ni X, Wu F, Yue K. Effects of snow cover-induced microclimate warming on soil physicochemical and biotic properties. *Geoderma*; 2022, 423 p. DOI: 10.1016/j.geoderma.2022.115983
16. Ding B, Zhang Y, Yu X, Jia G, Wang Y, Zheng P, Li Z. Comparative study of seasonal freeze-thaw on soil water transport in farmland and its shelterbelt. *Catena*; 2023, 225 p. DOI: 10.1016/j.catena.2023.106982

**Авторский вклад.** Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

**Conflict of interest.** Author declare no conflict of interest.

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

УДК 630.182

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.005.36-40

## Биоразнообразие и анализ ресурсов живого напочвенного покрова в результате постагрогенной сукцессии

Сергей Геннадьевич Парамонов✉, e-mail: sergei.paramonov@pharminnotech.com, к.б.н.,  
ORCID 0000-0003-3016-9010.

Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет Министерства  
здравоохранения Российской Федерации, e-mail: rectorat.main@pharminnotech.com,  
197022, ул. Профессора Попова, д. 14, лит. А, г. Санкт-Петербург

**Аннотация.** В работе рассматривается проблема использования заброшенных сельскохозяйственных земель и постагрогенная сукцессия на них. В исследуемом регионе, Псковская область, значительная часть сельскохозяйственных земель находится в заброшенном состоянии. С целью определения ресурсных возможностей экосистем произведено полевое описание видового разнообразия живого напочвенного покрова на образовавшихся за период более 20 лет биоценозах. Оценивались ресурсные возможности постагрогенных экосистем с точки зрения нектаропродуктивности медоносной растительности и лекарственного растительного сырья. Приведен список видов на постагрогенных землях, выделены виды медоносов и лекарственного растительного сырья на основании Государственной фармакопеи Российской Федерации. Установлено, что вне зависимости от направления сукцессии на исследуемых объектах имеются как лекарственные растения, так и медоносные. Произведена оценка медоносного потенциала, который зависит от двух факторов: процента освещенности на объекте и видового разнообразия. При этом со временем потенциальная нектаропродуктивность живого напочвенного покрова снижается или в связи с уменьшением освещенности в результате зарастания, или в связи с его возрастающим биоразнообразием, результатом которого является снижение проективного покрытия отдельных видов медоносов.

**Ключевые слова:** постагрогенная сукцессия, живой напочвенный покров, медоносы, лекарственное растительное сырье.

**Цитирование.** Парамонов С.Г. Биоразнообразие и анализ ресурсов живого напочвенного покрова в результате постагрогенной сукцессии // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 36-40. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.005.36-40

Поступила в редакцию: 17.11.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** В Северо-Западном регионе значительная часть сельскохозяйственных земель находится в заброшенном состоянии. По данным Федеральной службы государственной статистики (*Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года: В 8 т./Федеральная служба гос. статистики. Т. 3: Земельные ресурсы и их использовании. М.: ИИЦ «Статистика России», 2018. 307 с.*) в Северо-Западном федеральном округе под залежами (земельный участок, который ранее использовался под пашню и более одного года не использовался под посеvy сельскохозяйственных культур, и не подготовлен под пар) находится 755,5 тысяч гектаров, что составляет 24,7% от всех сельскохозяйственных земель региона. Для исследуемого региона, Псковской области, этот показатель еще выше и составляет 38,6% сельскохозяйственных земель.

Проблема постагрогенных сукцессий рассматривается рядом авторов с различных позиций: описание сукцессий [4; 8; 11] и почвенных трансформаций [1; 2; 9], применения в лесном хозяйстве [6] и вовлечения в оборот [5], и другие. Приводятся юридические аспекты данного явления [3]. В прилегающей к региону исследования Эстонии [12], Латвии [13] наблюдаются аналогичные проблемы.

Изучив видовой состав живого напочвенного покрова можно оценить возможность использования экосистем, образовавшихся на заброшенных сельскохозяйственных землях на разных стадиях постагрогенной сукцессии.

Цель исследования – определить возможные направления использования недревесной продукции постагрогенных экосистем.

**Материалы и методы.** Местоположение объектов: Псковская область, Плюсский район, территория бывшего совхоза, в последствии ЗАО, «Ляды», расположенная рядом с деревнями Пелешок, Глебова горка, Лядинки. В июле 2022 года проведено ботаническое описание [10] видов живого напочвенного покрова методом круговых площадок (Грязькин А.В. *Способ учета подроста. Патент RU 94 022 328 A1, 10.01.1996*). Учитывался % проективного покрытия каждого вида на площадке. Ходы выбирались в направлении наиболее характерных парцелл исследуемых объектов. Для оценки влияния древесного полога люксметром производился одновременный замер освещенности на площадках и на открытой местности. Состав древостоя оценивался методами глазомерной таксации.

Были выбраны два возможных направления использования видового разнообразия как не тре-

бующие преобразования данных экосистем: медоносный потенциал и разнообразие лекарственных растений. Медоносный потенциал вида оценивался по справочным данным Клименковой Е.Т. и др. [7]. Виды лекарственных растений выбирались на основании действующих статей Государственной фармакопеи Российской Федерации (*Государственная фармакопея Российской Федерации XIV издание. М., 2018*).

**Результаты и обсуждения.** Были обследованы 6 заброшенных сельскохозяйственных полей разной степени зарастания древесной растительностью.

Краткое описание объектов:

№ 1 (пашня), заброшен в 2001 году, последний посев – люпин. Куртины древесной растительности, состав древостоя 77Б21С10лс1Ивк. Средняя освещенность 87,4%.

№ 2 (пашня), заброшен в 1998 году, последний

посев – рожь. Состав древостоя 91Б90лс. Средняя освещенность 11,2%.

№ 3 (пастбище), заброшен более 30 лет. Куртины древесной растительности, состав древостоя 70Б19С80лс3Ивк. Средняя освещенность 96,3 %.

№ 4 (пашня), заброшен до 1995 года. Куртины древесной растительности, состав древостоя 32Б28С240с16Ивк. Средняя освещенность 91,7%.

№ 5 (пашня), заброшен в 1998 году. Куртины древесной растительности, состав 91С7Б20с. Средняя освещенность 78,5%.

№ 6 (пашня), заброшен в 1995. Древостой состав 86Б11С3Е. Средняя освещенность 9%.

Всего на объектах исследования определено 46 видов растений (таблица 1). Из них 10 относятся к лекарственным и входят в Государственную фармакопею. 23 вида относятся к медоносным растениям с различными показателями нектаропродуктивности.

Таблица 1. Виды живого напочвенного покрова в постагрогенных экосистемах лекарственного и медоносного значения

Виды	Лекарственное Фармакопейная статья	Медоносная потенциальная нектаропродуктивность сплошного покрова средняя (рамочная) по Клименковой Е.Т.
1	2	3
Пырей ползучий <i>Elytrigia répens</i>		
Тимофеевка луговая <i>Phleum pratense</i>		
Лисохвост луговой <i>Alopecúrus praténsis</i>		
Мятлик луговой <i>Poa praténsis</i>		
Купырь лесной <i>Anthriscus sylvéstris</i>		25
Сныть обыкновенная <i>Aegopódium podagrária</i>		160 (88–188)
Дудник лесной <i>Angélica sylvestris</i>		80
Кипрей узколистный <i>Chamaenérion angustifolium</i>		350 (0.2–573)
Герань лесная <i>Geránium sylváticum</i>		30 (15–67)
Горошек мышиный <i>Vícia crácca</i>		70
Люпин многолистный <i>Lupínus polyphýllus</i>		(50–70)
Клевер луговой <i>Trifolium praténse</i>		(115–123)
Чина лесная <i>Láthyrus sylvéstris</i>		+
Зверобой продырявленный <i>Hypéricum perforátum</i>	ФС.2.5.0015.15	47
Вербейник обыкновенный <i>Lysimáchia vulgáris</i>		
Малина <i>Rúbus idáeus</i>		100
Земляника лесная <i>Fragária véscá</i>	ФС.2.5.0016.15	13
Таволга вязолистная <i>Filipéndula ulmária</i>		38
Гравилат речной <i>Géum rivále</i>		255
Лапчатка прямостоячая <i>Potentilla érécá</i>	ФС.2.5.0023.15	
Крапива двудомная <i>Urtíca díóica</i>	ФС.2.5.0019.15	
Марьяник дубравный <i>Melampýrum nemorósum</i>		55
Полынь обыкновенная <i>Artemísia vulgáris</i>	ФС.2.5.0033.15	

1	2	3
Звездчатка средняя <i>Stellaria média</i>		58
Звездчатка длиннолистная <i>Stellaria longifolia</i>		19
Звездчатка злаковая <i>Stellaria graminea</i>		
Копытень европейский <i>Asarum europaeum</i>		
Василек луговой <i>Centaurea jacea</i>		(107–194)
Ромашка аптечная <i>Matricaria chamomilla</i>	ФС.2.5.0037.15	
Кульбаба осенняя <i>Scorzoneroidea autumnalis</i>		90
Ястребинка <i>Hieracium</i>		13
Тысячелистник обыкновенный <i>Achillea millefolium</i>	ФС.2.5.0101.18	24
Нивяник обыкновенный <i>Leucanthemum vulgare</i>		
Бодяк полевой <i>Cirsium arvense</i>		(75–185)
Ястребинка обыкновенная <i>Pilosella officinarum</i>		
Сивец луговой <i>Succisa pratensis</i>		84 (75–100)
Колокольчик раскидистый <i>Campanula patula</i>		6
Подорожник большой <i>Plantago major</i>	ФС.2.5.0032.15	
Щавель конский <i>Rumex confertus</i>	ФС.2.5.0052.15	
Яснотка белая <i>Lamium album</i>		+
Яснотка пурпурная <i>Lamium purpureum</i>		56
Кислица обыкновенная <i>Oxalis acetosella</i>		
Грушанка круглолистная <i>Pyrula rotundifolia</i>		
Папоротник <i>Polypodiophyta</i>	ФС.2.5.0089.18	
Плаун <i>Lycopodium clavatum</i>		
Хвощ <i>Equisetum</i>	ФС.2.5.0045.15	

Таблица 2. Соотношение видового разнообразия, потенциальной нектаропродуктивности, освещенности и длительности постагрогенной сукцессии на объектах

	Номера объектов					
	1	2	3	4	5	6
Видовое разнообразие, ед.	15	16	26	20	17	19
Потенциальная медовая продуктивность, кг/га	148,9	18,9	50,6	65,9	143,4	4,3
Освещенность, %	87,4	11,2	96,3	91,7	78,5	9
Длительность постагрогенной сукцессии, лет	22	25	30	28	25	28

Наибольший медоносный потенциал у кипрея, сныти, бодяка, сивца, василька, малины и гравилата. Однако только некоторые из них (кипрей, сныть, малина, василек) представлены достаточным проективным покрытием, чтобы давать значимую нектаропродуктивность.

На объектах имеется от 3 до 5 видов лекарственных растений с проективным покрытием от 1 до 26% на учетной площадке. Так как экологические требования у разных видов лекарственных растений различаются, приводим только описательные данные и общий рост биоразнообразия в зависимости от длительности постагрогенной сукцессии. Потенциальная продуктивность нектара экосис-

темами зависит от двух факторов: освещенности и видового разнообразия (таблица 2). При высокой освещенности – большее проективное покрытие видов медоносов, однако при большем биоразнообразии видов живого напочвенного покрова на медоносные виды приходится меньший % проективного покрытия, и потенциальная медопродуктивность снижается. При этом длительность постагрогенной сукцессии с момента последнего использования прямо коррелирует с количеством представленных в экосистеме видов ( $r = 0,899$ ) и имеет обратную корреляцию с потенциальной нектаропродуктивностью ( $r = -0,632$ ).



Рисунок 1. Объект №3, минимальное зарастание древесной растительностью



Рисунок 2. Объект №6, максимальное зарастание древесной растительностью

**Выводы.** Постагрогенные экосистемы являются источником ценных видов лекарственного растительного сырья для фармацевтической деятельности и нектара для пчеловодства.

Независимо от направления постагрогенной сукцессии на заброшенных сельскохозяйственных землях имеется несколько видов (от 3 до 5 видов на исследуемых объектах) лекарственных растений и медоносов.

Постагрогенные сукцессии на ранних этапах зарастания и связанные с длительным отсутствием древесного полога имеют значительный медоносный потенциал (около 148,9 кг/га на исследуемых объектах). При этом в дальнейшем, с увеличением биоразнообразия, медоносный потенциал снижается.

На объектах с максимальным влиянием древесного полога медоносная продуктивность снижается (до 4,3 кг/га).

#### Литература:

1. Вайман А.А., Зайцев Д.А., Иванов А.А., Данилов Д.А. Трансформации в почвенном комплексе в ходе сукцессионных процессов на постагрогенных землях / Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы VII Всероссийской научно-технической конференции Санкт-Петербург, 25–27 мая 2022 года. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова. 2022. С. 82-84.
2. Владыченский А.С., Телеснина В.М., Чалая Т.А. Влияние растительного опада на химические свойства и биологическую активность постагрогенных почв южной тайги // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2012. №1. С. 3-10.
3. Грязькин А.В., Парамонов С.Г. Проблемы использования заброшенных сельскохозяйственных земель // Юридические проблемы землепользования. – СПб.: Изд-во университета МВД, 2007. С. 83-87.
4. Данилов Д.А., Шестаков В.И., Шестакова Т.А., Эндерс О.О. Сукцессионные стадии восстановления древесной

растительности на постагрогенных землях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии № 33. 2020. С. 60-80. – <http://www.doi.org/10.21266/2079-4304.2020.233.60-80>

5. Джабраилова Б.С. Возможности вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель в регионах СЗФО // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 56-66. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66.

6. Жигунов А.В., Данилов Д.А., Неверовский В.Ю., Эндерс О.О. Посадочный материал для создания древесных насаждений на постагрогенных землях // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2016. №44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/posadochnyy-material-dlya-sozdaniya-drevesnyh-nasazhdeniy-na-postagrogennyh-zemlyah> (дата обращения: 17.11.2023).

7. Клименкова Е.Т., Кушнир Л.Г., Бачило А.И. Медоносы и медосбор. – Минск: Ураджай, 1981. 280 с.

8. Ковалева В.А., Хабибуллина Ф.М., Арчегова И.Б., Панюков А.Н. Характеристика биоты постагрогенной экосистемы в тундровой зоне // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2014. №3 (19). С. 70-74.

9. Овчинникова М.Ф., Перова И.А., Карева О.В., Макаров О.А. Изменение свойств дерново-подзолистой почвы в постагрогенный период // Агрохимический вестник. 2013. №1. С. 2-5.

10. Тиходеева М.Ю., Лебедева В.Х. Практическая геоботаника (анализ состава растительных сообществ). – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2015. 166 с.

11. Юровских Е.В., Магасумова А.Г. Живой напочвенный покров на бывших сельскохозяйственных угодьях // Аграрный вестник Урала. 2017. № 09 (163). С. 71-76.

12. Tullus, T., Tullus, A., Roosalu, E. et al. Understorey vegetation in young naturally regenerated and planted birch (*Betula* spp.) stands on abandoned agricultural land. *New Forests*. 2013; 44:591-611. DOI: 10.1007/s11056-013-9365-9

13. Ruskule A, Nikodemus O, Kasparinska Z, Kasparinskis R, Brūmelis G. Patterns of afforestation on abandoned agriculture land in Latvia. *Agroforestry Systems*. 2012;85(2):215-231. DOI: 10.1007/s10457-012-9495-7



## Biodiversity and Living Ground Cover Resources Analysis As a Result of Postagrogenic Succession

Sergey G. Paramonov✉, sergei.paramonov@pharminnotech.com, Cand. Sci. (Biol.),

ORCID 0000-0003-3016-9010 associate professor of the department of industrial ecology, St. Petersburg Chemical and Pharmaceutical University of the Ministry of Health of Russia, e-mail: rectorat.main@pharminnotech.com, 197022, Professor Popov str., 14a, Saint Petersburg

**Abstract.** The paper considers the problem of the use of abandoned agricultural lands and post-agrogenic succession on them. In the studied region (Pskov Region), a significant part of the agricultural land is abandoned. Field description of the living ground cover species diversity on biocenoses formed over a period of more than 20 years has been carried out in order to determine the ecosystems resource capabilities. The resource capabilities of postagrogenic ecosystems were evaluated in terms of nectar productivity of the honey-bearing vegetation and medicinal plant raw materials. A list of species on postagrogenic lands is given, species of honey plants and medicinal plant raw materials are identified on the basis of the State Pharmacopoeia of the Russian Federation. It has been established that both medicinal plants and honey plants are available at the studied sites regardless of the succession direction. The assessment of honey-bearing potential, which depends on two factors: the percentage of illumination at the site and species diversity has been made. At the same time, the potential nectar productivity of living ground cover decreases over time either due to a decrease in illumination as a result of overgrowth, or due to its increasing biodiversity, which results in a decrease in the certain species of honey plants projective coverage.

**Keywords:** postagrogenic succession, living ground cover, honey plants, medicinal plant matter

**Citation.** Paramonov S.G. Biodiversity and Living Ground Cover Resources Analysis As a Result of Postagrogenic Succession. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):36-40. DOI:10.34736/FNC.2023.123.4.005.36-40

Received: 17.11.2023

Accepted: 07.12.2023

### References:

1. Vajman A.A., Zajcev D.A., Ivanov A.A., Danilov D.A. Transformations in the soil complex during successional processes on postagrogenic lands. *Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie: materials of the VII All-Russian Scientific and Technical Conference*, St. Petersburg, May 25-27, 2022. St. Petersburg State Forestry Engineering University named after S.M. Kirov Publ. house; 2022, pp. 82-84. (In Russ.)
2. Vladychenskij A.S., Telesnina V.M., Chalaya T.A. The effect of plant litter on the chemical properties and biological activity of the southern taiga postagrogenic soils. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedenie = Moscow University Bulletin. Series 17. Soil Science*. 2012;1:3-10. (In Russ.)

3. Gryaz'kin A.V., Paramonov S.G. Problems of abandoned agricultural land using. *Yuridicheskie problemy zemlepol'zovaniya*. Saint Petersburg. Kikot Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia Publ. house; 2007, pp. 83-87. (In Russ.)

4. Danilov D.A., Spetakov V.I., Spetakova T.A., Enders O.O. Successional stages of woody vegetation restoration on postagrogenic lands in the Leningrad Region. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2020;33:60-80. (In Russ.) DOI: 10.21266/2079-4304.2020.233.60-80

5. Dzhabrailova B.S. Opportunities for the involvement of unused agricultural land in the Northwestern Federal District regions. *Agrarnyj vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021;11(214):56-66. (In Russ.) DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66

6. Zhigunov A.V., Danilov D.A., Neverovskij V.Yu., Enders O.O. Planting material for the creation of tree plantations on post-agrogenic lands. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*; 2016, 44 p. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/posadochnyy-material-dlya-sozdaniya-drevesnyh-nasazhdeniy-na-postagrogennyh-zemlyah> (access date: 17.11.2023).

7. Klimentkova E.T., Kushnir L.G., Bachilo A.I. Honey plants and honey harvest. Minsk. «Uradzhaj» Publ. house; 1981, 280 p. (In Russ.)

8. Kovaleva V.A., Habibullina F.M., Archegova I.B., Panyukov A.N. Postagrogenic ecosystem biota characteristics in the tundra zone. *Izvestiya Komi NC UrO RAN Publishing*. 2014;3(19):70-74. (In Russ.)

9. Ovchinnikova M.F., Perova I.A., Kareva O.V., Makarov O.A. Changes in the sod-podzolic soil properties in the postagrogenic period. *Agrohimicheskij vestnik = Agrochemical Herald*. 2013;1:2-5. (In Russ.)

10. Tihodeeva M.Yu., Lebedeva V.H. Practical geobotany (plant communities composition analysis). Saint Petersburg. St Petersburg universty Publ. house; 2015, 166 p. (In Russ.)

11. Yurovskih E.V., Magasumova A.G. Living ground cover on former agricultural land. *Agrarnyj vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2017;09(163):71-76. (In Russ.)

12. Tullus T., Tullus A., Roosaluuste E. et al. Understorey vegetation in young naturally regenerated and planted birch (*Betula* spp.) stands on abandoned agricultural land. *New Forests*. 2013;44:591-611. DOI:10.1007/s11056-013-9365-9

13. Ruskule A., Nikodemus O., Kasparinska Z, Kasparinskis R, Brūmelis G. Patterns of afforestation on abandoned agriculture land in Latvia. *Agroforestry Systems*. 2012;85(2):215-231. DOI: 10.1007/s10457-012-9495-7

**Авторский вклад.** Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

**Conflict of interest.** Author declare no conflict of interest.

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

УДК 631.47

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.006.41-45

## Анализ пространственного распределения сорных понижений в Северном Прикаспии

Асель Нурлановна Берденгалиева✉, м.н.с., berdengalieva-an@vfanc.ru, ORCID: 0000-0002-5252-7133

Валерия Витальевна Дорошенко, м.н.с., ORCID: 0000-0003-3253-1132

Алина Владимировна Мелихова, ORCID: 0000-0001-6133-9217

«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, Россия

**Аннотация.** Статья касается проблемы учета засоленных земель. Целью исследования являлось геоинформационное картографирование сорных понижений на территории Республики Калмыкия, северо-востока Ставропольского края, юга Астраханской области, севера Республики Дагестан. Новизна исследования обусловлена включением в исследуемую территорию Астраханского Заволжья, т.к. большинство исследований затрагивают только правый берег р. Волги. Для картографирования сорных понижений использовались спектрально-аналитические материалы дистанционного зондирования Земли (снимки спутника «Sentinel») с пространственным разрешением 10 м) в естественных цветах, уточнение границ сорных понижений и дифференциация от массивов открытых песков проводилось по снимкам в комбинации каналов, включающей ИК-диапазон. Всего по результатам визуального дешифрирования выделено 23 тыс. объектов общей площадью 249,5 тыс. га, из них 77% имеют площадь до 10 га, при этом занимая всего 10% от общей площади. Наиболее крупные объекты являются полностью пересохшими солеными озерами, ранее включавшимися в преобладающие в регионе озерные группы (Маньчские, Сарпинские озера, Западные подступные ильмени). Приведено распределение сорных понижений по территории субъектов РФ, входящих в зону исследования. Данные, полученные путем камерального дешифрирования материалов дистанционного зондирования, верифицированы путем натурных обследований в 2022 и 2023 гг. Уточнение площадей засоленных участков необходимо при различных видах работ (мелиоративных мероприятий, оценке площади опустынивания, геоморфологических исследованиях).

**Ключевые слова:** соры, сорные понижения, Прикаспийская низменность, геоинформационный анализ, дистанционное зондирование, ГИС-технологии.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР № 122020100405-9 «Картографическое моделирование состояния, функционирования и динамики процессов опустынивания территорий с применением информационных технологий».

**Цитирование.** Берденгалиева А.Н., Дорошенко В.В., Мелихова А.В. Анализ пространственного распределения сорных понижений в Северном Прикаспии // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 41-45. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.006.41-45

Поступила в редакцию: 14.09.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** Большое значение при анализе развития процессов опустынивания имеет учет засоленных территорий. На Прикаспийской низменности в последние годы наблюдается интенсификация процессов опустынивания [4; 12; 14]. При этом получение достоверных данных о распространении засоленных участков и массивов открытых песков с использованием данных дистанционного зондирования Земли среднего и низкого пространственного разрешения осложнено схожими спектральными характеристиками открытых песков и сорных понижений [2; 15; 16].

Сорное понижение (сор) – бессточное замкнутое понижение, лишенное или почти лишенное растительного покрова, дно которого покрыто солевой коркой [10; 11].

Новизна исследования заключается в том, что проведенные ранее нами и другими авторами исследования учитывают засоление на правом бе-

регу р. Волги, нами же привлечены данные о пространственном положении сорных понижений в Заволжье, что позволяет оценивать особенности пространственных характеристик сорных понижений в зависимости от подстилающей поверхности [1; 2].

Цель исследования заключалась в картографировании пространственного распределения сорных понижений на территории Прикаспийской низменности, включая Астраханское Заволжье.

**Материалы и методы.** Территория исследования административно охватывает Республику Калмыкия, северо-восток Ставропольского края (Арзгирский, Левокумский, Нефтекумский районы), север Республики Дагестан (Ногайский район), южную часть Астраханской области (Енотаевский, Наримановский, Лиманский, Икрянинский районы на правом берегу р. Волги, Харабалинский, Красноярский районы в Заволжье). Географически зона исследования принадлежит к Прикаспийской

низменности. В связи с равнинным типом местности и засоленностью почв на Прикаспийской низменности распространено большое количество соленых и солоноватых озер – Сарпинские озера (Республика Калмыкия, Сарпинская ложбина), Манычские озера (Кумо-Манычская впадина, территория Ставропольского края и Республики Калмыкия), Западные подстепные ильмени (Астраханская область) [13]. Как правило, такие озера имеют плоское дно и небольшую глубину (до 2-3 м), поэтому в ряде случаев могут ошибочно дешифрироваться как соровые понижения. Также на территории исследования распространено орошаемое земледелие, в связи с чем наблюдается формирование искусственных водоемов вблизи ирригационных каналов [8]. Прикаспийская низменность неоднократно подвергалась затоплению водами Каспийского моря, в связи с чем засоление почв имеет широкое распространение [6; 7].

Картографирование соровых понижений проводилось визуальным способом с использованием

материалов космической съемки «Sentinel» (пространственное разрешение 10 м) в естественных цветах и с использованием ИК-канала для более точной дифференциации границ и отделения соровых понижений от пересыхающих соленых водоемов (рис. 1) [1; 2]. Наибольший контраст между сорами, открытыми песками и растительностью наблюдается в красном диапазоне спектра (650-700 нм) [5]. При визуальном дешифрировании наибольшее значение имеет холодный оттенок соровых понижений, позволяющий отличить их от песков, а также четкие границы, нехарактерные для песчаных массивов. С учетом сроков вегетации различных галофитов, которые могут произрастать на окраинах соровых понижений, для дешифрирования были выбраны спутниковые снимки за август 2022 г.

Обработка растровых материалов дистанционного зондирования, создание и редактирование векторных файлов и итоговых картографических материалов проводилось в ГИС «QGIS».

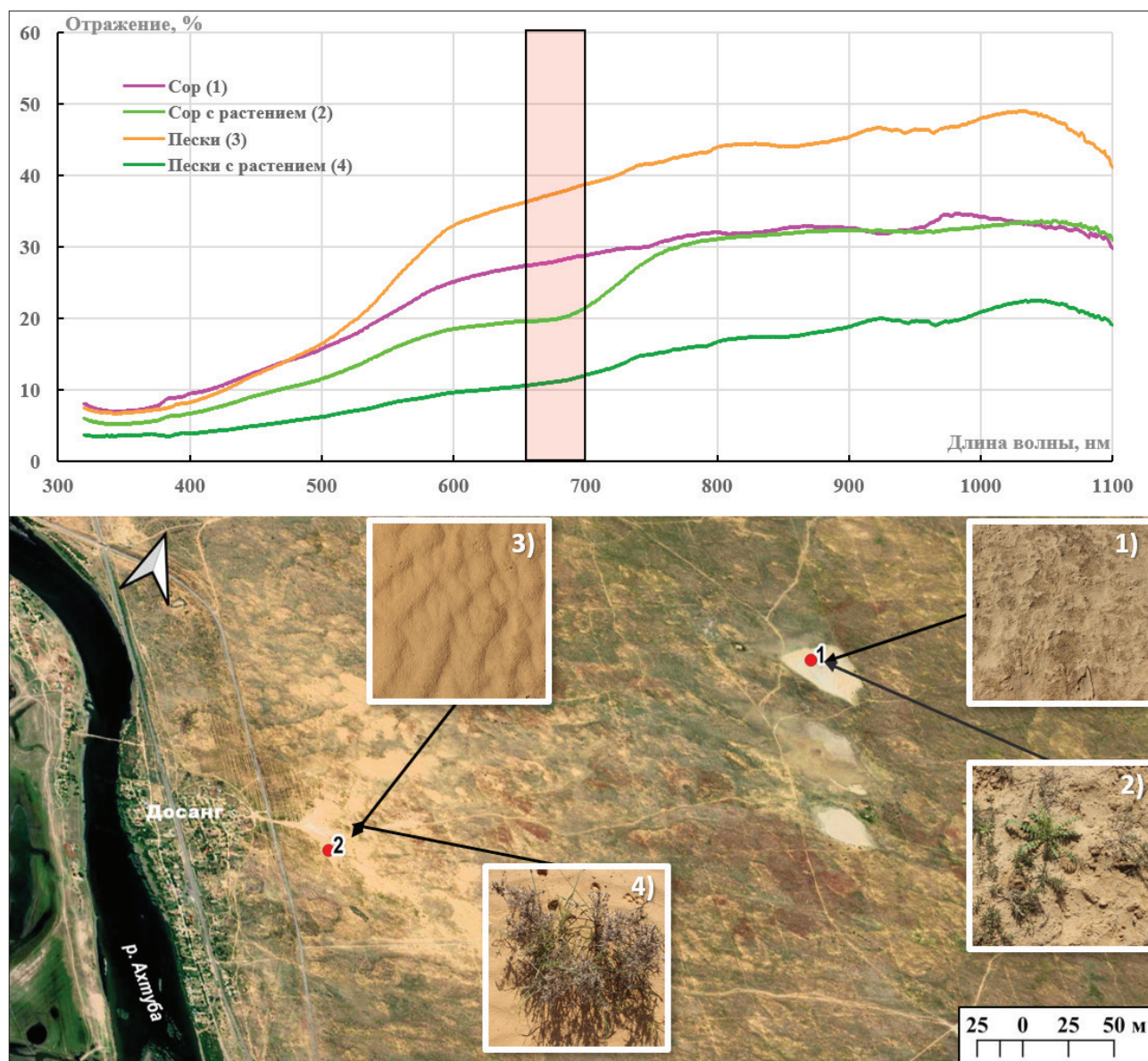


Рисунок 1. Спектрально-отражательные свойства соров и открытых песков

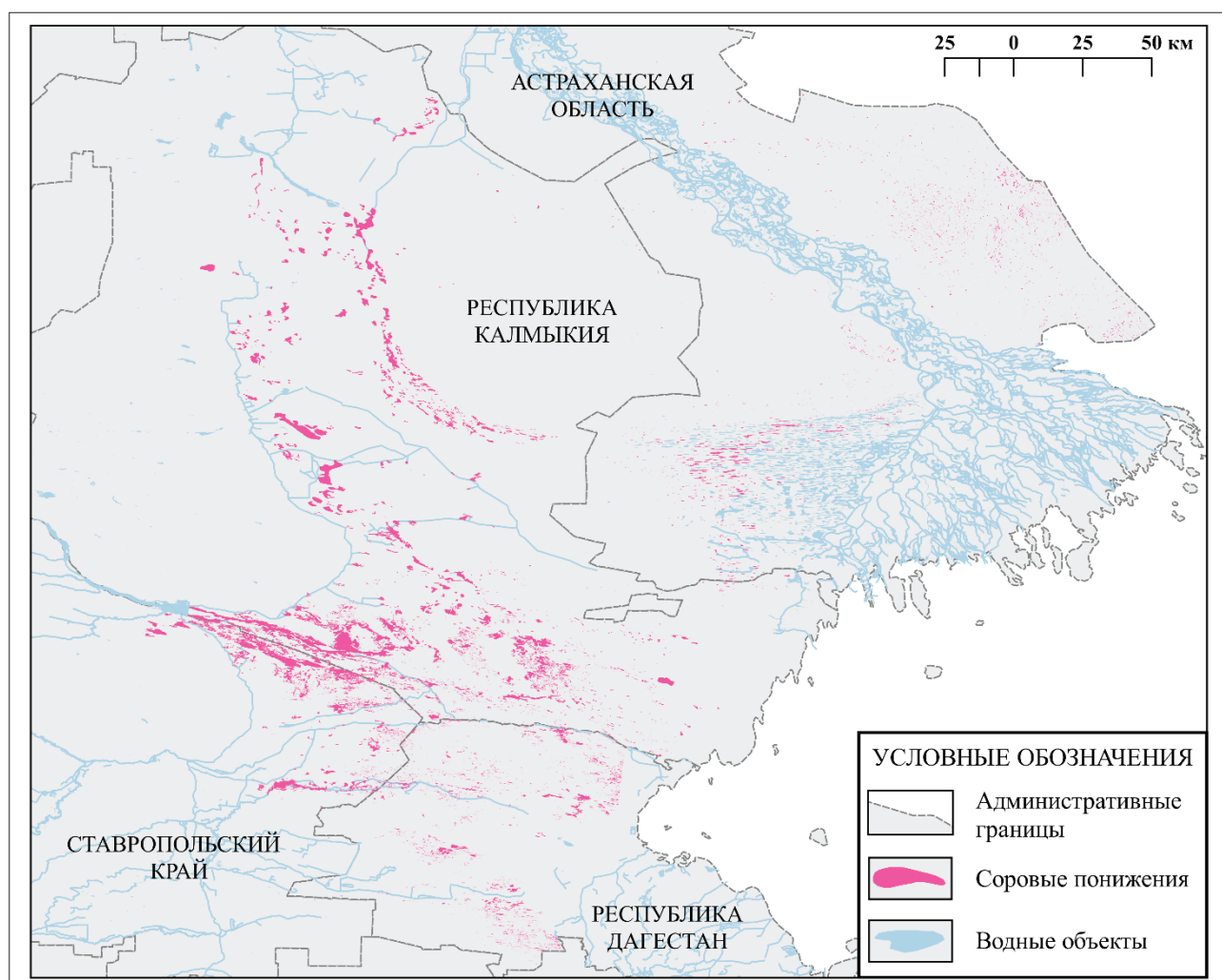


Рисунок 2. Пространственное распределение соровых понижений в Прикаспийской низменности

Таблица 1. Пространственное распределение соров (по административным субъектам РФ)

Субъект РФ	Республика Дагестан	Республика Калмыкия	Ставропольский край	Астраханская область
Площадь, тыс. га	23,2	155,9	47,5	22,7
Количество объектов	7 765	4 788	5 672	4 830
Средняя площадь, га	2,9	32,5	8,4	4,7

Полевая верификация результатов дешифрирования проводилась в рамках экспедиций в Ставропольский край, Республику Калмыкия, Астраханскую область в 2022 и 2023 г.

Результаты и обсуждение. По результатам картографирования на территории исследования выявлено 23 055 соровых понижений общей площадью 249,5 тыс. га (рис. 2).

Наибольшую площадь имеют соровые понижения, являющиеся полностью пересохшими солеными озерами (из группы Манычских, Сарпинских озер или Западных подстепных ильменей) [1; 2]. Количественно преобладают мелкие соры с площадью до 10 га (21 тыс. объектов, 77 % от общего количества), при этом их площадь составляет 26 537 га (10,6 % от общей площади). Наличие пересохших соленых озер значительно влияет на

среднюю площадь соровых понижений (табл. 1), которая позволяет косвенно судить о бугристости равнинного рельефа. Примером может служить Астраханская область – на правом берегу благодаря влиянию Западных подстепных ильменей средняя площадь составляет 11,3 га, тогда как в Заволжье – 2,4 га. Также концентрация соровых понижений вдоль Сарпинской ложбины, являющейся древним руслом р. Волги, свидетельствует о том, что подобное распределение может быть использовано в качестве косвенного дешифровочного признака в геоморфологических исследованиях.

Согласно полученным в ходе экспедиционных выездов (Ставропольский край и Республика Калмыкия в 2022 г., Астраханская область в 2023 г.) полевым данным, результаты дешифрирования показывают достаточную достоверность; приме-

нение данной методики обеспечивает получение заслуживающих доверия результатов.

**Выводы.** Общая площадь соров на исследуемой части Прикаспийской низменности (Республика Калмыкия, северо-восток Ставропольского края, север Республики Дагестан, южная часть Астраханской области) составляет 249,5 тыс. га. Пространственное распределение соров на равнинной местности зависит от характера бугристости территории и условий увлажнения в прошлом, например, наличия древних русел и пересохших озер. Полевые данные подтверждают результаты камерального визуального дешифрирования материалов ДЗЗ. Полученные данные позволяют достоверно оценивать площади засоления, что может быть использовано в исследованиях по оценке развития процессов опустынивания, при планировании мелиоративных и сельскохозяйственных работ и т.д. Результаты исследования могут быть использованы как в дальнейшем изучении засоленности зоны исследования, так и для уточнения результатов дешифрирования материалов космической съемки при исследовании динамики опустынивания.

#### Литература:

1. Берденгалиева А.Н., Шинкаренко С.С., Выприцкий А.А. Геоинформационное картографирование соровых понижений в Северо-Западном Прикаспии // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Т. 28. № 1. С. 359-367. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-359-367
2. Берденгалиева А.Н., Дорошенко В.В. Пространственное распределение соровых понижений на юге европейской России по данным дистанционного зондирования // Научно-агрономический журнал. 2022. № 4(119). С. 6-11. DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.001.06-11
3. Горяев И.А. О галофитной растительности на Прикаспийской низменности в Калмыкии // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2019. № 1(38). С. 43-45. DOI: 10.24411/2071-7830-2019-10011
4. Дорошенко В.В. Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3(118). С. 31-36. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.004.31-36 EDN: UXZDWO
5. Дорошенко В.В., Мелихова А.В. Оценка проявлений опустынивания в Астраханском Заволжье по данным

ДЗЗ // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2(70). С. 239-246. DOI: 10.32786/2071-2023-02-27

6. Идрисов И.А. Формирование и природная динамика почвенного покрова Прикаспийской низменности // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 332-335.

7. Казеев К.Ш., Кузнецова Ю.С. Эколого-биологические особенности аридных почв Прикаспийской низменности // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2010. № 5(159). С. 83-85.

8. Кравченко Е.И., Хитров Н.Б., Горохова И.Н. Распределение засоления орошаемых почв в районе Сарпинской ложбины Прикаспийской низменности // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2021. № 106. С. 5-48. DOI: 10.19047/0136-1694-2021-106-5-48

9. Кулик К.Н. Агроресомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. 247 с.

10. Пищулов С.А. Комплексная характеристика соровых понижений Северо-Западного Прикаспия (на примере Астраханской области) // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 2(24). С. 123-126.

11. Пищулов С.А. Соры как формы аридного рельефа // Геоморфология. 2013. № 3. С. 89-96.

12. Шинкаренко С.С., Баргалева С.А., Берденгалиева А.Н., Дорошенко В.В. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге Европейской России в 2019-2022 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 5. С. 319-327. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327

13. Юфев В.Г., Мелихова А.В., Балынова В.В. Геоинформационный анализ рельефа Кумо-Маньчской впадины // Природные системы и ресурсы. 2022. Т. 12. № 2. С. 67-76. DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.9

14. Kulik K.N., Rulev A.S., Yuferev V.G. Geoinformation analysis of desertification dynamics in the territory of Astrakhan oblast. Arid Ecosystems. 2015. Vol. 5. 3. P. 134-141. DOI: 10.1134/S2079096115030087

15. Zolotokrylin A. N., Titkova T. B. A new approach to the monitoring of desertification centers. Arid Ecosystems. 2011. Vol. 1. 3. P. 125-130. DOI: 10.1134/S2079096111030127

16. Yuferev V. G., Tkachenko N. A., Sinelnikova K. P. Spectral Characteristics of Desertified Black-Earth Pastures. Arid Ecosystems. 2022. Vol. 12. 1. P. 54-60. DOI: 10.1134/S2079096122010152

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.006.41-45

## Sor Depressions Spatial Distribution Analysis in the Northern Near-Caspian Region

Asel N. Berdengalieva ✉, berdengalieva-an@vfanc.ru, Junior Researcher ORCID: 0000-0002-5252-7133

Valeria V. Doroshenko, Junior Researcher, ORCID: 0000-0003-3253-1132

Alina V. Melihova, ORCID: 0000-0001-6133-9217

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

**Abstract.** The article deals with the problem of accounting for saline lands. The purpose of the study was sors geoinformation mapping on the Republic of Kalmykia territory, the north-east of the Stavropol

Region, the south of the Astrakhan Region, and on the north of the Republic of Dagestan. The novelty of the study is due to the inclusion of the Astrakhan Trans-Volga region in the study area, since most studies

affect only the right bank of the Volga River. To map the sor depressions were used following methods. Spectrozonally materials of the Earth remote sensing (images of the «Sentinel» satellite with a spatial resolution of 10 m) in natural colors were used as well as the sor depressions boundaries clarification and differentiation from open sand massifs was carried out using images in a combination of channels including the IR range. 23 thousand objects with a total area of 249.5 thousand hectares, of which 77% have an area of up to 10 hectares, while occupying only 10% of the total area were allocated in total, according to the results of visual decryption. The largest objects are completely dried up salt lakes, which were previously included in the lake groups prevailing in the region (Manychskiye and Sarpinskiye lakes, Western sub-steppe ilmen lakes). The sor depressions distribution across the territory of the Russian Federation Regions included in the study area is given. The data obtained by in-house decryption of remote sensing materials were verified by field surveys in 2022 and 2023. Clarification of the saline sites areas is necessary for various types of work (land reclamation measures, desertification area assessment, geomorphological studies).

**Keywords:** sors, sor depressions, Caspian lowland, geoinformation analysis, remote sensing, GIS technologies

**Funding.** This work was carried out within the framework of the state task of research in the FSC of Agroecology RAS № 122020100405-9 “Cartographic modeling of the state, functioning and dynamics of processes of desolate territories using information technologies”.

**Citation.** Berdengalieva A.N., Doroshenko V.V., Melihova A.V. Sor Depressions Spatial Distribution Analysis in the Northern Near-Caspian Region. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):41-45. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.006.41-45

Received: 14.09.2023

Accepted: 07.12.2023

#### References:

1. Berdengalieva A.N., Shinkarenko S.S., Vypritskiy A.A. Geoinformation mapping of sor depression in the northwestern Caspian. *InterCarto. InterGIS*. 2022;28(1):359-367. (In Russ.) DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-359-367
2. Berdengalieva A.N., Doroshenko V.V. Spatial Distribution of sor depressions in the South of European Russia according to remote sensing data. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2022;4(119):6-11. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.001.06-11
3. Goryaev I.A. About halophytic vegetation in the Caspian lowland on the territory of Republic of Kalmykia. *Vestnik Instituta kompleksnykh issledovaniy aridnykh territorij*. 2019;1(38):43-45. (In Russ.) DOI: 10.24411/2071-7830-2019-10011

4. Doroshenko V.V. Geoinformation analysis of the desertification processes development in the Stavropol Territory. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2022;3(118):31-36. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.004.31-36

5. Doroshenko V.V., Melikhova A.V. Desertification manifestations assessment in the Astrakhan Trans-Volga region according to remote sensing data. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2023;2(70):239-246. (In Russ.) DOI: 10.32786/2071-2023-02-27

6. Idrisov I.A. Formation and natural dynamics of the Caspian lowland soil cover. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2016;67: 332-335. (In Russ.)

7. Kazeev K.Sh., Kuznetsova Yu.S. Ecological and biological features of the Caspian lowland arid soils. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvennye nauki = Bulletin of higher education institutes. North Caucasus region. Natural sciences*. 2010;5(159):83-85. (In Russ.)

8. Kravchenko E.I., Khitrov N.B., Gorokhova I.N. Allocation of irrigated soils salinization in the Sarpin valley area of the Caspian lowland. *Byulleten Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva = Dokuchaev Soil Bulletin*. 2021;106:5-48. (In Russ.) DOI: 10.19047/0136-1694-2021-106-5-48

9. Kulik K.N. Agroforestry mapping and phytocological assessment of arid landscapes. Volgograd. VNIALMI Publ. house; 2004, 247 p. (In Russ.)

10. Pishchulov S.A. Comprehensive characterization of the Northwestern Near-Caspian region sor depressions (on the example of the Astrakhan Region). *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya = Astrakhan Bulletin for Environmental Education*. 2013;2(24):123-126. (In Russ.)

11. Pishchulov S.A. Sors as forms of arid relief. *Geomorfologiya = Geomorphology*. 2013;3:89-96. (In Russ.)

12. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Berdengalieva A.N., Doroshenko V.V. Satellite monitoring of desertification processes in Southern European Russia in 2019-2022. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2022;19(5):319-327. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327

13. Yuferev V.G., Melikhova A.V., Balynova V.V. Geoinformation analysis of the Kuma-Manych depression relief. *Prirodnye sistemy i resursy = Natural Systems and Resources*. 2022;12(2):67-76. (In Russ.) DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.9

14. Kulik K.N., Rulev A.S., Yuferev V.G. Geoinformation analysis of desertification dynamics in the territory of Astrakhan oblast. *Arid Ecosystems*. 2015;5(3):134-141. DOI: 10.1134/S2079096115030087

15. Zolotokrylin A.N., Titkova T.B. A new approach to the monitoring of desertification centers. *Arid Ecosystems*. 2011;1(3):125-130. DOI: 10.1134/S2079096111030127

16. Yuferev V.G., Tkachenko N.A., Sinelnikova K.P. Spectral Characteristics of Desertified Black-Earth Pastures. *Arid Ecosystems*. 2022;12(1):54-60. DOI: 10.1134/S2079096122010152

**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: 576.312.35/37:582.42

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.007.46-51

## Кариологические и цитогенетические исследования хвойных растений в условиях интродукции

Тамара Станиславовна Седельникова<sup>✉</sup>, д.б.н., в.н.с., tss@ksc.krasn.ru, ORCID: 0000-0002-6689-2369

Елена Николаевна Муратова<sup>✉</sup>, elena-muratova@ksc.krasn.ru, д.б.н., ORCID: 0000-0002-5951-4968

Александр Владимирович Пименов, д.б.н., ORCID: 0000-0002-6572-1402

Институт леса им. В. Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН» (ИЛ СО РАН), institute\_forest@ksc.krasn.ru, 660036, Академгородок 50/28, Красноярск, Россия

**Аннотация.** Парки, дендрарии и скверы, в составе которых присутствуют местные и интродуцированные виды хвойных растений, являются обязательными элементами комфортной городской среды. Для разработки научных основ интродукции хвойных необходимо изучение механизмов их адаптации в новых условиях произрастания с использованием цитогенетических методов мониторинга состояния насаждений. Целью работы являлось обобщение полученных авторами данных кариологического и цитогенетического исследования хвойных из семейств сосновые (Pinaceae) и кипарисовые (Cupressaceae) в условиях интродукции. Исследования проводили в дендрариях и парковых насаждениях России и других стран. С использованием кариологических и цитогенетических методов анализировали число хромосом, их морфологические параметры, встречаемость и типы хромосомных перестроек, исследовали митоз и мейоз. У всех изученных видов хвойных, в том числе у декоративных форм и культиваров, в условиях интродукции выявлены различные цитогенетические изменения: вариабельность числа хромосом (миксоплоидия), появление добавочных, или В-хромосом, нарушения морфологии и увеличение числа нуклеолярных локусов в хромосомах, возникновение хромосомных перестроек, аномалий митоза и мейоза. Эти изменения могут свидетельствовать о происходящих процессах адаптации хвойных в условиях интродукции.

**Ключевые слова:** хвойные, хромосомы, митоз, мейоз, интродукция.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания FWES-2021-0009 «Функционально-динамическая индикация биоразнообразия лесов Сибири».

**Цитирование.** Седельникова Т.С., Муратова Е.Н., Пименов А.В. Кариологические и цитогенетические исследования хвойных растений в условиях интродукции // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 46-51. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.007.46-51

Поступила в редакцию: 20.10.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** Парки, дендрарии и скверы являются обязательными элементами комфортных условий проживания людей, «зелеными фильтрами» в очищении воздуха населенных пунктов, особенно крупных городов. Наиболее высокую оздоровительную и эстетическую ценность имеют насаждения, в составе которых присутствуют виды хвойных растений – как местные, так и интродуцированные. Введение в интродукцию инорайонных видов обогащает дендрофлору конкретного региона [16]. Для разработки научных основ интродукции хвойных актуальным является изучение механизмов их акклиматизации и адаптации в новых условиях произрастания. С этой целью используются цитогенетические методы мониторинга состояния интродуцированных видов. Несмотря на то, что хвойные характеризуются стабильностью кариотипа, к настоящему времени накопилось достаточно много сведений о том, что у некоторых видов, форм и сортов (культиваров) встречаются нарушения числа хромосом, хромосомные перестройки и другие цитогенетические аномалии, частота которых повышается в неблагоприятных условиях произрастания [17; 25].

Цель работы. Настоящее сообщение посвящено изложению результатов кариологических и цитогенетических исследований различных видов хвойных растений в условиях интродукции.

**Материалы и методы исследований.** Методической основой исследований явилось обобщение полученных авторами данных цитогенетического мониторинга хвойных, интродуцированных в дендрариях (арборетумах) и парках России и ряда государств. Анализ проводился с использованием результатов собственных исследований, опубликованных авторами за период 2001-2023 гг. Основные сведения об изучаемых объектах и характеристика условий интродукции исследованных видов хвойных растений приводятся в анализируемых работах. Для кариологического анализа использовали меристематические ткани кончиков корешков прорастающих семян. Проростки подвергали предфиксационной обработке 1% р-ром колхицина в течение 4-6 часов, их фиксацию производили спиртово-уксусной смесью из расчета 3 части этилового спирта и 1 часть ледяной уксусной кислоты, окрашивали 1% р-ром ацетогематоксилина. Для просмотра готовили «давленные» препараты с

использованием насыщенного р-ра хлоралгидрата. Препараты просматривали в проходящем свете под микроскопом AxioStar plus (Carl Zeiss) с применением системы формирования изображений AxioVision (окуляр  $\times 10$ , объектив  $\times 90$ ). На метафазных пластинках подсчитывали число хромосом, анализировали их морфологические параметры, встречаемость и типы хромосомных перестроек. Митоз и мейоз исследовали на препаратах без доработки колхицином.

**Результаты и обсуждение.** В семействе сосновые (*Pinaceae* Spreng. ex F. Rudolphi) исследованы представители родов сосна (*Pinus* L.), ель (*Picea* A. Dietr.), пихта (*Abies* Mill.) и лиственница (*Larix* Mill.). Диплоидный набор видов родов *Pinus*, *Picea*, *Abies* и *Larix* включает 24 хромосомы ( $2n = 24$ ).

Изучено 9 интродуцированных видов и 1 гибрид рода *Pinus*: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) в парковых насаждениях г. Ессентуки (Россия), сосна айдахская белая (*Pinus monticola* Douglas ex D. Don), сосна белая юго-западная (*Pinus strobiformis* Engelm.), сосна румелийская (*Pinus peuce* Griseb.), сосна приморская (*Pinus pinaster* Aiton), сосна крючковатая (*Pinus uncinata* Ramond ex DC), гибрид сосны скрученной и сосны Банка (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud.  $\times$  *Pinus banksiana* Lamb.) в арборетуме Софронка (Чехия), сосна красная японская (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.) в дендрарии Института садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко, г. Барнаул (Россия), сосна орегонская (*Pinus ponderosa* P. Lawson & C. Lawson) в Аксуйской лесной опытной станции им. В.П. Фатунова Института биологии НАН Республики Кыргызстан (Кыргызстан) [11; 15; 25]. Кроме того, *P. pinaster* исследована в парковых посадках г. Пицунда (Абхазия) [10].

В семенном потомстве деревьев *P. sylvestris*, *P. pinaster*, *P. monticola*, *Pinus contorta*  $\times$  *Pinus banksiana*, *P. densiflora* обнаружена миксоплоидия – одновременное присутствие клеток разного уровня плоидности (как правило, тетраплоидных, реже – триплоидных) или анеуплоидных в одном растении. Было выявлено несколько вариантов миксоплоидии ( $2n = 24, 25$ ;  $2n = 24, 36$ ;  $2n = 24, 48$ ;  $2n = 24, 25, 48$ ), встречающихся с различной частотой [11; 15]. У *P. densiflora* наблюдались нарушения морфологии хромосом, увеличение числа вторичных перетяжек в хромосомах [25].

Миксоплоидия считается важным фактором, способствующим адаптации древесных растений, в частности, хвойных, к различным условиям произрастания [2]. Сочетание диплоидных и полиплоидных клеток у миксоплоидных форм приводит к изменению дозы генов, усилению пластичности генома, обеспечению генетического разнообразия потомства [7]. В ряде обзоров приводятся сведения о том, что единично встречающиеся взрослые полиплоидные и анеуплоидные экземпляры видов семейства *Pinaceae* имеют морфологические отличия от нормальных растений [17; 25].

Проанализировано 7 интродуцированных видов рода *Picea*: 5 декоративных форм ели сибир-

ской (*Picea obovata* Ledeb.), отселектированных в природе – длиннохвойную (*f. densiflora* Lucznik), светящуюся (*f. lucifera* Lucznik), желтую (*f. lutescens* Lucznik) (рис. 1), плакучую (*f. pendula* Lucznik) и семирскую (*f. seminskiensis* Lucznik) в дендрарии Института леса им. В.Н. Сукачева, г. Красноярск (Россия), ель колючую (*Picea pungens* Engelm.) в Национальном парке г. Санта-Фе, штат Нью-Мексико (США), ель шероховатую (*Picea asperata* Mast.), ель толстоиглую (*Picea crassifolia* Kom.), ель Коямы (*Picea koyamae* Shiras.), ель сербскую (*Picea omorika* (Pančić) Purk.), ель отогнутую (*Picea retroflexa* Mast.) в парковых насаждениях штата Вашингтон (США) [5; 6; 8].

У декоративных форм *P. obovata* (как у материнских растений, так и у их семенного потомства) и *P. koyamae* были найдены 1 или 2 добавочные, или В-хромосомы, у *P. pungens* – 1 В-хромосома. При изучении митоза у декоративных форм *P. obovata* с В-хромосомами в кариотипе отмечены следующие аномалии: отставание хромосом, трехполосное и хаотическое расхождение, мосты, фрагменты и др. При этом у деревьев с В-хромосомами процент аномалий на стадиях анафазы и ранней телофазы был выше по сравнению с деревьями без них [5; 6; 8]. Другими авторами у интродуцированного в парке г. Воронежа (Россия) североамериканского вида ели белой (*Picea glauca* (Moench) Voss) также выявлялись В-хромосомы [3]. Добавочные хромосомы хвойных отличаются по размерам и морфологии от хромосом основного набора [22]. Предполагается, что В-хромосомы играют адаптивную роль, их встречаемость у растений, в том числе хвойных, увеличивается под влиянием неблагоприятных факторов среды или резком изменении условий произрастания [7; 20].

Среди семенного потомства деревьев *P. asperata*, *P. crassifolia*, *P. omorika*, *P. retroflexa* и *P. koyamae* обнаружен широкий спектр миксоплоидных растений ( $2n = 24, 12$ ;  $2n = 24, 48$ ;  $2n = 24, 25$ ;  $2n = 24, 25, 48$ ). У данных видов рода *Picea* с различной частотой встречались хромосомные перестройки, представленные хромосомными фрагментами, кольцевыми хромосомами, надетыми кольцевыми хромосомами, ацентрическими кольцами [6]. Хромосомные перестройки представляют собой крупные структурные мутации хромосом – делеции, транслокации, инверсии и др., имеющие определенное значение для эволюционной динамики геномов хвойных в различных местопроизрастаниях. Имеется большое число данных, свидетельствующих об усилении мутационных процессов у хвойных в экстремальных условиях [9; 24]. Вероятно, что миксоплоидные и анеуплоидные экземпляры хвойных служат «источниками» материала для отбора.

Проведено исследование мейоза у представителей родов *Larix* – лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.), *Abies* – пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) и *Picea* – ели сибирской (*P. obovata*), в дендрарии Института леса им. В.Н. Су-





Рисунок 1. Ель сибирская форма желтая в посадках дендрария Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск



Рисунок 2. Туя восточная в парковых насаждениях, г. Ессентуки

качева, г. Красноярск (Россия) [1; 18; 21]. Выявлено, что у *L. gmelinii* в дендрарии мейоз начинался осенью и возобновлялся при наступлении первых положительных дневных температур [21]. В условиях дендрария процесс мейоза у *A. sibirica* начинался раньше и был более растянут во времени, у *P. obovata* он начинался и заканчивался позже, чем в естественных популяциях. У *A. sibirica* встречаемость аномалий на разных стадиях мейоза была выше, а у *P. obovata* – ниже, чем в природных популяциях. У *P. obovata* наблюдались нарушения, не встречающиеся в природных популяциях – агглютинация бивалентов в кольцо в диакинезе, образование трех групп хромосом в метафазе I, хаотическое расположение и отставание хромосом в анафазе I, линейная ориентация веретен деления на стадии метафазы II и др. [1; 19; 21].

У деревьев *L. gmelinii* из дендрария на стадии метафазы I часто наблюдалось расположение одного или нескольких бивалентов вне делящейся пластинки. На стадии анафазы I отмечены мосты, преждевременное расхождение и отставание хромосом. Встречались аномальная ориентация веретен в первом и втором делениях мейоза, микроспороциты с признаками преждевременного цитокинеза. Для второго деления мейоза *L. gmelinii* было характерно большее количество аномалий – мосты, отстающие хромосомы, хаотическое расхождение хромосом, многополюсные или слившиеся веретена [21]. У *A. sibirica* и *P. obovata* в условиях дендрария наблюдалась большая асинхронность развития микроспороцитов в пределах одного микростробила и даже одного микроспорангия, чем в естественных условиях [1; 18], а у *L. gmelinii* асин-

хронность была незначительной [21]. Полученные данные свидетельствуют об индивидуальных особенностях прохождения мейоза у хвойных при интродукции, вероятно, связанных с их адаптацией. Цитогенетическое изучение хвойных растений в условиях интродукции, выполненное другими авторами, также выявило высокую степень нарушения мейоза при микроспорогенезе [4].

В семействе кипарисовые (*Cupressaceae* Gray) изучены виды родов туя (*Thuja* L.), кипарис (*Cupressus* L.), кипарисовик (*Chamaecyparis* Spach). Кариотип представителей семейства включает 22 хромосомы ( $2n = 22$ ). Многие виды семейства *Cupressaceae*, представленные различными сортами (культиварами), широко используются в интродукции.

Изучено 2 вида рода *Thuja*: туя восточная (*Thuja orientalis* L.) (рис. 2) в парковых насаждениях г. Ессентуки (Россия), пос. Пятиморск и г. Калач-на-Дону Волгоградской области (Россия), г. Чолпон-Ата (Кыргызстан), г. София (Болгария), а также в посадках на территории Рильского монастыря в горном массиве Рила (Болгария), и туя западная (*Thuja occidentalis* L.) – в Национальном дендрологическом парке «Софиевка», г. Умань (Украина) [12; 13; 14].

В проростках семян большинства анализируемых деревьев *T. orientalis* выявлена миксоплоидия ( $2n = 19, 22, 44$ ;  $2n = 22, 24, 33$ ;  $2n = 22, 33$ ;  $2n = 22, 33, 44$ ), встречающаяся с очень высокой (до 100%) частотой. В образцах *T. orientalis* из Болгарии обнаружены такие цитогенетические аномалии, как фрагментация хромосом, мультиядрышковые клетки [12; 13]. В семенном потомстве 4 исследованных культиваров *T. occidentalis*: Лютеа (*Lutea*),

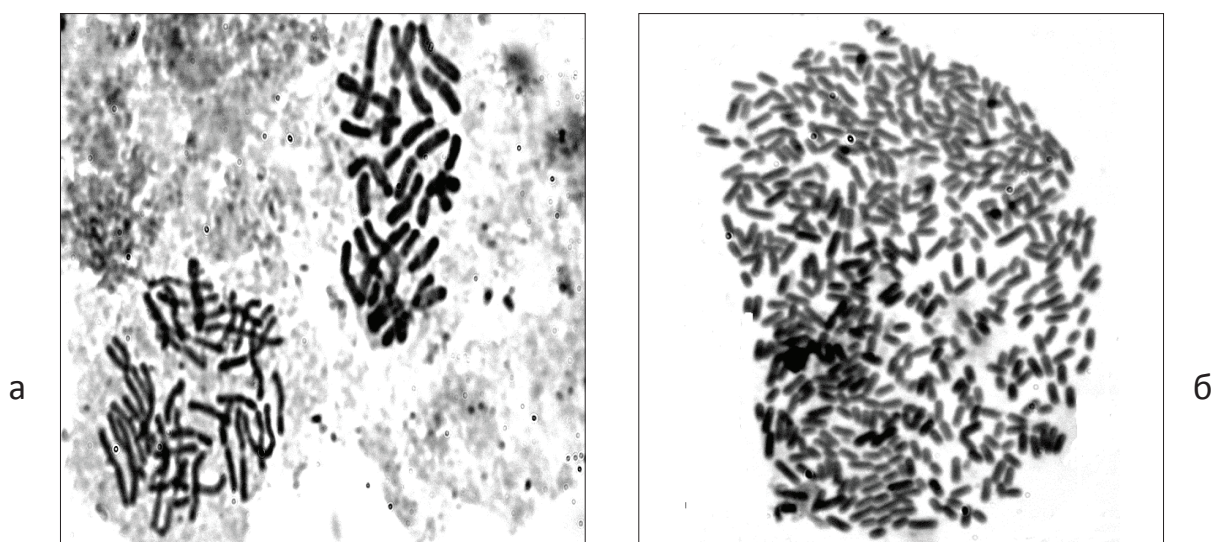


Рисунок 3. Метафазные пластинки хромосом культиваров *Thuja occidentalis*, произрастающих в дендропарке «Софиевка»: а – миксополидия ( $2n = 22, 33$ ) у *T. occidentalis* Wareana; б – фрагментация хромосом в полиплоидной клетке *T. occidentalis* Lutea. Масштабная линейка – 10 мкм

Вареана (Wareana), Шаровидная (Globosa), Вареана желтеющая (Wareana Lutescens), также выявлена изменчивость хромосомных чисел ( $2n = 22, 33; 2n = 22, 33, 44$ ). Частота встречаемости миксополидных проростков была высокой, у культивара Wareana она достигала 50%. У культиваров Lutea и Wareana Lutescens обнаружены фрагментация хромосом в полиплоидных клетках, дицентрические хромосомы (рис 3.) [14].

Исследованы представители родов *Cupressus* – кипарис арizonский (*Cupressus arizonica* Greene) в дендрарии Лесотехнического университета в г. Софии (Болгария) и *Chamaecyparis* – кипарисовик Лавсона (*Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parl.) в посадках паркового типа в г. Благоевград, г. Кюстендил и с. Петково Смолянской области (Болгария). В семенном потомстве *C. arizonica* обнаружена миксополидия ( $2n = 22, 33, 44$ ). Среди проростков семян *Ch. lawsoniana* также встречались миксополиды ( $2n = 22, 26$  и  $2n = 22, 44$ ) [12; 13].

Известно, что многие селекционные сорта и культивары видов семейства *Cupressaceae* представляют собой полиплоиды или миксополиды. Так, среди культиваров туи гигантской (*Thuja gigantea* Nutt. var. *gracilis* Beissn.), встречаются миксополидные деревья, химеры. Многие виды рода можжевельник (*Juniperus* L.) и отдельные расы и сорта криптомерии японской (*Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don) являются триплоидами или тетраплоидами [17; 23]. Предполагается [25], что разнообразие форм, рас и сортов растений из семейства кипарисовые по строению кроны, структуре побегов, окраске хвои может обуславливаться значительной изменчивостью хромосомных чисел.

**Заключение.** У всех исследованных видов хвойных из семейств Pinaceae и Cupressaceae, в том числе декоративных форм и культиваров, в условиях интродукции наблюдаются различные цитогенетические изменения: вариабельность числа хро-

мосом (миксополидия, анеуплоидия), появление В-хромосом, нарушения морфологии хромосом и увеличение числа нуклеолярных локусов, возникновение хромосомных перестроек, аномалий митоза и мейоза. Эти изменения, вероятно, свидетельствуют о процессах акклиматизации и адаптации хвойных в условиях интродукции и могут служить источником генетического материала при селекционной работе с представителями данной группы растений.

#### Литература:

1. Бажина Е.В., Седаева М.И., Муратова Е.Н., Бажина Е.А. Особенности мейоза при микроспорогенезе у *Picea obovata* (Pinaceae) при интродукции // Ботанический журнал. 2020. Т. 105. № 12. С. 1207–1220. DOI: 10.31857/S000681362012011X
2. Буторина А.К. Факторы эволюции кариотипов древесных // Успехи современной биологии. 1989. Т. 108. Вып. 3 (6). С. 342–357.
3. Буторина А.К., Богданова Е.В. Адаптивное значение и возможное происхождение В-хромосом у ели колючей // Цитология. 2001. Т. 43. № 8. С. 809–814.
4. Гаврилов И.А., Буторина А.К. Цитогенетика тсуги канадской в условиях интродукции в Воронежской области // Лесоведение. 2005. № 7. С. 60–65.
5. Владимирова О.С. Кариологические особенности ели сибирской *Picea obovata* Ledeb. из разных мест произрастания // Цитология. 2002. Т. 44. № 7. С. 712–718.
6. Горячкина О.В., Муратова Е.Н., Безделев А.Б. Числа хромосом некоторых представителей родов *Abies* и *Picea* (Pinaceae) // Ботанический журнал. 2013. Т. 98. № 5. С. 645–647.
7. Кунах В.А. Пластичность генома соматических клеток и адаптивность растений // Молекулярная и прикладная генетика. Сборник научных трудов. Минск. 2011. Т. 12. С. 7–14.
8. Муратова Е.Н., Владимирова О.С. Добавочные хромосомы кариотипа ели сибирской *P. obovata* // Цитология и генетика. 2001. Т. 35. № 4. С. 38–44.
9. Седелникова Т.С. Цитогенетический мониторинг хвойных как индикатор уровня экстремальности экоси-

стем // Промышленная ботаника. Сборник научных трудов. Донецк: Донецкий ботанический сад НАН Украины. 2014. Вып. 14. С. 56–63.

10. Седельникова Т.С. Числа хромосом некоторых видов семейств Cupressaceae и Pinaceae в искусственных и парковых насаждениях // Ботанический журнал. 2016. Т. 101. № 11. С. 1350–1352.

11. Седельникова Т.С., Пименов А.В., Онучин А.А., Янковская В. Числа хромосом некоторых видов хвойных в дендрариях и парковых насаждениях // Ботанический журнал. 2008. Т. 93. № 1. С. 157–158.

12. Седельникова Т.С., Пименов А.В., Ташев А.Н. Числа хромосом видов Cupressaceae при интродукции в Болгарию // Ботанический журнал. 2011. Т. 96. № 7. С. 974–975.

13. Седельникова Т.С., Пименов А.В., Ташев А.Н., Ефремова Т.Т. Числа хромосом интродуцированных и автохтонных видов семейства Cupressaceae // Автохтонні та інтродуковані рослини: Національна академія наук України, Національний дендрологічний парк «Софіївка». 2013. Вип. 9. С. 122–125.

14. Седельникова Т.С., Пименов А.В., Грабовой В.Н., Пономаренко В.А. Числа хромосом Thuja occidentalis (Cupressaceae) в Национальном дендрологическом парке «Софиевка», Украина // Ботанический журнал. 2014. Т. 99. № 8. С. 941–944.

15. Седельникова Т.С., Пименов А.В., Муратова Е.Н. Исследование хромосом хвойных при интродукции в ботанических садах, дендрариях и парках // Сибирский лесной журнал. 2023. № 5. С. 32–42. DOI: 10.15372/SJFS20230506

16. Семенютина А.В., Долгих А.А., Панов В.И., Зеленьяк А.К. Интродукция как способ повышения биоразнообразия и обогащения дендрофлоры аридных территорий // Социально-экологические технологии. 2016. № 3. С. 47–54.

17. Ahuja M. R. Polyploidy in gymnosperms: revisited. *Silvae Genetica*. 2005. 54 (2): 59–69. DOI: 10.1515/sg-2005-0010

18. Bazhina E.V., Kvitko O.V., Muratova E.N. Meiosis at microsporeogenesis in Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) in natural populations and in an Arboretum // *Eurasian Journal of Forest Research*. 2008. Vol. 11. N 1. P. 41–49.

19. Bazhina E.V., Kvitko O.V., Muratova E.N. Specific features of meiosis in the Siberian fir (*Abies sibirica*) in the forest Arboretum of the V. N. Sukachev Institute, Russia // *Biodiversity and Conservation*. 2011. Vol. 20. N 2. P. 415–428.

20. Borisov Yu.M., Sedel'nikova T.S. B chromosome variability in plants and animals under extreme environments // *Russian Journal of Genetics*. 2023. Vol. 59. N 9. P. 878–887. DOI: 10.1134/S1022795423080045

21. Goryachkina O.V., Muratova E.N. Meiosis at microsporogenesis in *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. (Gmelin larch) at the V.N. Sukachev Institute of Forest Arboretum // *The International Journal of Plant Reproductive Biology*. 2016. Vol. 8. N 2. P. 139–144. DOI: 10.14787/ijprb.2016.8.2.139–144

22. Muratova E.N. Sedel'nikova T.S. Pimenov A.V. Goryachkina O.V. B chromosomes in conifers (study case of the genus *Picea* A. Dietr.) // *Silva World*. 2023. Vol. 2. N 2. P. 83–91. DOI: 10.61326/silvaworld.v2i2.39

23. Ohri D. Polyploidy in gymnosperms – a reappraisal // *Silvae Genetica*. 2021. Bd. 70. Hf 1. S. 22–38. DOI: 10.2478/sg-2021-0003

24. Sedel'nikova T.S. Variability of genome size in conifers under extreme environmental conditions // *Biology Bulletin Reviews*. 2016. Vol. 6. N 2. P. 177–188. DOI: 10.1134/S2079086416020079

25. Sedel'nikova T.S., Muratova E.N., Pimenov A.V. Variability of chromosome numbers in Gymnosperms // *Biology Bulletin Reviews*. 2011. Vol. 1. N 2. P. 100–109. DOI: 10.1134/S2079086411020083

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.007.46-51

## Karyological and Cytogenetical Studies of Coniferous Plants under Introduction Conditions

Tamara S. Sedel'nikova<sup>✉</sup>, Dr. Sci. (Biol.), tss@ksc.krasn.ru, ORCID: 0000-0002-6689-2369

Elena N. Muratova<sup>✉</sup>, Dr. Sci. (Biol.), elena-muratova@ksc.krasn.ru, ORCID: 0000-0002-5951-4968

Aleksander V. Pimenov, Dr. Sci. (Biol.), ORCID: 0000-0002-6572-1402

V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS», E-mail: institute\_forest@ksc.krasn.ru, 660036, Akademgorodok 50/28, Krasnoyarsk, Russia

**Abstract.** Parks, Arboretums and public gardens, which contain local and introduced species of coniferous plants, are essential elements of a comfortable urban environment. To develop the scientific basis for the introduction of conifers, it is necessary to study mechanisms of their adaptation to new growing conditions using cytogenetic methods for monitoring the condition of plantings. The purpose of the work is to summarize the data obtained by the authors from a karyological and cytogenetic study of conifers from the pine (Pinaceae) and cypress (Cupressaceae) families under introduction conditions. Research was carried out in arboretums and parklands in Russia and other countries. Using karyological and cytogenetic methods,

the number of chromosomes, their morphological parameters, occurrence and types of chromosomal rearrangements were analyzed, and mitosis and meiosis were studied. In all studied conifer species, including decorative forms and cultivars, various cytogenetic changes were revealed under introduction conditions: variability in the number of chromosomes (mixoploidy), the appearance of additional or B chromosomes, morphological disturbances and an increase in the number of nucleolar loci in chromosomes, the emergence of chromosomal rearrangements, anomalies of mitosis and meiosis. These changes may indicate ongoing processes of adaptation of conifers under conditions of introduction.

**Keywords:** conifers, chromosomes, mitosis, meiosis, introduction

**Funding.** This study was carried out as the part of the State Assignment, no. FWES-2021-0009 «Functional-dynamic indication of Siberian forests biodiversity».

**Citation.** Sedel'nikova T.S., Muratova E.N., Pimenov A.V. Karyological and Cytogenetical Studies of Coniferous Plants under Introduction Conditions. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):46-51. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.007.46-51

Received: 20.10.2023

Accepted: 07.12.2023

### References:

- Bazhina E.V., Sedaeva M.I., Muratova E.N., Bazhina E.A. Features of meiosis during microsporogenesis in *Picea obovata* (Pinaceae) during introduction. *Botanicheskii Zhurnal*. 2020;105(12):1207-1220. (In Russ.) DOI: 10.31857/S000681362012011X
- Butorina A.K. Factors of tree species karyotypes evolution. *Uspekhi sovremennoj biologii*. 1989;108(3(6)):342-357. (In Russ.)
- Butorina A.K., Bogdanova E.V. Adaptive significance and possible origin of B chromosomes in *Picea pungens*. *Tsitologiya*. 2001;43(8):809-814. (In Russ.)
- Gavrilov I.A., Butorina A.K. *Tsuga canadensis* cytogenetics in the introduction conditions in the Voronezh Region. *Lesovedenie = Russian Journal of Forest Science*. 2005;7:60-65. (In Russ.)
- Vladimirova O.S. Karyological features of *Picea obovata* Ledeb. from different places of growth. *Tsitologiya*. 2002;44(7):712-718. (In Russ.)
- Goryachkina O.V., Muratova E.N., Bezdelev A.B. The chromosome numbers of the genera *Abies* and *Picea* (Pinaceae) some representatives. *Botanicheskii Zhurnal*. 2013;98(5):645-647. (In Russ.)
- Kunakh V.A. Plasticity of the somatic cell genome and plants adaptability. *Molekulyarnaya i prikladnaya genetika. Compilation of scientific papers*. Minsk. 2011;12:7-14. (In Russ.)
- Muratova E.N., Vladimirova O.S. Additional chromosomes of the *P. obovata* karyotype. *Tsitologiya i genetika = Cytology and genetics*. 2001;35(4): 38-44. (In Russ.)
- Sedel'nikova T.S. Cytogenetic monitoring of conifers as an ecosystem extremity level indicator. *Promyshlennaya botanika. Compilation of scientific papers. Donetsk. Donetsk Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine Publishing*. 2014;14:56-63. (In Russ.)
- Sedel'nikova T.S. Chromosome numbers of some species of the Cupressaceae and Pinaceae families in artificial and park plantations. *Botanicheskii Zhurnal*. 2016;101(11): 1350-1352. (In Russ.)
- Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V., Onuchin A.A., Yankovska V. Chromosome numbers of some coniferous species in arboretums and park plantations. *Botanicheskii Zhurnal*. 2008;93(1):157-158. (In Russ.)
- Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V., Tashev A.N. Chromosome numbers of Cupressaceae species introduced in Bulgaria. *Botanicheskii Zhurnal*. 2011;96(7):974-975. (In Russ.)
- Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V., Tashev A.N., Efremova T.T. Chromosome numbers of introduced and autochthonous species of the Cupressaceae family. *Avtokhtonni ta introdukovani roslini. National Academy of Sciences of Ukraine, National Arboretum "Sofiyevka" Publishing*. 2013;9:122-125. (In Russ.)
- Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V., Grabovoj V.N., Ponomarenko V.A. Chromosome numbers of *Thuja occidentalis* (Cupressaceae) in the National Arboretum "Sofiyevka", Ukraine. *Botanicheskii Zhurnal*. 2014;99(8): 941-944. (In Russ.)
- Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V., Muratova E.N. Examination of coniferous chromosomes during introduction in botanical gardens, arboretums and parks. *Sibirskij lesnoj zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*. 2023;5:32-42. (In Russ.) DOI: 10.15372/SJFS20230506
- Semenyutina A.V., Dolgikh A.A., Panov V.I., Zelenyak A.K. Introduction as a way to increase biodiversity and enrich the dendroflora of arid territories. *Socialno-ecologicheskieologii = Environment and Human: Ecological Studies*. 2016;3:47-54. (In Russ.)
- Ahuja M.R. Polyploidy in gymnosperms: revisited. *Silvae Genetica*. 2005;54(2): 59-69. DOI: 10.1515/sg-2005-0010
- Bazhina E.V., Kvitko O.V., Muratova E.N. Meiosis at microsporeogenesis in Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) in natural populations and in an Arboretum. *Eurasian Journal of Forest Research*. 2008;11(1):41-49.
- Bazhina E.V., Kvitko O.V., Muratova E.N. Specific features of meiosis in the Siberian fir (*Abies sibirica*) in the forest Arboretum of the V. N. Sukachev Institute, Russia. *Biodiversity and Conservation*. 2011;20(2):415-428.
- Borisov Yu.M., Sedel'nikova T.S. B chromosome variability in plants and animals under extreme environments. *Russian Journal of Genetics*. 2023;59(9): 878-887. DOI: 10.1134/S1022795423080045
- Goryachkina O.V., Muratova E.N. Meiosis at microsporeogenesis in Larixgmelinii (Rupr.) (Gmelin larch) at the V.N. Sukachev Institute of Forest Arboretum. *The International Journal of Plant Reproductive Biology*. 2016;8(2):139-144. DOI: 10.14787/ijprb.2016.8.2.139-144
- Muratova E.N., Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V., Goryachkina O.V. B chromosomes in conifers (study case of the genus *Picea* A. Dietr.). *Silva World*. 2023;2(2):83-91. DOI: 10.61326/silvaworld.v2i2.39
- Ohri D. Polyploidy in gymnosperms – a reappraisal. *Silvae Genetica*. 2021;70(1). 22-38. DOI: 10.2478/sg-2021-0003
- Sedel'nikova T.S. Variability of genome size in conifers under extreme environmental conditions. *Biology Bulletin Reviews*. 2016;6(2):177-188. DOI: 10.1134/S2079086416020079
- Sedel'nikova T.S., Muratova E.N., Pimenov A.V. Variability of chromosome numbers in Gymnosperms. *Biology Bulletin Reviews*. 2011;1(2):100-109. DOI: 10.1134/S2079086411020083

**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: 631.92:630\*266

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.008.52-59

## Аккумуляция углерода в почве и фитомассе защитных лесных насаждений юга России

Вениамин Михайлович Кретинин, д.с.х.н., ORCID: 0000-0001-6341-0478

Александр Валентинович Кошелев<sup>✉</sup>, e-mail: alexkosh@mail.ru, к.с.х.н., ORCID: 0000-0003-4048-7549

Мария Олеговна Шатровская, аспирант, ORCID: 0000-0002-3202-4184

Варвара Александровна Веденева, к. с.-х. н., ORCID: 0000-0002-6623-6062

Юстина Николаевна Поташкина, аспирант, ORCID: 0000-0001-8846-2354

лаборатория агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах

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

**Аннотация.** В статье представлены ретроспективные данные, полученные под руководством доктора с.-х. наук, профессора Кретинина В.М. с сотрудниками лаборатории почвоведения ФНЦ агроэкологии РАН (бывший ВНИАЛМИ) за 50-ти летний период исследований влияния ЗЛН (защитных лесных насаждений) на почву под ними и на прилегающие к ним территории. Актуальность исследовательской работы обусловлена поиском снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду и сопряженностью с реализацией государственной научно-технической политики в области экологического развития РФ и климатических изменений. Объекты исследования располагались в основном на опытной сети ФНЦ агроэкологии РАН и в агролесоландшафтах с завершёнными системами ЗЛН в следующих природных зонах: лесостепная, степная, сухостепная, полупустынная, пустынная и в полизональных регионах. Результатом исследования стал расчёт аккумуляции углерода в фитомассе органов деревьев и мортмассе (лесная подстилка) ЗЛН агролесоландшафтов по природным зонам РФ в конце XX в. В результате выполненного исследования было установлено, что наибольшее количество углерода в ЗЛН аккумулировано на тестовых полигонах в лесостепной (42,2%) и степной зонах (40,5%), наименьшее в пустынной (3,4%) и полупустынной (0,07%). Основная аккумуляция углерода происходит в стволе деревьев. Участие травянистого покрова в общей фитомассе в защитных лесных насаждениях увеличивается в направлении с севера на юг и составляет от 1,1 до 28,3%.

**Ключевые слова:** аккумуляция углерода, агролесоландшафты, защитные лесные насаждения, лесомелиорированные почвы, фитомасса.

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках ВИП ГЗ/23-20 на выполнение научно-исследовательских работ № 165-15-2023-004 от 01.03.2023 года «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» по теме «Оценка экосистемных потоков парниковых газов и аккумуляции углерода в агролесоландшафтах, формирующихся в засушливых условиях юга России».

**Цитирование.** Кретинин В.М., Кошелев А.В., Шатровская М.О., Веденева В.А., Поташкина Ю.Н. Аккумуляция углерода в почве и фитомассе защитных лесных насаждений юга России // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 52-59. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.008.52-59

Поступила в редакцию: 02.11.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** Техногенная трансформация окружающей среды в последние годы привлекает все больше внимания. Так, в связи с увеличением количества выбросов углекислого газа и, как следствие, потеплением нашей планеты, важно понимать усиливающиеся глобальные и региональные изменения климата [17].

Ряд биоклиматических зон Российской Федерации, входящих в аридный пояс, подвержены таким негативным природным явлениям, как засуха, дефляция, засоление, эрозия почв и опустынивание [14]. К аридному поясу относятся степная, сухостепная, полупустынная и частично пустынная.

Парижское соглашение, заключенное в 2015 году, устанавливает рамки всемирного масштаба для предотвращения негативных изменений климата

[15]. Данное соглашение призвано ограничить рост глобального потепления и сократить его до 1,5°C. В основе Парижских соглашений лежат принципы: долгосрочности, прозрачности, амбициозности, солидарности. Данные принципы стали катализатором современной международной климатической повестки, поддерживаемой 194 странами мира. Предполагается, что к 2050 году удастся сократить выбросы парниковых газов до нуля [2].

Российской Федерацией 23 сентября 2019 года было подписано и впоследствии ратифицировано Парижское соглашение по климату. За ратификацией соглашения последовала масштабная и упорная работа, вылившаяся в создание целой сети карбоновых полигонов по стране. Их создание направлено в первую очередь на реализацию мер по

контролю над климатически активными газами с привлечением университетов и научно-исследовательских институтов [4; 5].

Защитные лесные насаждения являются основным структурным элементом агроландшафтов [3; 12]. Они позволяют выращивать сельскохозяйственную продукцию с соблюдением научно обоснованных технологий, оптимизировать водный, тепловой и газовый обмен на территории, подавляя деструктивные процессы, ослабляя при этом вредное воздействие засух и суховеев, снижая разрушительную силу пыльных и песчаных бурь [11].

«Сталинский план» преобразования природы от 1948 г., реализованный в степной и сухостепной зонах страны являлся национальным лесоклиматическим проектом (агролесомелиоративным), который включал также и элементы карбонового земледелия (диверсификация севооборотов (травопольные), почвопокровные культуры и т.д.) [18; 19]. Он не был реализован до конца по объективным причинам, но позволил заложить мощный фундамент для решения вопросов поглощения и накопления углерода.

Изучение аккумуляции углерода в лесных экосистемах с детальной характеристикой его накопления – фундаментальная научная проблема [13].

Цель исследования – провести оценку аккумуляции углерода в почве и фитомассе защитных лесных насаждений юга России на основе имеющихся ретроспективных данных для получения базовой линии мониторинговых исследований пулов и потоков климатически активных веществ.

**Материалы и методы.** Учеными ФНЦ агроэкологии РАН разрабатывались и впоследствии активно применялись методы изучения секвестрирования CO<sub>2</sub> на агролесомелиорированных

территориях Российской Федерации. Исследования велись в сети опытных станций ФНЦ агроэкологии РАН в степной, сухостепной, полупустынной и частично пустынной биоклиматических зонах с 1960 по 2007 гг. (рис. 1).

Разработанная методология базируется на эколого-энерго-экономической оценке и учитывает следующие аспекты [8]:

- при экологической оценке агролесомелиорации почв особое внимание обращается на их гетерогенность, связанную не только с разнообразием элементов агроландшафта, биогеоценозов, почвенного покрова, но и с неоднородностью мелиоративного влияния ЗЛН;

- энергетическая оценка мелиорации почв, продуктивности фитомассы по содержанию углерода, питательных элементов определяется по затратам солнечной и тепловой энергии на производство этих веществ;

- экономическая оценка изменения содержания питательных элементов в почве и фитомассе рассчитывается по рыночной стоимости удобрений, а углерода – по стоимости производства энергии.

Представленные тестовые полигоны включали системы защитных лесных насаждений, характеризующиеся разной возрастной структурой, породным составом, конструкцией. С изменением лесорастительных условий с севера на юг изменяется видовой состав лесных полос по древесным породам и ростовые показатели в сторону уменьшения, в такой же последовательности происходит снижение долговечности самих насаждений.

Исходя из материалов исследований Кретинина В.М. [8], количество ПП составляет 107 шт. В основном исследования на пробных площадях проводились однократно, и проследить динамику углерода

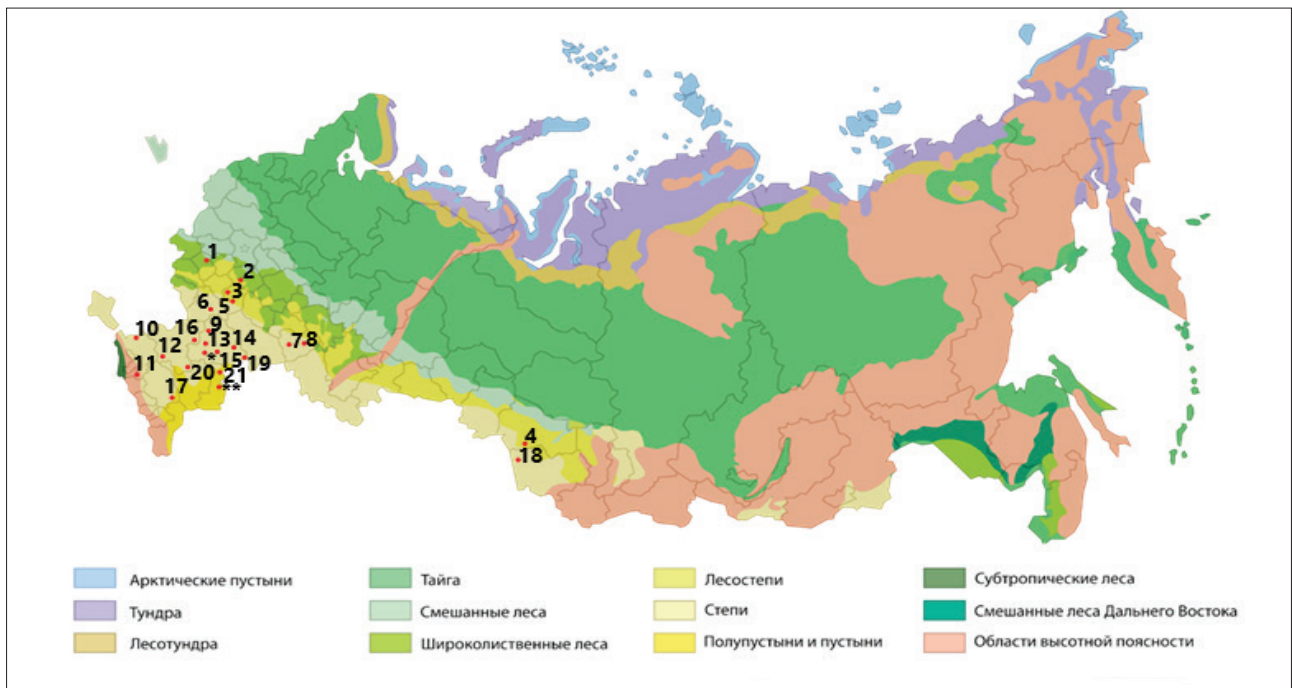


Рисунок 1. Картосхема расположения тестовых полигонов

и содержания гумуса можно только в сравнении с лесомелиорированной территорией (без лесных полос). Исследования проводились в лесостепной, степной, сухостепной, полупустынной и пустынной природных зонах.

К лесостепной зоне относятся земли: ФГУП ОПХ «Новосильское» Мценского района Орловской области; колхоз «Россия» Рыбновского района Рязанской области; колхоз «им. Коминтерна» Мичуринского района Тамбовской области; колхоз «Сибирь» Краснозерского района Новосибирской области; Лесничество «Лысогорское» Тамбовского района Тамбовской области.

К степной зоне относятся: ГНУ Каменно-Степное опытное лесничество Таловского района Воронежской области; ФГБНУ «Поволжская АГЛЮС» Дубово-Уметского района Самарской области; бывший колхоз «Дёминский» Новоаннинского района Волгоградской области; бывший колхоз «Победа» Каневского района Краснодарского края; Бывший колхоз «им. Ленина» Новокубанского района Ставропольского края; бывший совхоз «Гигант» Сальского района Ростовской области

К сухостепной зоне относятся: ФГБНУ Клетский филиал ВНИАЛМИ Клетского района Волгоградской области; бывший колхоз «Россия» Николаевского района Волгоградской области; бывший колхоз «Ленинский путь» Дубовского района Волгоградской области; ФГУП «Качалинское» Иловлинского района Волгоградской области; ФГУП «Обливское» Обливского района Ростовской области; лесхоз «Ачикулакский» Нефтекумского района Ставропольского края; бывший совхоз «Кулундинский» Кулундинского района Алтайского края.

К полупустынной зоне относятся: ФГУП «Волгоградское» г. Волгоград; Джаныбекский стационар Института лесоведения РАН Палласовского района Волгоградской области; Заветенский опорный пункт ВНИАЛМИ Заветинского района Ростовской области;

К пустынной зоне относятся: Богдинская НИА-ГЛЮС (участок «Церковный», участок «Придорожный») Харабалинского района Астраханской области; бывший колхоз «Родина» Харабалинского района Астраханской области.

Аккумуляцию углерода определяли в зональных лесомелиорированных почвах под ЗЛН по методике Кретина В.М. (2006). Площади ЗЛН и агролесомелиорированных агроценозов были приведены по учету 1995 г. [20].

Отбор почвенных образцов осуществлялся в ЗЛН и на расстоянии от 0 до 4Н (Н – высота ЗЛН). Помимо этого, отбирался смешанный образец, состоявший из 3-5 индивидуальных проб. При определении содержания углерода необходимо было учитывать ряд параметров, в числе которых тип ЗЛН, их возраст и таксономическая группа почв.

Метод Тюрина в модификации Никитина был выбран в качестве наиболее точного доступного и удобного способа определения содержания органического вещества в почвенных образцах в лабо-

раторных исследованиях. При пересчете на запас углерода использовался поправочный коэффициент, равный 0,58 (содержание углерода в органическом веществе почв равно 58%). Для почв лесостепной, степной и сухостепной зон содержание углерода определялось в слое 0-100 см, в почвах полупустынной и пустынной зон определялось в слое 0-50 см.

Запас углерода ( $P_{\text{общ}}$ ) в почве рассчитывали согласно формуле:

$$P_{\text{общ}} = DHP_1,$$

где D – объемная масса сухой почвы, г/см<sup>3</sup>;

H – мощность слоя, см;

$P_1$  – содержание углерода, %.

Применяя в работе методику изучения круговорота веществ, определяли содержание фитомассы и лесной подстилки [9]. Возраст лесных полос, в которых проводились исследования, варьировал от 15 до 53 лет.

Исходя из продолжительности жизни древесных видов по природным зонам определены возрасты моделей: 50 лет в лесостепной и степной; 40 лет в сухостепной, 30 лет в полупустынной и 15 лет в пустынной. Полезащитные лесные полосы по составу главных пород в лесостепной зоне – кленово-ясеневые, в степной – березово-дубово-кленовые, в сухостепной, полупустынной и пустынной зонах – вязовые. Лесные полосы в лесостепной, степной и сухостепной зонах – многорядные (5-7 рядов), в полупустынной и пустынной зонах – малорядные (2-3 ряда). Высота деревьев заметно понижалась с севера на юг с 14,5 м до 4,2 м. В сухостепной зоне вяз приземистый суховершинил и выпадал во внутренних рядах.

На участках, характеризующихся наибольшей пригодностью, были заложены пробные площади. Площадки закладывались в 3-5-кратной повторности размером 0,3-1,0 га. На пробных площадях проводился анализ состава древесных пород и фиксировалось их количество. Также измерялся диаметр стволов деревьев на высоте 1,3 м от шейки корня, что позволяло исходя из среднего диаметра выбирать модельные деревья. В модельных деревьях измеряли высоту и определяли биомассу по вкладу каждой фракции (ствол, листья, ветви, комель и корни). В процессе работы на пробной площади в 5-кратной повторности также учитывалась подстилка, которая анализировалась на площади 1 м<sup>2</sup>. Содержание C в фитомассе органов деревьев определялось путем сжигания  $K_2Cr_2O_7$  в  $H_2SO_4$  при температуре 150°C, а затем проводилось колориметрирование.

Данные методы на момент их применения соответствовали мировому уровню. В настоящий момент необходимо применять прямые методы определения углерода в почве и фитомассе насаждений, основанные на методе сухого сжигания.

**Результаты и обсуждение.** Исследованиями Кретина В.М. установлено, на территории Российской Федерации под ЗЛН в почве на метровой глубине аккумулировано 67 млн т углерода, в то

время как под почвами с/х угодий на той же глубине накоплено только 39,4 млн т углерода [8].

Анализ многолетних данных по существующей инфраструктуре тестовых полигонов позволил оценить аккумуляцию углерода в почве под защитными лесными насаждениями (ЗЛН) за период их агролесомелиорации (в среднем по зоне): в лесостепной, степной и сухостепной – 40-50 лет, полупустынной и пустынной – от 15 до 30 лет (рис. 2).

Данные об аккумуляции углерода под ЗЛН и на прилегающих сельскохозяйственных полях, представленные на рисунке 2, не характеризуют накопленный углерод в целом по зонам, а лишь отражают его содержание в рамках полигонов исследований. Для удобства восприятия информации была осуществлена привязка к природным зонам.

Установлено, что в исследуемых агролесоландшафтах тестовых полигонов лесостепной зоны (площадь 5055,4 тыс. га) в почвах в слое 0-100 см под насаждениями аккумулировано 43,1 млн т углерода; в степной зоне (площадь 4814,7 тыс. га) – в почвах под ЗЛН в слое 0-100 см аккумулировано 62,5 млн т углерода; в сухостепной зоне (площадь 1666,3 тыс. га) – в почвах под ЗЛН в слое 0-100 см аккумулировано 8,2 млн т углерода; в полупустынной зоне (площадь 279,6 тыс. га) – в почвах под ЗЛН в слое 0-50 см аккумулировано 1,41 млн т углерода; в пустынной зоне (площадь 16,8 тыс. га) – в почвах под ЗЛН в слое 0-50 см аккумулировано 0,4 млн т углерода.

Оценка аккумуляции углерода в лесомелиорированной почве под защитными лесными насаждениями тестовых полигонов показала, что аккумуляция углерода была самая высокая в степной зоне (порядка 58%), в 1,5 раза ниже в лесостепной

зоне, в 7,6 раза ниже в сухостепной, в 44 раза ниже в полупустынной и в 151 раз ниже в пустынной, то есть уменьшалось на север и на юг вместе с уменьшением площадей ЗЛН.

По исследованиям Кретицина В.М. [7] в зональных лесомелиорированных почвах тестовых полигонов под влиянием 25-40-летних лесных полос происходит изменение содержания органического вещества в горизонте А (табл. 2).

Анализ данных таблицы 2 показал, что на лесомелиорированной территории образование органического вещества тесно связано с энергетическими процессами в почве. Помимо этого, оптимальный гидротермический и водно-воздушный режим способствует накоплению гумуса в черноземной зоне. Здесь происходит постепенное разложение органических остатков, достаточно интенсивная их гумификация и прочное закрепление образующихся гумусовых веществ минеральной частью почвы.

Для черноземов лесостепной и степной зон запасы органического вещества в слое 0-100 см равны 484-514 т/га. Для серых лесных и каштановых почв эти показатели в 2-5 раз меньше. В результате почвообразования под 25-40-летними лесными полосами прибавка органического вещества в метровом слое черноземов составила 46,5-85,5 т/га, в серых лесных, каштановых почвах соответственно 34,4-52,0 и 178-269 т/га. Вследствие отложения мелкозема в лесных полосах Северного Кавказа аккумуляция органического вещества в почвах достигала 169,7-677,5 т/га, что превышало в ряде случаев исходные запасы. В мелиорированной пашне средние прибавки органического вещества равны 10-20 т/га.

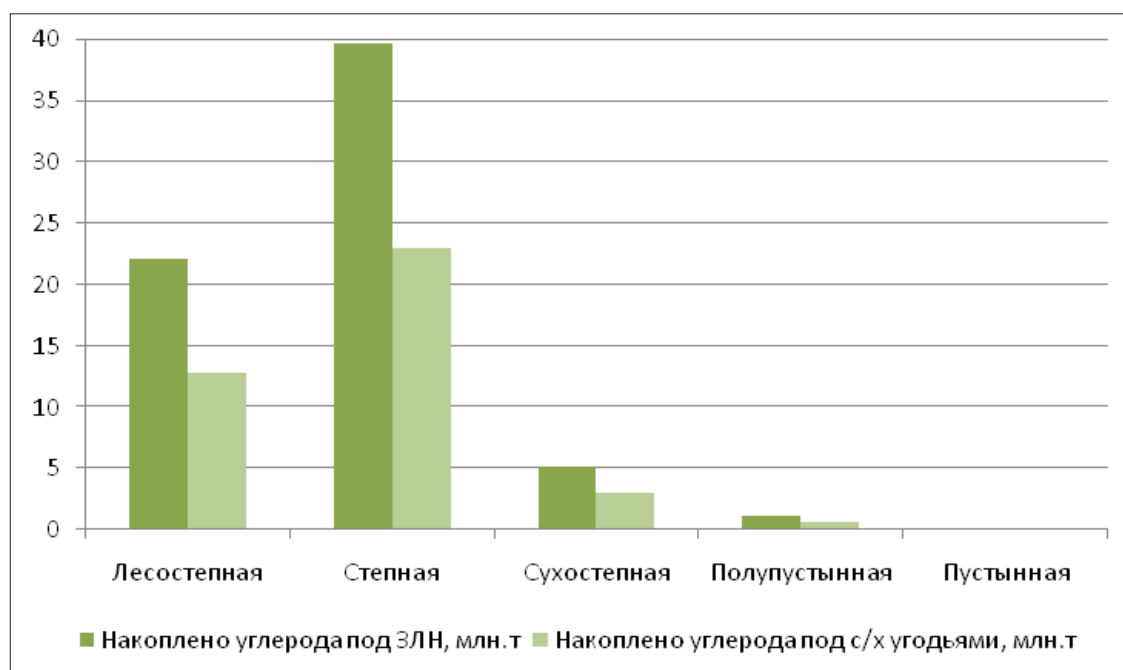


Рисунок 2. Накопленный углерод в почвах под ЗЛН и под с/х угодьями



Таблица 2. Аккумуляция гумуса в почвах (0-100 см) Европейской части России под влиянием 25-40-летних лесных полос, т/га [8]

Индекс почвы	Тип почвы	Исходные запасы органического вещества в немелиорированной пашне, т/га	Прибавка органического вещества, т/га	
			в лесной полосе	в мелиорированной пашне
Л <sup>2</sup>	Серая лесная	210,5	34,5	16,9
Л <sup>3</sup>	Темно-серая лесная	257,4	52,0	19,4
Ч <sup>оп</sup>	Чернозем оподзоленный	309,5	64,5	22,7
ЛЧ	Черноземно-луговые	484,3	71,6	11,6
Ч <sup>в</sup>	Чернозем выщелоченный	514,5	85,5	20,5
Ч <sup>о</sup>	Черноземы оподзоленные	503,0	56,4	12,5
Ч <sup>ю</sup>	Чернозем южный	295,3	46,5	-
Чп <sup>ю</sup>	Чернозем предкавказский южный	314,5	169,7	7,2
Чп <sup>о</sup>	Чернозем предкавказский обыкновенный	506,5	677,5	126,6
К <sup>3</sup>	Темно-каштановая	228,5	42,5	-
К <sup>1</sup>	Светло-каштановая	106,9	34,4	5,2
С <sup>к</sup>	Каштановая солонцеватая	110,0	5,8	-
Б <sup>п</sup>	Бурая полупустынная	34,0	11,6	3,9

Накоплению углерода в каштановых почвах степной зоны способствуют наличие в почве карбонатов кальция и магния, а также повышенное содержание кальция и магния в составе первичных и вторичных минералов.

В результате исследования было установлено, что в почвах, находящихся под ЗЛН, наибольшее количество углерода накапливается в степных и лесостепных районах. Это связано с особенностями климатических условий и типом почвенного покрова в этих регионах. Однако с увеличением широты и долготы как на север, так и на юг, и с соответствующим уменьшением площадей ЗЛН, наблюдается уменьшение доли накопленного углерода в почвах. Это говорит о влиянии сельскохозяйственного производства и других факторов на углеродный баланс почвенного покрова. Данные результаты являются важным вкладом в изучение влияния земледелия и сельского хозяйства на углеродный баланс и климатические процессы.

Наибольшую долю в фитомассе дерева составлял ствол (49%), значительно меньше комель (13%), ветви крупные, корни мелкие, крупные и относительно мало листья (3%). Рассчитано общее содержание фитомассы органов деревьев и лесной подстилки в ЗЛН по природным зонам РФ (табл. 3).

Фитомасса стволов в ЗЛН РФ равна 205,2 млн т, комля меньше в 3,7 раза, крупных корней и ветвей меньше в 5,1 и 4,9 раза соответственно, мелких горней и ветвей в 5,1 и 9,7 раза. Фитомасса листьев равна 17,6 млн т, лесной подстилки 30,3 млн т.

На основе полученных данных рассчитали аккумуляцию С в фитомассе органов деревьев и мортмассе (лесная подстилка) ЗЛН агролесоландшафтов по природным зонам РФ в конце XX в.

Наибольшее количество углерода в ЗЛН аккумуля-

лировано в лесостепной – 42,2% и степной зонах – 40,5%, наименьшее в пустынной – 3,4% и полупустынной – 0,07%. Основная аккумуляция углерода происходит в стволе деревьев. Участие травянистого покрова в общей фитомассе в ЗЛН увеличивается в направлении с севера на юг и составляет от 1,1 до 28,3%.

В аридной зоне и под молодыми посадками лесная подстилка носит мозаичный характер, приурочена к рядам и биогруппам растений. Так, в лесостепной зоне масса лесной подстилки составляет 11306,8 тыс. т, степной – 12645,4 тыс. т, в сухостепной – 3450,3 тыс. т, в полупустынной – 758,9 тыс. т, в пустынной – 51,5 тыс. т. Мощность лесной подстилки заметно возрастает с юга на север, так, в полупустынной зоне она достигает 0,5-1,0 см, а в лесостепной достигает до 5,0 см.

При пониженной биологической активности почвы в пустынной зоне отмечается существенное замедление процессов гумификации. Особенно ярко это проявляется на начальной стадии процесса – при детритификации.

В хорошо прогреваемых песчаных и супесчаных почвах, имеющих хорошую аэрацию, разложение органических остатков идет быстрее, в результате чего часть их минерализуется, гумусовых веществ образуется мало, и они плохо закрепляются на поверхности песчаных частиц. В результате количество гумуса, образованного в глинистых почвах, существенно превышает показатели песчаных и супесчаных почв.

Путем анализа более чем 400 литературных источников и ретроспективных данных была обнаружена корреляционная связь между уровнем содержания углерода в основных типах почв под ЗЛН и их возрастом. В первые годы развития де-

ревьев и кустарников из-за погребения гумусного верхнего слоя почвы в результате длительного периода парования и впоследствии глубокой обработки почвы отмечается сокращение уровня углерода. Углерод начинает активно накапливаться в почве после формирования лесного подстилочного слоя, при удержании продуктов эрозии и смыва почвенного покрова, а также на этапе разложения растительных остатков [1]. Удержание накопленного углерода в почве является стойким и продолжительным процессом.

Одним из возможных последствий абиотической аккумуляции углерода в почве под искусственными лесными массивами, согласно Крети-

нину В.М. [10], является задержка установления устойчивого углеродного равновесия в почве, что в отличие от биотической аккумуляции, наблюдаемой в естественных лесных массивах, позволяет утверждать, что агролесомелиорированная почва имеет специфические временные рамки ее развития.

Запасы лесной подстилки повышаются с улучшением гидротермических условий, увеличением возраста, плотности и продуктивности посадок, участие в составе кустарника, хвойных пород и разнотравья. В отличие от естественных массивных насаждений в ЗЛН много примесей продуктов смыва и дефляции почв [8].

Таблица 3. Содержание фитомассы органов деревьев и лесной подстилки в моделях ЗЛН агролесоландшафтов, млн т

Природная зона	Возраст модели ЗЛН, лет	Площадь ЗЛН, тыс. га	Фитомасса органов деревьев в ЗЛН							Лесная подстилка
			листья	ветви		ствол	комель	Корни		
				мелкие	крупные			крупные	мелкие	
Лесостепная	50	958,2	5,9	6,6	21,2	83,9	22,1	14,8	17,7	11,3
Степная	50	1004,4	5,5	11,1	11	83,8	22,8	23,4	6,1	12,6
Сухостепная	40	458,2	1,9	2,9	6,9	31,8	9,4	1,8	1,2	3,4
Полупустынная	30	117,3	4,1	1,1	1,5	5,5	1,4	0,6	0,2	0,3
Пустынная	15	10,3	0,01	0,03	0,04	0,1	0,02	0,01	0,007	0,05
Итого:		2548,4	17,6	21,8	40,8	205,1	55,7	40,9	25,3	27,8

По данным Национального доклада о кадастре [16] в разделе ЗИЗЛХ (землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство), неттопоглощение углерода созданными ЗЛН в 2020 г. достигло 14,5 миллионов тонн  $\text{CO}_2$ . ЗЛН, созданные в 90-х годах, вносят наиболее значительный вклад в аккумуляцию углерода. Установлено, что поглощение углерода фитомассой противоэрозионных насаждений более чем на 50% оказались менее эффективными, чем поглощение полезащитными насаждениями.

По исследованиям Замолодчикова Дмитрия Геннадьевича [6], средние за 80 лет величины депонирования С в фонде защитного лесоразведения составляют 1,5-1,9 т С /га год, а среднегодовые запасы С составляют 120,1 т С/га.

Все протекающие в почве биологические и биохимические процессы, а также скорость всех химических взаимодействий находится в тесной взаимосвязи с условиями температуры и влажности почвы [10]. В целом можно утверждать, что с повышением влагообеспеченности мелиоративная эффективность насаждений повышается. Запасы углерода в них быстро увеличиваются. В связи с этим большое значение имеют правильный подбор площадей для закладки ЗЛН, совершенствование приемов создания и выращивания насаждений.

**Заключение.** Анализ полученных данных позволил оценить аккумуляцию углерода в почве и

фитомассе ЗЛН на тестовых полигонах за период их агролесомелиорации. Установлено, что в исследуемых агролесоландшафтах лесостепной зоны (площадь ЗЛН 5055,4 тыс. га) в почвах в слое 0-100 см под насаждениями аккумулировано 43,1 млн т углерода, в фитомассе насаждений аккумулировано 88,2 млн т углерода, что эквивалентно поглощению 323,2 млн т  $\text{CO}_2$ ; в степной зоне (площадь ЗЛН 4814,7 тыс. га) в почвах – 62,5 млн т углерода, в фитомассе – 84,6 млн т углерода, что эквивалентно поглощению 310,1 млн т  $\text{CO}_2$ ; в сухостепной зоне (площадь ЗЛН 1666,3 тыс. га) в почвах – 8,2 млн т углерода, в фитомассе – 29,1 млн т углерода, что эквивалентно поглощению 106,5 млн т  $\text{CO}_2$ ; в полупустынной зоне (площадь ЗЛН 279,6 тыс. га) в почвах в слое 0-50 см – 1,4 млн т углерода, в фитомассе – 7,2 млн т углерода, что эквивалентно поглощению 26,3 млн т  $\text{CO}_2$ ; в пустынной зоне (площадь 16,8 тыс. га) в почвах – 0,4 млн т углерода, в фитомассе – 0,2 млн т углерода, что эквивалентно поглощению 0,5 млн т  $\text{CO}_2$ .

Уменьшение доли накопленного углерода в почвах и ЗЛН происходит в широтном направлении с севера на юг, это обусловлено зональными почвенно-климатическими факторами, которые определяют лесопригодность почв для защитного лесоразведения.

Полученные результаты станут основой при создании национальной сети мониторинга бюджета

углерода наземных экосистем в части оценки углеродного баланса агролесосистем юга России.

**Литература:**

1. Агроресомелиорация / под. ред. А.Л. Иванова, К.Н. Кулика / Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. 746 с.
2. Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России: экспертный доклад / под ред. А.Ю. Иванова, Н.Д. Дурманова. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. 120 с.
3. Вавин, В.С. Тунякин, В.Д., Рыбалкина, Н.В. Применение термина «агроресомелиорация» на современном этапе существования полевых лесоразведения // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 2-3(44). С. 89-91.
4. Гессен С.М., Воротников А.М. Карбоновые полигоны, новый инструмент управления климатическими изменениями в Российской Федерации // Журнал социологических исследований. 2021. Т. 6, № 2. С. 22-30.
5. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России / под ред. А.Л. Иванова, В.И. Кирюшина. Москва: Российская академия сельскохозяйственных наук, 2009. 518 с.
6. Замолотчиков, Д.Г. Углеродный цикл и изменения климата // Окружающая среда и энергетика. 2021. № 2 (10). С. 53-69.
7. Кретинин, В.М. Влияние агроресомелиорации на секвестрирование CO<sub>2</sub> в России XX в. // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 2 (30). С. 29-35.
8. Кретинин, В.М. Плодородие лесомелиорированных почв в опытной сети ВНИАЛМИ во второй половине XX века. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2017. 122 с.
9. Методика изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1978. 183 с.
10. Кретинин, В.М. Перенос, круговорот и баланс вещества в агролесоландшафтах по природным зонам РФ. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. 152 с.
11. Кулик, К.Н., Беляев, А. И., Пугачева, А. М. Роль защитного лесоразведения в борьбе с засухой и опустынивани-

- ем агроландшафтов // Аридные экосистемы. 2023. Т. 29, № 1(94). С. 4-14. DOI 10.24412/1993-3916-2023-1-4-14
12. Кулик, К.Н., Рулев, А.С., Ткаченко, Н.А. Изменения климата и агроресомелиорация // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 58-67.
13. Лукина, Н.В. Глобальные вызовы и лесные экосистемы // Вестник Российской академии наук. 2020. Т. 90. № 6. С. 528-532.
14. Любимова, И.Н. Возможные изменения почв сухостепной зоны в связи с глобальным изменением климата // Почвоведение. 2022. № 10. С. 1301-1309. DOI 10.31857/S0032180X22100112.
15. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявление засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)» / Под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева / ООО «Изд-во МБА», 2021. 700 с.
16. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2020 гг. Ч. 1. Москва, 2022. 468 с.
17. Никуличев, Ю.В. Глобальные климатические изменения новые вызовы и география изменений: специализированная информация: Аналитическая записка. Москва : Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2016. 45 с.
18. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года (переработанная и дополненная) / Кулик К.Н., Иванов А.Л., Рулев А.С. и др. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. 36 с.
19. Томилин, В.Н. Сталинский план преобразования природы и некоторые итоги его реализации // Северо-Запад в аграрной истории России. 2022. № 28. С. 145-154.
20. Федеральная программа развития агроресомелиоративных работ в России. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1995. 245 с.

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.008.52-59

## Carbon Accumulation in Soil and Phytomass of Protective Forest Plantations in the South of Russia

Veniamin M. Kretinin, Dr. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0001-6341-0478

Alexander V. Koshelev, e-mail: alexkosh@mail.ru, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0003-4048-7549

Maria O. Shatrovskaya, Postgraduate student, ORCID: 0000-0002-3202-4184

Varvara A. Vedeneeva, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0002-6623-6062

Yustina N. Potashkina, Postgraduate student, ORCID: 0000-0001-8846-2354

Laboratory of agrotechnologies and farming systems in agroforest landscapes

“Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Forestry of the Russian Academy of Sciences” (FSC Agroecology RAS), e-mail: info@vfanc.ru,

400062, Universitetsky Prospekt, 97, Volgograd, Russia

**Abstract.** The article presents retrospective data obtained by the staff of the Laboratory of Soil Science of the FSC of Agroecology RAS (former VNIALMI) under the guidance of Doctor of Agricultural Sciences, Professor V.M. Kretinin. These are the results of work over a 50-year period of research on the PFP (protective forest plantations) effect on the soil under them and on the territories adjacent to them. The relevance of

the research work is due to the search for reducing the anthropogenic load on the environment as well as due to its compatibility with the implementation of the state scientific and technical policy in the field of the Russian Federation environmental development and climate change. The research objects were located mainly on the experimental network of the FSC of Agroecology RAS and in agroforestry landscapes with

completed PFP systems in the following natural zones: forest-steppe, steppe, dry-steppe, semi-desert, desert and in polyzonal regions. The study result was the calculation of alterations in carbon accumulation in the phytomass of tree organs and mortmass (forest litter) of PFP in agricultural forest landscapes varying by different natural zones of the Russian Federation at the end of the XX century. As the performed study result, it was found that the largest amount of carbon in the PFP was accumulated at test sites in the forest-steppe (42.2%) and steppe zones (40.5%), the smallest in the desert (3.4%) and semi-desert (0.07%). The main accumulation of carbon occurs in the trunk of trees. The participation of herbaceous cover in the total phytomass in protective forest plantations increases from north to south and ranges from 1.1 to 28.3%.

**Keywords:** carbon accumulation, agroforest landscapes, protective forest plantations, forest ameliorated soils, phytomass

**Funding.** The study was carried out within the framework of Agreement No. VIP GZ/23-20 for the performance of research work under Agreement No. 165-15-2023-004 dated 01.03.2023 «Unified National System for Monitoring of Climate Active Substances» on the topic «Assessment of greenhouse gases fluxes in ecosystems and carbon accumulation in agroforest landscapes formed in the arid conditions of southern Russia».

**Citation.** Kretinin V.M., Koshelev A.V., Shatrovskaya M.O., Vedeneva V.A., Potashkina Yu.N. Carbon Accumulation in Soil and Phytomass of Protective Forest Plantations in the South of Russia. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):52-59. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.008.52-59

Received: 02.11.2023

Accepted: 07.12.2023

#### References:

1. Agroforestry / edited by A.L. Ivanov, K.N. Kulik. Volgograd. VNIALMI Publ. house; 2006, 746 p. (In Russ.)
2. The Battle for climate: carbon agriculture as Russia's position: expert report / edited by A.Yu. Ivanov, N.D. Durmanov. Moscow. Publ. house of the Higher School of Economics; 2021, 120 p. (In Russ.)
3. Vavin, V.S. Tunyakin, V.D., Rybalkina N.V. Application of the term «Agroforestry» at the current stage of field protection forestry. *Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal = International Research Journal*. 2016;2-3(44):89-91. (In Russ.)
4. Gessen, S.M., Vorotnikov A.M. Carbon polygons as a new tool for climate change management in the Russian Federation. *Zhurnal sotsiologicheskikh issledovanij = Journal of Sociological Research*. 2021;6(2):22-30. (In Russ.)
5. Global Climate Change and Risk Forecasting in Russian Agriculture / edited by A.L. Ivanov, V.I. Kiryushin. Moscow. Russian Academy of Agricultural Sciences Publ. house; 2009, 518 p. (In Russ.)
6. Zamolodchikov D.G. Carbon Cycle and Climate Change. *Ok-ruzhayushchaya sreda i energovedenie = Journal of environmental earth and energy study*. 2021;2(10):53-69. (In Russ.)
7. Kretinin, V.M. Influence of agroforestry on CO<sub>2</sub> sequestration in Russia in the twentieth century. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2013;2(30):29-35. (In Russ.)
8. Kretinin V.M. Fertility of forestry ameliorated soils in the experimental network of VNIALMI in the second half of XX century. Volgograd. VNIALMI Publ. house; 2017, 122 p. (In Russ.)
9. Bazilevich N.I., Titlyanova A.A., Smirnov V.V. [et al.] The biological cycle studying methods in different natural zones. Moscow. "Mysl" Publ. house; 1978, 183 p. (In Russ.)
10. Kretinin V.M. Transfer, circulation and balance of substance in agroforest landscapes by natural zones of the Russian Federation. Volgograd. VNIALMI Publ. house; 2013, 152 p. (In Russ.)
11. Kulik K.N., Belyaev A.I., Pugacheva A.M. Role of protective afforestation in combating drought and desertification of agrolandscapes. *Aridnye ekosistemy = Arid Ecosystems*. 2023;29(1(94)):4-14. (In Russ.) DOI: 10.24412/1993-3916-2023-1-4-14
12. Kulik K.N., Rulev A.S., Tkachenko N.A. Climate change and agroforestry. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2017;2(46):58-67. (In Russ.)
13. Lukina N.V. Global challenges and forest ecosystems. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk*. 2020;90(6):528-532. (In Russ.)
14. Lyubimova I.N. Possible changes in soils of the dry-steppe zone in connection with global climate change. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*. 2022;10:1301-1309. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0032180X22100112
15. National report «Global climate and soil cover of Russia: drought manifestation, measures of prevention, control, consequences elimination and adaptation measures (agriculture and forestry)» / Edited by R.S.-H. Edelgeriev. LLC «Izd-vo IBA» Publ. house; 2021, 700 p. (In Russ.)
16. National report on the inventory of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of not regulated by the Montreal Protocol greenhouse gases. for 1990-2020. Pt. 1. Moscow; 2022, 468 p. (In Russ.)
17. Nikulichev Yu.V. Global climatic changes, new challenges and geography of changes: specialized information: Analytical note. Moscow. INION RAN Publ. house; 2016, 45 p. (In Russ.)
18. Kulik K.N., Ivanov A.L., Rulev A.S. [et al.] Strategy for the development of protective afforestation in the Russian Federation for the period up to 2025 (revised and supplemented). Volgograd. FSC of Agroecology RAS Publ. house; 2018, 36 p. (In Russ.)
19. Tomilin, V.N. Stalin's plan of nature transformation and some results of its realization. *Severo-Zapad v agrarnoj istorii Rossii*. 2022;28:145-154. (In Russ.)
20. Federal program for the development of agroforestry works in Russia. Volgograd. VNIALMI Publ. house; 1995, 245 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.

## Анализ пространственной структуры сельскохозяйственных угодий юга Саратовского Заволжья

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

Асель Нурлановна Берденгадиева, 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.** Чрезмерное использование земель сельскохозяйственного назначения может привести к деградации почвенного покрова и опустыниванию территории. Особенно это актуально в регионах, относящихся к зоне рискованного земледелия. В связи с этим существует необходимость в мониторинге земель сельскохозяйственного назначения на различных административных уровнях. В последнее время для мониторинга и контроля сельскохозяйственных земель используют геоинформационные технологии (ГИС) и данные дистанционного зондирования (спутниковые изображения). На основе распознавания спектрально-зональных космических снимков высокого разрешения Sentinel-2 методом визуального дешифрирования была составлена карта структуры землепользования и определены границы полей Ровенского района Саратовской области. В результате исследования на территорию Ровенского района картографировано 1210 сельскохозяйственных полей общей площадью 140,6 тыс. га, из них 80% занимают пашни площадью 111,62 тыс. га и 20% залежных земель, площадь которых составляет 29,02 тыс. га. Проведено сравнение результатов дешифрирования космических снимков с данными официальной статистики и различных информационных продуктов, основанных на спутниковых данных высокого пространственного разрешения, таких как ESRI Land Cover и ESA WorldCover. Сравнительный анализ показал, что наиболее сильную связь величин коэффициента детерминации демонстрируют данные дешифрирования пахотных угодий ( $R^2=0,99$ ). Следующим информационным продуктом по величине коэффициента детерминации является ESA ( $R^2=0,9$ ), в среднем по этим данным площадь пашни завышена на 7% при среднеквадратической ошибке RMSE=5%. На данный момент ручное дешифрирование является самым достоверным способом картографирования пашни на локальном уровне. Электронные карты полей, полученные в результате исследования, могут пригодиться для разработки эффективных стратегий управления земельными ресурсами и принятия мер по адаптации при климатических изменениях.

**Ключевые слова:** агроландшафты, пахотные земли, деградация земель, геоинформационные технологии, дистанционное зондирование.

**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., Берденгадиева 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

Поступила в редакцию: 17.10.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения является важной задачей, поскольку позволяет оценить состояние и изменения земельных угодий. Одной из проблем, требующих внимания, является чрезмерная распашка и деградация земель. Чрезмерная распашка, то есть повторная обработка почвы в сельскохозяйственных целях без достаточного времени для восстановления плодородия, может привести к деградации почвенного покрова. Это может проявиться в снижении содержания органического вещества, разрушении структуры почвы и утрате плодородия. Деградация земель ведет к снижению урожайности и качества посевов, что негативно сказывается на

экономической эффективности сельского хозяйства [1; 9]. Особенно важно обратить внимание на деградацию земель в степной зоне с недостаточным увлажнением [19]. Чрезмерная распашка и нерациональное использование земель в степной зоне без учета их естественных ограничений, таких как недостаток увлажнения, может привести к опустыниванию. Степная зона, в которую входит левобережье Саратовской области, характеризуется недостаточным количеством осадков, что делает ее особо уязвимой к деградации почв и позволяет отнести к зоне рискованного земледелия.

Деградация земель влечет за собой серьезные последствия для сельского хозяйства Саратовской

области. Уменьшение плодородия почв и снижение урожайности приводят к ухудшению условий для сельскохозяйственного производства. Земли становятся менее пригодными для выращивания культурных растений, а также для пастбищного хозяйства. Это приводит к уменьшению объемов сельскохозяйственной продукции, что может негативно сказаться на продовольственной безопасности региона.

Для предотвращения деградации земель и сохранения их плодородия необходимо оперативно проводить мониторинг и прогнозирование состояния почв и растительности в степной зоне Саратовской области. Это позволит своевременно выявлять зоны с повышенным риском деградации почв и принимать меры по их охране.

Одним из преимуществ использования геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования в земледелии является возможность создания карт управления земельными ресурсами [2; 14]. Одной из ключевых стратегий борьбы с деградацией почв является устойчивое земледелие [10; 12]. Это подразумевает использование методов, которые способствуют сохранению плодородия почвы и увеличению ее влагоудерживающей способности. Например, применение мульчирования, использование севооборотов, агротехнических приемов, таких как посев непосредственно в остатки предыдущего урожая или использование сухого земледелия [7; 16].

Для более точного прогнозирования состояния почв и растительности в степной зоне Саратовской области могут использоваться современные методы и технологии, такие как дистанционное зондирование Земли с помощью спутниковых снимков и анализ геопространственных данных [15]. Это позволяет получать информацию о состоянии растительности, плодородии почвы, влажности и других параметрах, которые необходимы для принятия решений по охране и восстановлению почвенного покрова.

На данный момент существует множество систем дистанционной оценки сельскохозяйственно-го использования территорий, где производится мониторинг используемых земель. Но эти данные не имеют достаточной точности, обладают низким разрешением и применимы только для регионального или более высокого уровня.

На основании информации, представленной в Базе данных муниципальных образований (<https://rosstat.gov.ru/dbscripts/munst/munst63/DBInet.cgi#1>), можно отметить, что за последние 10 лет посевная площадь Ровенского района, расположенного на юго-западе Саратовского Заволжья, увеличилась примерно в два раза. В 2012 году она составляла 38,4 тысячи гектаров, в то время как в 2022 году достигла отметки в 68 тысяч гектаров. В 2020 году отмечался спад посевных площадей (61 тыс. га), возможной причиной являются засухи на юге европейской части России [19]. Как мы видим, площади посевных растут, а значит уве-

личиваются площади распашки сельскохозяйственных земель.

Актуальность работы обусловлена отсутствием современных сведений о пространственном размещении используемых и неиспользуемых сельскохозяйственных угодий. Также существует необходимость в разработке электронной маски сельхозугодий в масштабе муниципальных образований для мониторинга и контроля использования земельных ресурсов и сохранения продуктивности почв.

Целью настоящего исследования являлось определение актуальных границ пахотных земель на территории Ровенского района на основе данных дистанционного зондирования Земли и сравнение полученных результатов с другими доступными данными на территорию исследования.

**Материалы и методы.** Картографирование пахотных земель проводилось в границах Ровенского района Саратовской области. Общая площадь исследуемой территории составляет 210,7 тыс. га. Объект расположен на юго-западе Левобережья. В районе насчитывается 8 муниципальных образований.

Агроклиматические показатели и биологическая продуктивность в Ровенском районе характеризуются следующими параметрами. Термические ресурсы составляют от 2800 до 3000°C, годовое количество осадков составляет около 350 мм. Гидротермический коэффициент находится в диапазоне от 0,4 до 0,6, а коэффициент увлажнения составляет от 0,20 до 0,15. Район относится к категории очень засушливой степи [8].

Район исследования находится в зоне почвенно-геоморфологической катены «Малый Сырт» [13]. В Ровенском районе преобладают темно-каштановые почвы с глинистой и суглинистой текстурой, которые составляют около 24,7% от общей площади. На территории Хвалынской террасы встречаются солонцеватые почвы, сопровождающиеся наличием солонцов. На юго-востоке района можно встретить песчаные почвы, которые занимают около 6,9% от общей площади. На Хвалынской террасе образовались солонцеватые комплексы на глинах и песках, способных удерживать соль. Почвообразующие породы преимущественно представлены аллювиальными и делювиальными отложениями, а также сырцовыми глинами [4; 11]. В районе распространена ветровая эрозия.

Картографирование актуальных границ пахотных угодий выполнено по мультиспектральным спутниковым снимкам Sentinel-2 (тайлы 38UNB и 38UPB). Использовались весенние и летние космоснимки: на весенних снимках поля вспахиваются, а на летних засеяны или уже убраны. При объединении спектральных каналов использовался инфракрасный канал для улучшения видимости зеленой здоровой растительности [3; 5; 6]. Определение залежных земель выполнено по мозаике Landsat (1984-1987) со сканера Thematic Mapper (зона N-38-50 и N-39-50); эти данные распространяются

Геологической службой [https://earthexplorer.usgs.gov/]. На рисунке 1 представлены мозаики космических снимков Sentinel-2 (2022 г.) и Landsat (1984-1987 гг.).

Для сравнения данных дешифрирования использовались глобальные карты землепользования ESRI Land Cover (Environmental Systems Research Institute [17]) и ESA WorldCover (European Space Agency, Европейское космическое агентство [20]) на 2021 год. Оба продукта основаны на автоматическом распознавании типов земного покрова по европейским спутниковым снимкам Sentinel-2 с пространственным разрешением 10 метров при

помощи искусственного интеллекта (AI). Информационные продукты имеют 9-10 классов. В наборах продуктах типов земного покрова содержатся классы: «Застроенные территории», «Древесный покров», «Водные объекты», «Пастбища», «Пахотные земли» и т.д. Для быстрого картографирования в информационном продукте ESA WorldCover используют радарные данные Sentinel-1, при таком способе лучше отделяются водные объекты и высокая растительность. Для сравнения мы использовали класс пахотных земель «Cropland», сведения о залежных землях в указанных информационных продуктах не содержатся.

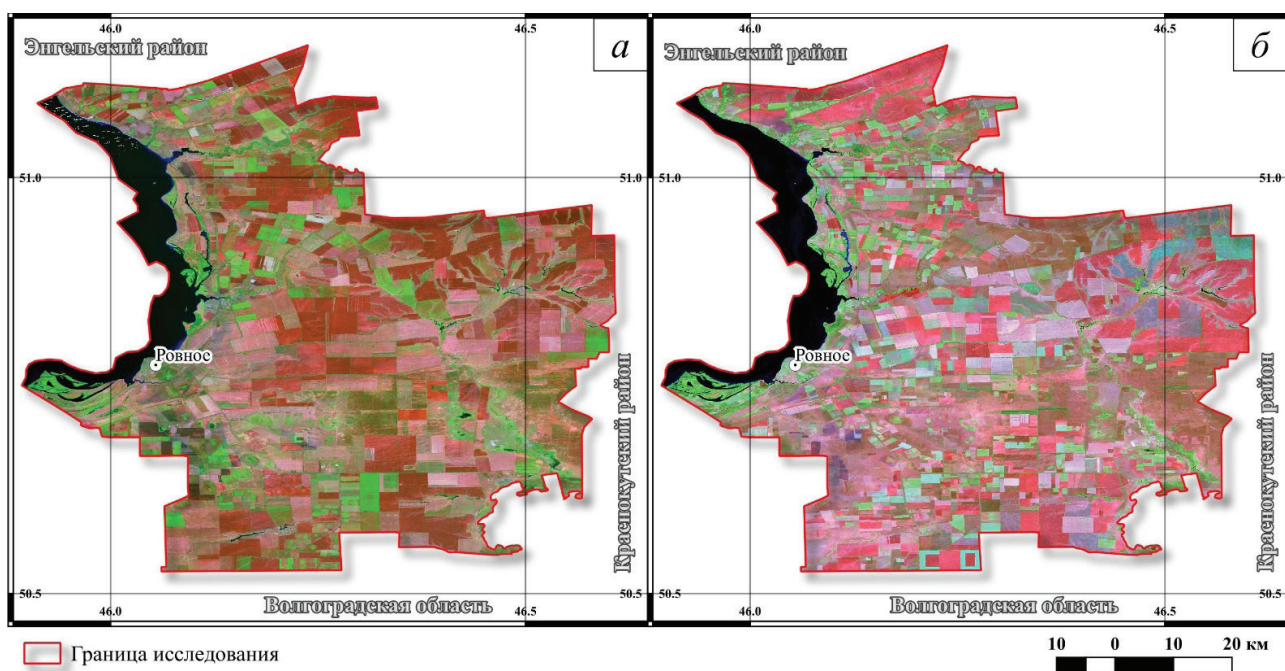


Рисунок 1. Космофотокарта территории исследования, а – мозаика снимков Landsat (1984-1987), б – мозаика снимков Sentinel-2 за 2022

Таблица 1. Площадь сельскохозяйственных угодий по сельским поселениям Ровенского района Саратовской области

Сельское поселение	Общая, площадь сельских поселений, тыс. га	Площадь пашни, тыс. га	Площадь залежей, тыс. га
Привольненское	17,24	10,76	1,68
Кочетновское	21,95	14,66	1,04
Первомайское	26,16	13,28	9,86
Приволжское	14,05	9,53	0,09
Ровенское	37,87	13,76	7,31
Тарлыковское	28,14	14,69	1,17
Луговское	32,64	14,41	7,26
Кривоярское	32,70	21,08	3,17
Всего	210,75	112,17	31,58

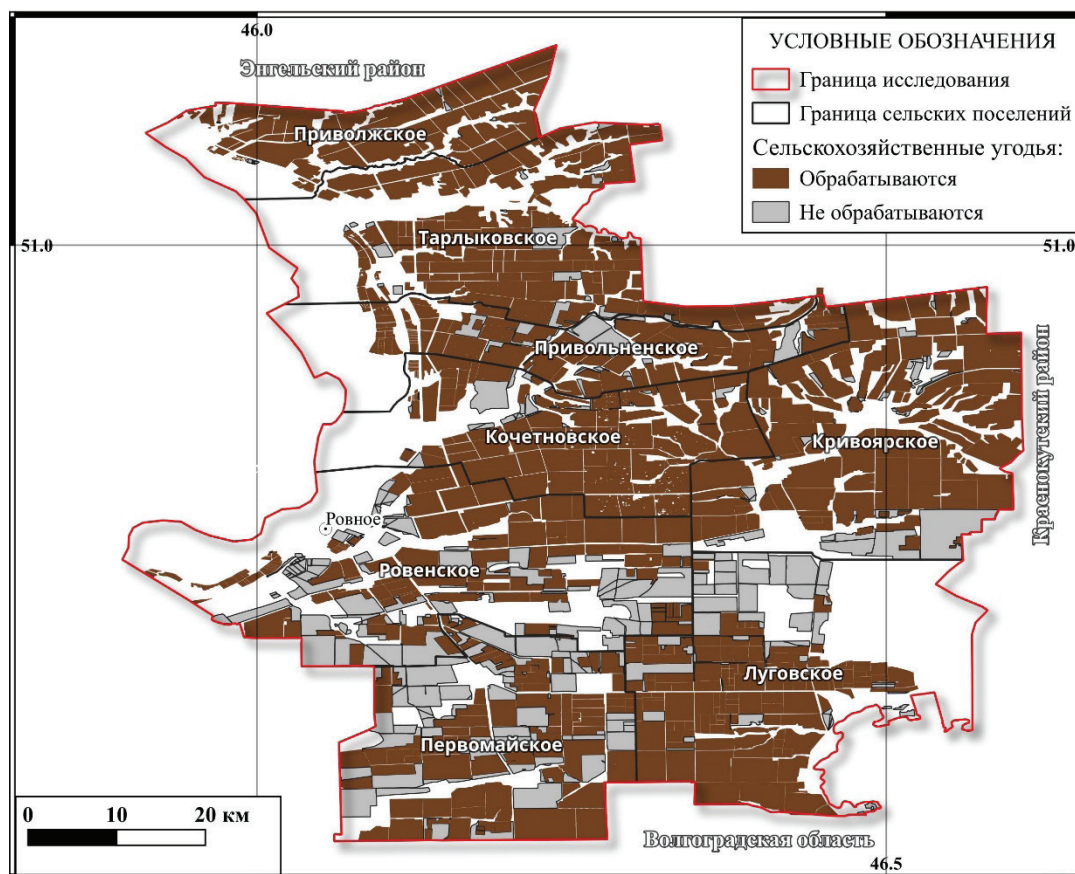


Рисунок 2. Распределение сельскохозяйственных угодий по данным дешифрирования в границах сельских поселений

**Результаты и обсуждение.** В результате дешифрирования спутниковых данных картографировано 1309 сельскохозяйственных полей общей площадью 143,75 тыс. га, из них 865 участков пахотных земель площадью 112,17 тыс. га и 444 участка залежных земель, площадь которых составляет 31,58 тыс. га (рис.2).

Данные по площадям пашни и залежей, полученные по результатам визуального дешифрирования, представлены в таблице 1, рисунок 2. Доля сельскохозяйственных угодий в общей площади района составляет 68,2%, доля пашни – 53,2%, залежей – 15%. Северная часть района отличается высоким уровнем использования полей: в Приволжском, Тарлыковском, Привольненском, Кочетковском и Кривоярском сельских поселениях распахан от 86 до 99% сельскохозяйственных угодий.

В южном направлении в структуре сельскохозяйственных земель увеличивается доля залежей. В Ровенском городском и Луговском сельском поселениях не используется 33-34% сельхозугодий. В Первомайском сельском поселении к залежам относятся 42,6% угодий.

Для оценки точности данных картографирования пашни по спутниковым снимкам было проведено сравнение с открытыми статистическими данными и информационными продуктами данных типов земного покрова ESRI Land Cover и ESA WorldCover. Данные Всероссийской сельско-

хозяйственной переписи Саратовской области за 2016 год отсутствуют в открытом доступе, поэтому сравнение было проведено по итогам Всероссийской переписи 2006 года по районам Саратовской области [https://64.rosstat.gov.ru/folder/28075]. По данным статистики насчитывается 93,1 тыс. га пашни и 22,34 тыс. га залежи. Согласно информации из «Атласа почв» [11], в Ровенском районе 111,6 тыс. га пашни, а залежи отсутствуют. Также отсутствуют данные в границах сельских поселений Ровенского района.

Доля пашни в границах района по разным данным составляет от 42,2% (по данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года) до 62 % (по данным глобальных карт землепользования ESRI). По данным визуального дешифрирования доля пашни в районе составила 53%.

На рисунке 3 представлено распределение пахотных земель по разным данным на территорию Ровенского района. Цвета легенды использованы согласно классификации информационных продуктов землепользования.

Для сравнения данных дешифрирования был составлен результирующий растр по данным из всех источников и выполнено сравнение площадей пахотных земель в разрезе сельских поселений с определением точности на основе коэффициента детерминации, относительной и среднеквадратической ошибок.



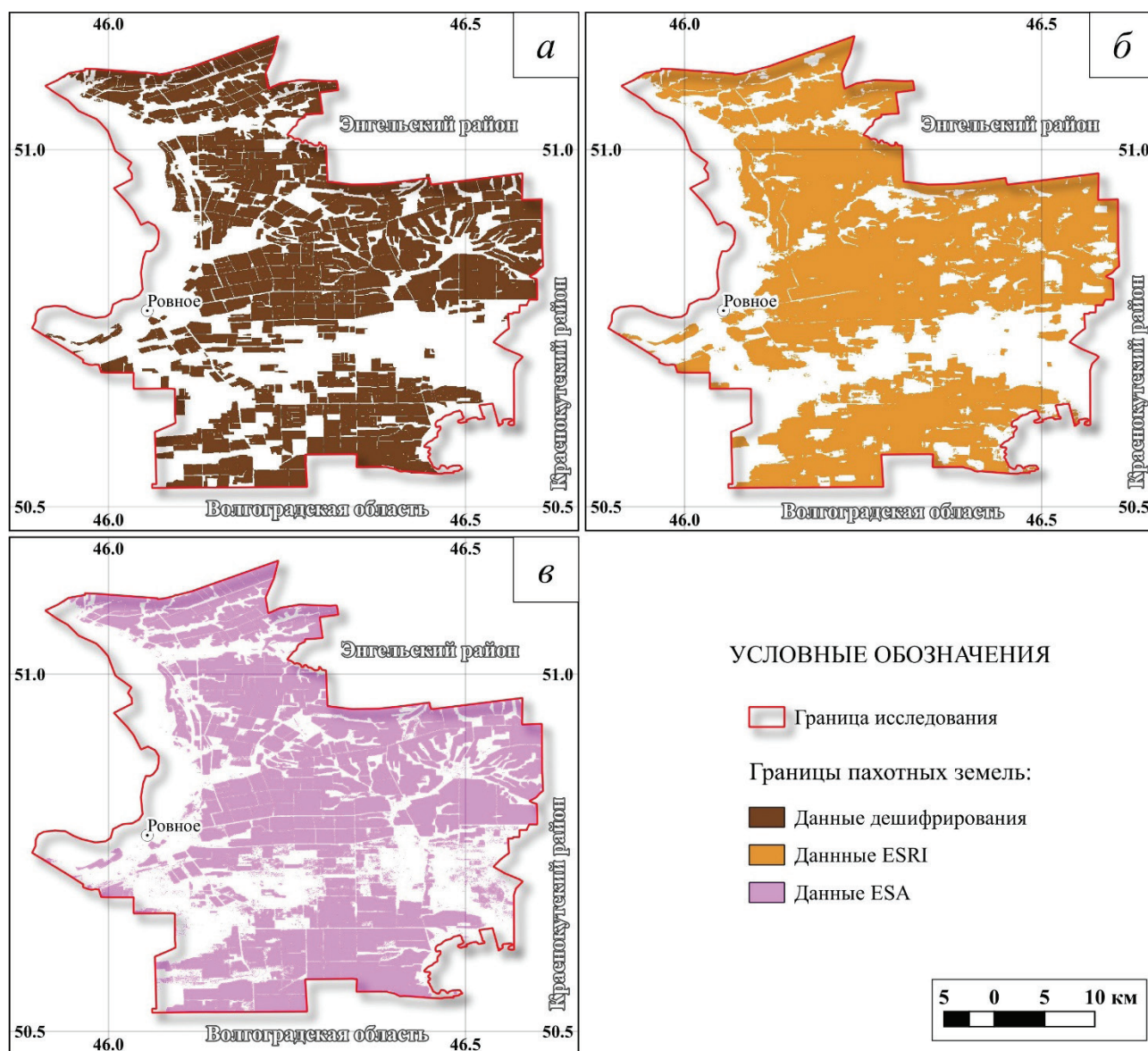


Рисунок 3. Распределение сельскохозяйственных угодий на территории Ровенского района по разным данным

Это позволило оценить точность каждого информационного источника о пахотных землях относительно результирующего растра.

В результате проведенного сравнительного анализа, основанного на данных различных информационных продуктов и составленном результирующем растре (рис. 4), было выявлено, что наиболее сильную связь величин коэффициента детерминации демонстрируют данные дешифрирования пахотных угодий ( $R^2 = 0,99$ ), что позволяет расценивать эти данные как достоверные. В сравнении с результирующим растром, относительная ошибка составляет 0,34%. Коэффициент детерминации для данных ESA равен ( $R^2 = 0,9$ ), в среднем по этим данным площадь пашни завышена на 7% при среднеквадратической ошибке  $RMSE = 5\%$ . Возможно, из-за использования радарных данных информационный продукт ESA обладает хорошей точностью. Для данных ESRI коэффициент детерминации равен 0,86, при этом среднеквадратическая ошибка составляет 10,8%,

что в среднем приводит к завышению площадей пахотных угодий.

В Кривоярском сельском поселении отмечается наибольшая площадь пашни, которая составила по данным дешифрирования 21,08 тыс. га, по данным ESA – 22,5 тыс. га и по данным ESRI – 24,4 тыс. га. Наименьшие площади пахотных земель отмечаются в Привольненском и Приволжском сельских поселениях – от 8 до 10 тыс. га по разным продуктам, что пропорционально размеру муниципальных образований. Максимальные площади залежных земель по данным дешифрирования отмечаются в южных Первомайском, Ровенском и Луговском сельских поселениях с площадью 9,86, 7,31 и 7,26 тыс. га соответственно. Высокая доля сельхозугодий, выведенных из оборота на юге Ровенского района, может быть связана с большой долей солонцов в структуре почвенного покрова на юго-западе и слабогумусированных песков в комплексе с солонцами на юго-востоке, а также ускоренными процессами деградации земель.

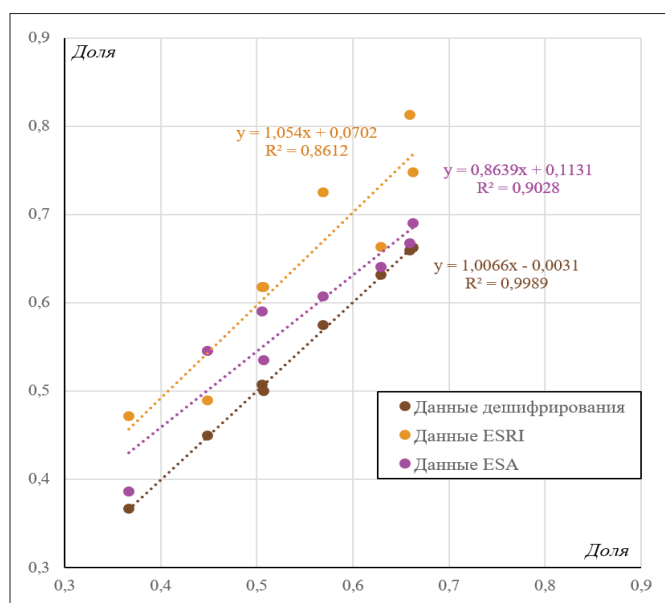


Рисунок 4. Сравнение долей площади пахотных земель по данным информационных продуктов (вертикальная ось) с результирующей величиной по данным двух и более источников (горизонтальная ось)

**Выводы.** Таким образом, в результате исследования определено пространственное размещение используемых и неиспользуемых сельскохозяйственных полей на территории Ровенского района в Саратовском Заволжье на основе спутниковых снимков Sentinel-2 по состоянию на 2022 год. По данным дешифрирования спутниковых снимков картографировано 1309 сельскохозяйственных полей общей площадью 143,75 тыс. га.

Проведено сравнение результатов дешифрирования пашни по космическим снимкам с данными официальной статистики и различных информационных продуктов, основанных на спутниковых данных высокого пространственного разрешения, таких как ESRI Land Cover и ESA WorldCover. По результатам сравнения данных дешифрирования пахотных угодий с результирующим растром коэффициент детерминации составляет  $R^2 = 0,99$ . Так как процесс идентификации земель продуктов ESA и ESRI обладает рядом неточностей и не подходит для мониторинга на муниципальном уровне, а данные официальной статистики устарели и не соответствуют действительности, на данный момент визуальное дешифрирование является самым достоверным способом картографирования пахотных угодий в масштабе муниципальных образований. В условиях засушливого климата и рискованного земледелия для предотвращения деградации земель, вывода из оборота пашни, и, соответственно, сохранения эффективности сельского хозяйства существует необходимость в ведении мониторинга сельскохозяйственных земель.

Таким образом, использование геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования в сельском хозяйстве способствует повышению эффективности мониторинга с использованием дистанционных методов. Одним из преимуществ использования геоинформационных методов и спутниковых данных в земледелии яв-

ляется возможность создания электронных карт управления земельными ресурсами территорий. Эти карты могут быть использованы как основа для анализа различных параметров полей, таких как морфометрические характеристики, структура почвы, климатические особенности и другие факторы, что позволит аграрным предприятиям принимать индивидуальные решения для каждого участка поля.

В дальнейшем планируется комплексно изучить морфометрические характеристики и почвенные особенности сельхозугодий на территории степей Саратовского Заволжья. Электронные карты полей, полученные в результате исследования, могут применяться для дальнейшего мониторинга сельскохозяйственных угодий, контроля использования земель, для разработки эффективных стратегий управления и принятию мер по адаптации к гидрологическим и климатическим изменениям в засушливой зоне.

#### Литература:

1. Агролесомелиорация. 5-е изд., переработ. и доп. / под ред. А.Л. Иванова, К.Н. Кулика. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. 746 с.
2. Берденгалиева А.Н., Берденгалиев Р.Н. Связь сезонной динамики озимой пшеницы и рельефа в подзоне южных черноземов Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2022. №3 (118). С. 49-56. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.007.49-56
3. Васильченко А.А. Пространственный анализ инфраструктуры орошаемых полей Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2022. № 4(119). С. 12-18. DOI 10.34736/FNC.2022.119.4.002.12-18.
4. Воротников И.Л., Нейфельд В.В. Эффективность применения цифровых технологий в управлении земельными ресурсами муниципальными образованиями Саратовской области // Аграрный научный журнал. 2018. № 6. С. 76-81. DOI 10.28983/asj.v0i6.510
5. Выприцкий А.А., Матвеев Ш. Влияние государственных защитных лесных полос на сезонную динамику

продуктивности пашни // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2(70). С. 271-280. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-31.

6. Дорошенко В.В. Зависимость вегетации озимых культур от рельефа и почв на востоке Ставропольского края // Исследование Земли из космоса. 2023. № 5. С. 71-84. DOI 10.31857/S0205961423050044

7. Кадомцева М.Е., Нейфельд В.В. Региональные особенности использования технологий точного земледелия в сельском хозяйстве // Проблемы развития территории. 2021. Т. 25, № 2. С. 73-89. DOI 10.15838/ptd.2021.2.112.5.

8. Климат Саратова. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 152 с.

9. Манаенков А.С., Корнеева Е.А. Биогеографические аспекты оценки эффективности защиты пахотных земель лесными полосами // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2021. № 3. С. 48-54.

10. Мелихова А.В. Морфометрический анализ агроландшафтов переходной зоны южных черноземов и темно-каштановых почв Волгоградской области // Природные системы и ресурсы. 2022. Т. 12, № 4. С. 26-33. DOI 10.15688/nsr.jvolsu.2022.4.3

11. Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель: АСТ. 2011. 632 с.

12. Рулев А.С., Шинкаренко С.С., Бодрова Н.В., Сидорова Н.В. Геоинформационные технологии в обеспечении точного земледелия // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4(52). С. 115-122. DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-15

13. 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

14. Синельникова К.П., Берденгалиева А.Н., Матвеев Ш., Бальнова В.В., Мелихова А.В. Картографирование пахотных земель в агроландшафтах Волгоградской области по данным дистанционного зондирования // Исследование Земли из космоса. 2023. № 5. С. 85-96. DOI 10.31857/S0205961423050081

15. 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.

16. Belyakov A.M. Typing of Agricultural Landscapes in the Volgograd Region // Arid Ecosystems. 2021. V. 11. № 1. P. 102–108. <https://doi.org/10.1134/S2079096121010030>

17. Karra K., Kontgis C., Statman-Weil Z., Mazzariello J.C., Mathis M., Brumby S P. Global land use / land cover with Sentinel 2 and deep learning // 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS (Brussels, 11-16 July 2021). 2021. P. 4704-4707. DOI: 10.1109/IGARSS47720.2021.9553499

18. Kulik K.N., Petrov V.I., Yuferev V.G., Tkachenko N.A., Shinkarenko S.S. Geoinformational Analysis of Desertification of the Northwestern Caspian // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10, No. 2. P. 98-105. DOI 10.1134/S2079096120020080

19. 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. Vol. 12, No. 4. P. 353-360. DOI 10.1134/s2079096122040187

20. Zanaga D., Van De Kerchove R., De Keersmaecker W., Souverijns N., Brockmann C., Quast R., Wevers J., Grosu A., Paccini A., Vergnaud S., Cartus O., Santoro M., Fritz S., Georgieva I., Lesiv M., Carter S., Herold M., Li L., Tsensdbazar N. E., Ramoino F., Arino O. ESA WorldCover 10 m 2020 v100 [Электронный ресурс]. 2021. Режим доступа: <https://zenodo.org/record/7254221> (дата обращения: 05.10.2023 г.). DOI: 10.5281/zenodo.5571936

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.009.60-67

## Analysis of the Spatial Structure of Agricultural Land in the South of the Saratov Trans-Volga Region

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

Asel N. Berdigalievа, 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.** Excessive use of agricultural land can lead to soil degradation and desertification of the territory. This is especially true in regions belonging to the zone of risky farming. In this regard, there is a need to monitor agricultural land at various administrative levels. Recently, geoinformation technologies (GIS) and remote sensing data (satellite images) have been used to monitor and control agricultural lands. Based on the recognition of Sentinel-2 high-resolution spectral satellite images by visual decryption, a map of the land use structure was compiled and the boundaries of the Rovenskiy district of the Saratov Region fields were determined. As a result of the study, 1,210 agricultural fields with a total area of 140.6 thousand hectares were mapped on the territory of the Rovenskiy district, 80% of which are arable land with an area of 111.62 thousand hectares and 20% are fallow lands with an

area of 29.02 thousand hectares. The results of satellite images decoding are compared with data from official statistics and various information products based on high spatial resolution satellite data, such as ESRI Land Cover and ESA WorldCover. Comparative analysis has shown that the strongest relationship between the values of the determination coefficient is demonstrated by the data of decoding arable land ( $R^2=0.99$ ). The next information product in terms of the determination coefficient is ESA ( $R^2=0.9$ ). According to these data, the arable land area is overestimated on average by 7% with a standard error RMSE =5%. At the moment, manual decryption is the most reliable way to map arable land at the local level. The digital field maps obtained as a result of the study can be useful for developing effective land management strategies and taking measures to adapt to climate change.

**Keywords:** Agro-landscapes, arable land, land degradation, geoinformation technologies, remote sensing

**Funding.** The work was performed within the framework of the state task of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences No. 122020100311-3 «Theoretical foundations of the functioning and natural-anthropogenic transformation of agroforestry complexes in transitional natural and geographical zones, patterns and forecast of their degradation and desertification based on geoinformation technologies, aerospace methods and mathematical cartographic modeling in modern conditions».

**Citation.** Bolgov I.A., Berdigaliev A.N. Analysis of the Spatial Structure of Agricultural Land in the South of the Saratov Trans-Volga Region. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):60-67. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.009.60-67

Received: 17.10.2023

Accepted: 07.12.2023

### 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.)
2. Berdengaliev A.N., Berdengaliev R.N. The relationship of relief and winter wheat seasonal dynamics in the subzone of southern chernozems in the Volgograd region. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2022;3(118):49-56. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.007.49-56
3. Vasilchenko A.A. Spatial analysis of the Volga-Akhtuba floodplain irrigated fields infrastructure in the Volgograd region. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2022;4(119):12-18. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.002.12-18.
4. Vorotnikov I.L., Neufeld V.V. The digital technologies use effectiveness in the land resources management by municipalities of the Saratov Region. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal = The Agrarian Scientific Journal*. 2018;6:76-81. (In Russ.) DOI: 10.28983/asj.v0i6.510
5. Vypritskiy A.A., Matveev S. State protective forest belts influence on the seasonal dynamics of arable land productivity. *Izvestia Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2023;2(70):271-280. (In Russ.) DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-31.
6. Doroshenko V.V. Dependence of the winter crops vegetation on the relief and soils in the east of the Stavropol Region. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2023;5:71-84. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0205961423050044
7. Kadomtseva M.E., Neufeld V.V. Regional peculiarities of the precision farming technologies use in agriculture. *Problemy razvitiya territorii*. 2021;25(2):73-89. (In Russ.) DOI: 10.15838/ptd.2021.2.112.5.
8. Climate of Saratov. L. "Hydrometeoizdat" Publ. house; 1987, 152 p. (In Russ.)
9. Manaenkov A.S., Korneeva E.A. Biogeographic aspects of assessing the effectiveness of arable lands protection by forest belts. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya = Moscow University Bulletin. Series 5, Geography*. 2021;3:48-54. (In Russ.)
10. Melikhova A.V. Morphometric analysis of agricultural landscapes of the transition zone of southern chernozems and dark chestnut soils of the Volgograd Region. *Prirodnye sistemy i resursy = Natural Systems and Resources*. 2022;12(4):26-33. (In Russ.) DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2022.4.3
11. National atlas of soils of the Russian Federation. M. "Astrel"; AST Publ. houses; 2011, 632 p. (In Russ.)
12. Rulev A.S., Shinkarenko S.S., Bodrova N.V., Sidorova N.V. Geoinformation technologies in precision farming. *Izvestia Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2018;4(52):115-122. (In Russ.) DOI: 10.32786/2071-9485-2018-04-15
13. Rulev A.S., Yuferev V.G., Rulev G.A. Soil-geomorphological catena «Maly Syrt – Near-Caspian region». *Geomorfologiya*. 2020;1:22-33. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0435428120010125
14. Sinelnikova K.P., Berdengaliev A.N., Matveev Sh., Balynova V.V., Melikhova A.V. Mapping of arable lands in agro-landscapes of the Volgograd Region using remote sensing data. *Issledovanie Zemli iz kosmosa = Earth Observation and Remote Sensing*. 2023;5:85-96. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0205961423050081
15. 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, 102 p. (In Russ.)
16. Belyakov A.M. Typing of Agricultural Landscapes in the Volgograd Region. *Arid Ecosystems*. 2021;11(1):102-108. <https://doi.org/10.1134/S2079096121010030>
17. Karra K., Kontgis C., Statman-Weil Z., Mazzariello J.C., Mathis M., Brumby S P. Global land use / land cover with Sentinel 2 and deep learning. 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS (Brussels, 11-16 July 2021); 2021, pp. 4704-4707. DOI: 10.1109/IGARSS47720.2021.9553499
18. Kulik K.N., Petrov V.I., Yuferev V.G., Tkachenko N.A., Shinkarenko S.S. Geoinformational Analysis of Desertification of the Northwestern Caspian. *Arid Ecosystems*. 2020;10(2):98-105. DOI: 10.1134/S2079096120020080
19. 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
20. Zanaga D., Van De Kerchove R., De Keersmaecker W., Souverijns N., Brockmann C., Quast R., Wevers J., Grosu A., Paccini A., Vergnaud S., Cartus O., Santoro M., Fritz S., Georgieva I., Lesiv M., Carter S., Herold M., Li L., Tsendbazar N. E., Ramoino F., Arino O. ESA WorldCover 10 m 2020 v100 [Electronic resource]. 2021. Access mode: <https://zenodo.org/record/7254221> (accessed: 05.10.2023). DOI: 10.5281/zenodo.5571936

**Авторский вклад.** Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

**Conflict of interest.** Author declare no conflict of interest.

4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

УДК 638.132.2

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.010.68-73

## Особенности формирования нектаро- и медопродуктивности фацелии пижмолистной сорта Наталия в зависимости от агротехнических приемов

Александр Николаевич Асташов✉, e-mail: alex-astashov@mail.ru, к.с.-х.н., г.н.с., ORCID: 0000-0002-2744-9428

Кирилл Алексеевич Пронудин, н.с., ORCID: 0000-0002-9760-6732

Татьяна Владимировна Родина, к.с.-х.н., с.н.с., ORCID: 0000-0002-6670-417X

Вера Сергеевна Плаксина, с.н.с., ORCID: 0000-0002-8968-8774

«Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы»,

ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», e-mail: rossorgo@yandex.ru,

410050, 1-й Институтский проезд, 4, г. Саратов, Россия

**Аннотация.** Поиск растений с полезными свойствами и продолжительным периодом цветения остается одной из самых главных задач для отрасли пчеловодства. Многолетние исследования по изучению и внедрению в полевое кормопроизводство фацелии пижмолистной в агроклиматических условиях Саратовской области на южном черноземе позволили предложить технологию возделывания, при которой фермеры, пчеловоды могут создавать непрерывно цветущие массивы, позволяющие повышать продуктивность пасек, что в свою очередь способствует экономическому укреплению хозяйств. Цель наших исследований заключалась в определении особенностей формирования элементов продуктивности фацелии пижмолистной при различных сроках и способах посева. Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в засушливых условиях Нижнего Поволжья. Анализ феноспектров прохождения фенологических фаз развития растений фацелии пижмолистной показал, что период непрерывного цветения культуры в среднем за годы проведения исследований составил 63 дня. Установлено, что при раннем сроке (I декада мая) и ширококормном способе посева отмечены наибольшие показатели медопродуктивности агроценозов фацелии – 432,0 кг/га. Данный агротехнический прием также способствовал формированию большего количества цветков с одного растения фацелии. Проведенные исследования позволяют укрепить кормовую базу пчеловодства за счет включения фацелии пижмолистной в медоносный конвейер.

**Ключевые слова:** фацелия, феноспектры, цветение, медосбор, норма высева, срок посева, нектаропродуктивность, урожайность, способ посева.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках темы государственного задания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № НИОКТР 123011200036-1122020100448-6 «Формирование и изучение исходного материала однолетних трав с целью создания высокопродуктивных сортов для засушливых регионов».

**Цитирование.** Асташов А.Н., Пронудин К.А., Родина Т.В., Плаксина В.С. Особенности формирования нектаро- и медопродуктивности фацелии пижмолистной сорта Наталия в зависимости от агротехнических приемов // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 68-73. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.010.68-73

Поступила в редакцию: 30.10.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** Во многих регионах России существуют безмедосборные периоды, которые негативно сказываются на развитии пчелиных семей [3]. Для повышения продуктивности кормовой базы пчеловодства необходимо увеличивать площади посевов медоносных культур [2; 7; 11]. Одной из задач пчеловодов является создание конвейера непрерывно цветущих культур с ранней весны до глубокой осени [4; 5; 8]. К ним относят растения-медоносы, выделяющие большое количество нектара и пыльцы, с продолжительным периодом цветения [6; 14; 17].

На протяжении многих лет объектом пристального внимания было повышение эффективности сельскохозяйственного производства, устойчивое развитие и обеспечение конкурентоспособности промышленной продукции пчеловодства. Основой кормовой базы для пчел являются медоносные

растения, которые помогают сохранить естественные биоценозы, среду обитания пчел, гарантируют безопасность продуктов пчеловодства. Вместе с тем пчеловодство неразрывно связано с ведущими отраслями растениеводства, в которых выращивается значительное количество видов энтомофильных растений, многие из которых относятся к числу медоносных культур [9; 15; 12]. Один из важных факторов, обеспечивающих функционирование отрасли в оптимальном режиме, – наличие и состояние медоносной базы. На сегодняшний день в России имеется острый дефицит семян энтомофильных растений, используемых в промышленных севооборотах, в лугопастбищном, парковом и лесном хозяйстве [10; 13]. В последнее время этой теме уделяется недостаточно внимания, в связи с этим весьма актуально изучение такой культуры как фацелия пижмолистная, которая являет-

ся ценной медоносной и кормовой культурой [1]. Большинство медоносных культур выделяют нектар в течение отдельных частей дня, фацелия же выделяет нектар в течение всего светового дня. Выращивание фацелии в 3-4 срока позволит создать непрерывно цветущие массивы для повышения продуктивности пчел [16].

Цель исследований – определить особенности формирования основных элементов продуктивности фацелии пижмолистной при различных сроках и способах посева.

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследования являлась фацелия пижмолистная сорта Наталия (рисунок 4), включенная в государственный реестр селекционных достижений и допущенная к использованию во всех регионах РФ. Оригинатором сорта является ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Данный сорт адаптирован к почвенно-климатическим условиям зоны возделывания, поэтому и был выбран для проведения исследований.

Полевой опыт заложен на опытном поле института в три срока посева: I декада мая, II декада мая и I декада июня разными способами посева: рядовым (ширина междурядий 15 см) – сеялкой зерновой СЗП-5,4 и широкорядным (ширина междурядий 70 см) – овощной сеялкой СОН-4,2 с нормой высева семян – 2,0 млн шт./га. Общая площадь опыта – 0,12 га, площадь опытной делянки – 54 м<sup>2</sup> и 42 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная.

Для определения нектаропроductивности в полевых условиях, руководствовались методом смывания, предложенный Ливенцевой Е.К. (*Ливенцева Е.К. О методике определения нектаропроductивности растений. Пчеловодство, 1954, №11, С. 33-40.*), который позволяет определить общее количество сахаров в нектаре цветков. Перед отбором цветков с вечера предыдущего дня накрывали учетные делянки марлевыми изоляторами, чтобы избежать посещения посевов фацелии насекомыми. В колбу помещали 300 цветков, заливали дистиллированной водой и взбалтывали в течение 25 минут

вручную. Затем полученный раствор фильтровали и определяли процентное содержание сахаров в растворе с использованием лабораторного рефрактометра RL-2.

Пробы отбирали в течение дня с двухчасовым промежутком в трехкратной повторяемости в период массового цветения фацелии: первую пробу отбирали в 9 часов, а завершающую – в 17 часов. Полученные данные преобразовывали в миллиграммы согласно формуле:

$$H = (10 \times V_{в} \times K) / n$$

где H – нектарность одного цветка при разовом замере, мг;

V<sub>в</sub> – объем воды, мл;

K – содержание сахаров по показаниям рефрактометра, %;

n – количество цветков, шт.

При обработке результатов учитывали, что нектарная продуктивность у цветков равна 2H, а медовая продуктивность – 1,25H.

**Результаты и обсуждение.** В результате проведенных исследований определили, что продолжительность жизни одного цветка при свободном опылении варьирует от 1 до 2 дней. Отмечена тенденция уменьшения количества цветков фацелии от более раннего срока посева к позднему. Максимальное количество цветков фацелии пижмолистной за период исследований отмечено при посеве в I декаду мая: при широкорядном способе посева – 1735,7 шт./м<sup>2</sup> и при рядовом способе – 665,3 шт./м<sup>2</sup> (рисунок 1).

С целью ликвидации беззятчного периода необходимо создать конвейер непрерывно цветущих посевных медоносов. В нашем эксперименте анализ феноспектров прохождения фенологических стадий развития растений фацелии пижмолистной показал, что период непрерывного цветения культуры в 2022 году продлился с 20 июня по 23 августа и составил 64 дня, а в 2023 году продлился с 13 июня по 14 августа и составил 62 дня (рисунок 2).

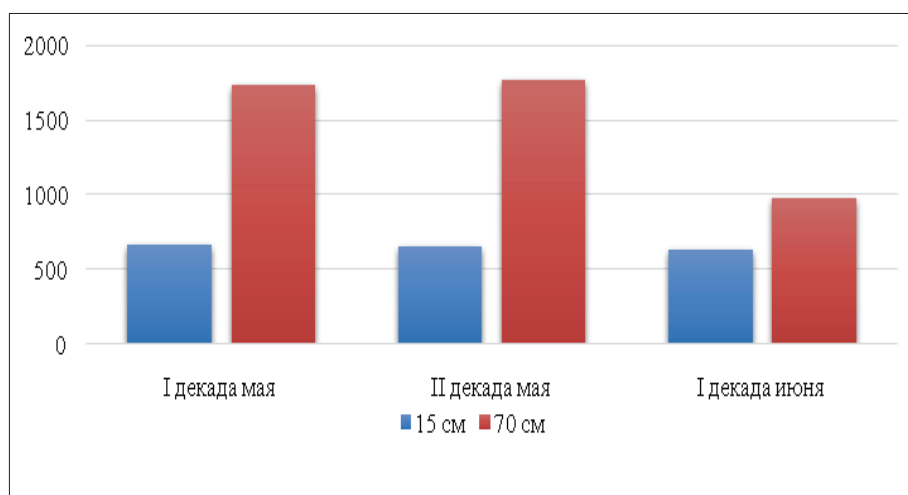
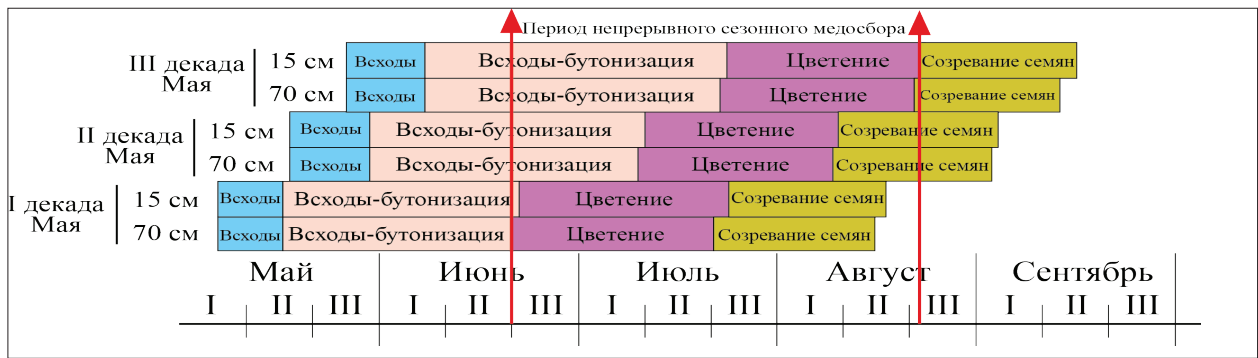
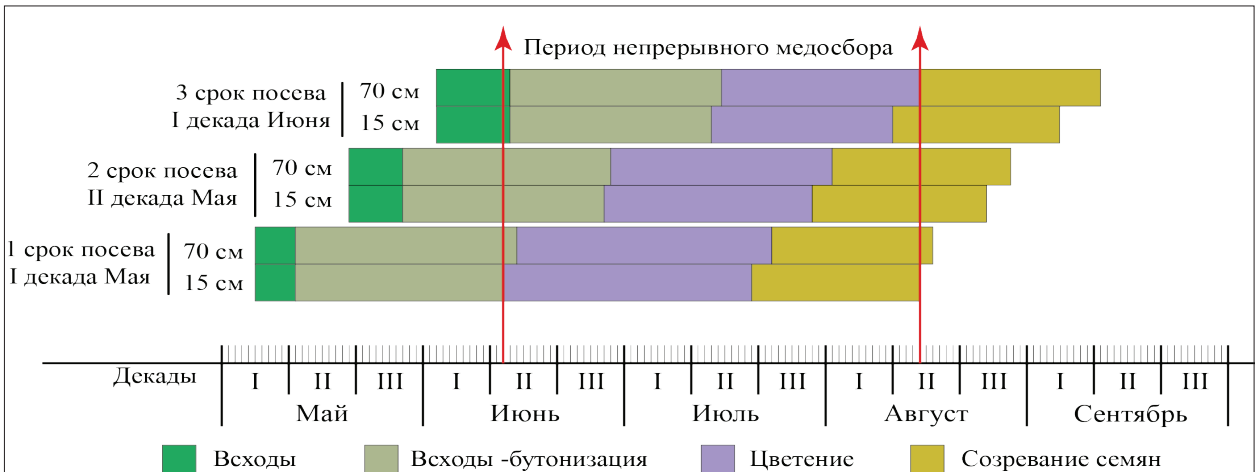


Рисунок 1. Количество цветков фацелии пижмолистной с одного растения (шт.), среднее 2022-2023 гг.



а)



б)

Рисунок 2. Феноспектры посевов фацелии пижмолистной сорта Наталия: а) 2022 г. б) 2023 г.



Рисунок 3. Изолирование растений фацелии от сбора нектара насекомыми

Общее количество сахара в нектаре цветков фацелии пижмолистной в полевых условиях определяли методом смывания. Основное преимущество метода – это возможность взять пробу быстро и с большого числа цветков. В проводимых опытах растения, из которых отбирали нектар, с вечера предыдущего дня изолировали от насекомых марлевыми изоляторами (рисунок 3). По результатам исследований отмечено, что накопление сахара в

нектаре цветков фацелии пижмолистной проходит с различной интенсивностью на протяжении дня. Так, при взятии проб с опытного участка при первом сроке посева (I декада мая) в первой половине дня (9 часов) количество сахара в цветках было наименьшим как при рядовом, так и при широкорядном способе посева и составило 0,29 и 0,31 мг соответственно (таблица 1).

Таблица 1. Количество сахара в одном цветке фацелии пижмолистной в зависимости от срока и способа посева (мг), среднее 2022-2023 гг.

Время отбора проб, ч	Срок посева					
	I декада мая		II декада мая		III декада мая	
	15' см	70''см	15' см	70''см	15' см	70''см
9:00	0,29	0,31	0,28	0,30	0,26	0,26
11:00	0,30	0,32	0,30	0,32	0,29	0,31
13:00	0,32	0,31	0,33	0,34	0,32	0,34
15:00	0,31	0,34	0,31	0,34	0,30	0,30
17:00	0,30	0,30	0,29	0,29	0,26	0,27
Среднее за день	0,30	0,32	0,30	0,32	0,28	0,29

Примечание: \* – рядовой посев с шириной междурядий 15 см; \*\* – широкорядный посев с шириной междурядий 70 см

Таблица 2. Нектаро- и медопродуктивность фацелии пижмолистной сорта Наталия (кг/га), среднее 2022-2023 гг.

Срок посева	Нектаропродуктивность		Медопродуктивность	
	15' см	70''см	15' см	70''см
I декада мая	350,1	900,1	294,1	432,0
II декада мая	279,3	888,9	234,6	426,7
III декада мая	238,6	376,4	200,4	180,6
<b>Всего за сезон</b>	<b>868,0</b>	<b>2165,3</b>	<b>729,1</b>	<b>1039,4</b>

Примечание: \* – рядовой посев с шириной междурядий 15 см; \*\* – широкорядный посев с шириной междурядий 70 см

Максимальное количество сахара в нектаре установлено при посеве широкорядным способом в 15 часов – 0,34 мг. При рядовом способе посева наибольшее выделение сахара отмечено в более раннее время (13 часов) и составило 0,32 мг.

В ходе проведения исследований отмечено, что содержание сахара уменьшалось с увеличением срока посева. Так, при посеве в третьей декаде мая содержание изучаемого показателя снизилось, относительно посева в первой декаде мая, на 6,7% при рядовом и на 9,4% при широкорядном посеве.

Установлено, что на продуктивность фацелии в нашем опыте повлияли как срок, так и способ посева. В таблице 2 представлена нектаро- и медопродуктивность фацелии пижмолистной с единицы площади: отмечено, что продуктивность фацелии при широкорядном способе посева выше относительно рядового посева. Максимальное накопление нектара в опыте установлено при раннем сроке посева (I декада мая) широкорядным способом – 900,1 кг/га, при этом стоит отметить, что данный показатель выше на 58,2% относительно позднего срока посева (III декада мая). Наибольшее накопление нектара в цветках фацелии пижмолистной при рядовом способе отмечено при раннем сроке посева – 350,1 кг/га, также при

рядовом посеве выявлено уменьшение накопления нектара от раннего срока посева к позднему на 20,2% и 31,8% соответственно.

Полученные результаты медопродуктивности фацелии в соответствии со сроками посевов позволили установить, что как при рядовом, так и при широкорядном способе посева наблюдается аналогичная закономерность, что и при формировании нектаропродуктивности фацелии пижмолистной. В исследованиях, проведенных учеными из Орловского государственного аграрного университета, также установлена данная закономерность [16]. Максимальный показатель медопродуктивности отмечен при раннем сроке посева (I декада мая) с шириной междурядий 70 см и составил 432,0 кг/га, а наименьший сбор меда получен при позднем сроке посева (III декада мая) с шириной междурядий 15 см – 200,4 кг/га.

**Заключение.** Таким образом, лучшие показатели нектаро- и медопродуктивности складываются при раннем сроке (I декада мая) широкорядным способом посева. Данный агротехнический прием способствовал формированию большего количества цветков с одного растения фацелии, и отмечены высокие показатели медопродуктивности с единицы площади.



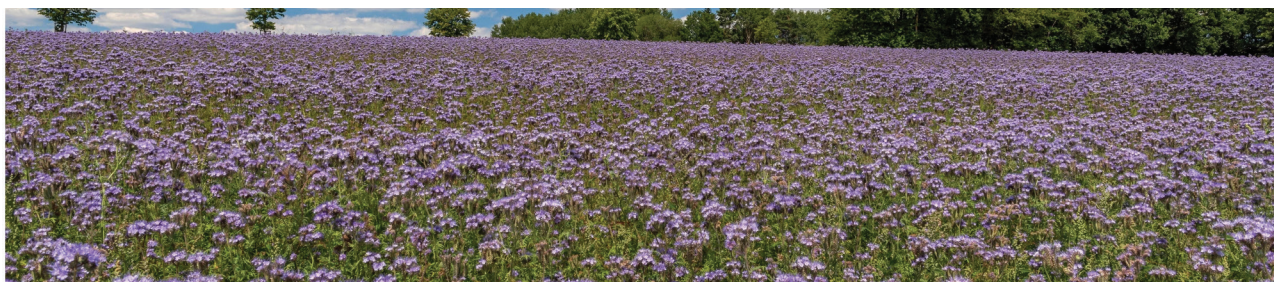


Рисунок 4. Фацелия пижмолистная, сорт Наталия

**Литература:**

1. Асташов А.Н., Пронудин К.А. Фацелия – высокопродуктивная медоносная культура / Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Саратов: ООО «Амирит». 2021. С. 32-37. EDN: URNQKC
2. Бородина М.Н. Медоносы вокруг пасеки // Пчеловодство. 2004. № 5. С. 24-25.
3. Бурмистрова Л.А., Докукин Ю.В., Прокофьева Л.В. Проблемы пчеловодства в Российской Федерации // Ветеринария и кормление. 2018. № 2. С. 21-24. EDN: XNHSPJ
4. Бурмистров А.Н. Сроки и способы посева медоносных растений // Пчеловодство. 2003. № 1. С. 22-24.
5. Велкова Н.И., Наумкин В.П. Пыльцевая и нектарная продуктивность сортов горчицы белой разных сроков и способов посева // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 3(11). С. 72-76. EDN: SNGQVP
6. Гушина В.А., Остробородова Н.И. Пчеловодство: учебное пособие. Пенза: РИО ПГАУ. 2020. 203 с.
7. Докукин Ю.В., Прокофьева Л.В., Шагун Я.Л., Лебедев В.И. Медоносные ресурсы – стратегический фактор развития пчеловодства // Пчеловодство. 2017. №3. С. 7-9. EDN: ZBMQSR
8. Кильянова Т.В., Сафина Н.В. Медоносный конвейер с использованием фацелии Ульяновская местная // Агромир Поволжья. 2014. № 2. С. 48-49. EDN: UCMYGZ
9. Мегес Р.К. Медоносные ресурсы и развитие пчелиных семей в различных ландшафтных зонах Краснодарского края: дис. ... канд. биол. наук. М., 2016. 159 с. EDN: YUMQJX
10. Наумкин В.П. Изучение кормовой базы пчеловодства Орловской области // Инновации в сельском

хозяйстве и проблемы экологии. 2020. С. 176-183. EDN: ZHKNNR

11. Разанова Е.П. Расширение кормовой базы пчеловодства для повышения производительности пчелиных семей // Зоотехническая наука Беларуси. 2019. Т. 54. № 2. С. 223-229. EDN: SIXASH
12. Самсонова И.Д. Особенности нектаровыделения разнотравья в фитоценозах Ростовской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 5. С. 41-43. EDN: RMRKDP
13. Серегина Н.В. Влияние погодных условий и агротехнических приемов на семенную продуктивность фацелии // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2017. № 8 (68). С. 276-280. DOI: 10.18551/rjoas.2017-08.32
14. Серяков И.С. Пчеловодство. Корма и кормовая база пчеловодства: учебно-методическое пособие. Горки: БГСХА, 2022. 126 с. EDN: NMVXUY
15. Тужилин С.В., Савин А.В. Виды фацелии и их роль в кормовой базе пчеловодства // Пчеловодство. 2022. № 2. С. 19. EDN: ZJZRRCR
16. Чибис С.П., Смалюга Н.А., Чибис В.В. Сроки посева медоносной культуры фацелии пижмолистной (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) в Омской области // Разнообразное и устойчивое развитие агробиосфер Омского Прииртышья: сборник материалов Национальной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ботанического сада Омского ГАУ. Омск. 2017. С. 169-174. EDN: ZSBZYL
17. Popović, V., Vučković S., Dolijanović Ž., Mihailović V., Ignjatov M., Ljubičić N., AČIMOVIĆ M. *Phacelia* Honey Productivity in Relation to Locality of Cultivation // GEA (Geo Eco-Eco Agro) International Conference. 2020. pp. 79-95.

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.010.68-73

## Features of the Nectar Formation and Honey Productivity of the “Natalia” *Phacelia Tanacetifolia*, Depending on Agrotechnical Techniques

Alexander N. Astashov✉, Cand. Sci. (Agr.), e-mail: alex-astashov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2744-9428

Kirill A. Pronudin, ORCID: 0000-0002-9760-6732

Tatiana V. Rodina, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0002-6670-417X

Vera S. Plaksina, ORCID: 0000-0002-8968-8774

Russian Research, Design and Technology Institute of Sorghum and Corn Federal State Government-Funded Scientific Institution, 410050, 1-st Institutsky proezd, 4, Saratov, Russia

**Abstract.** The search for plants with beneficial properties and a long flowering period remains one of the most important tasks for the beekeeping industry.

Long-term research on the *Phacelia tanacetifolia* study and introduction into field feed production in the agro-climatic conditions of the Saratov Region

in the southern chernozem has allowed us to propose a cultivation technology in which farmers and beekeepers can create continuously blooming massifs. These measures allow to increase the apiaries productivity, which in turn contributes to the economic strengthening of farms. The purpose of our research was to determine the formation features of *Phacelia tanacetifolia* productivity elements at various times and methods of sowing. The research was carried out at the experimental field of the ItosorgoRosNIISKFGBNU in the arid conditions of the Lower Volga region. Analysis of the phenological specters of the phenological phases passage of the *Phacelia tanacetifolia* plants development showed that the crop continuous flowering period averaged 63 days over the years of research. It was found that at an early date (the first decade of May) and a wide-row sowing method, the highest indicators of phacelia agrocesoses honey productivity were noted – 432 kg/ha. This agrotechnical technique also contributed to the formation of more flowers from one phacelia plant. The carried out research will strengthen the forage base of beekeeping by including the *Phacelia tanacetifolia* in the honey conveyor.

**Keywords:** phacelia, phenomena, flowering, honey collection seeding rate, sowing period, nectar productivity, yield, seeding method

**Funding.** The work was carried out within the framework of the theme of the state task of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 123011200036-1122020100448-6 “Formation and study of the source material of annual grasses in order to create highly productive varieties for arid regions”.

**Citation:** Astashov A.N., Pronudin K.A., Rodina T.V., Plaksina V.S. Features of the Nectar Formation and Honey Productivity of the “Natalia” *Phacelia Tanacetifolia*, Depending on Agrotechnical Techniques. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):68-73. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.010.68-73

Received: 30.10.2023

Accepted: 07.12.2023

#### References:

1. Astashov A.N., Pronudin K.A. *Phacelia* as a highly productive honey culture. Nauchnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa v usloviyah aridizatsii klimata: compilation of the International scientific and practical conference materials. Saratov. “Amirit” Publ. house; 2021, pp. 32-37. (In Russ.) EDN: URNQKC
2. Borodina M.N. Honey plants around the apiary. *Pchelovodstvo = Beekeeping*. 2004;5:24-25. (In Russ.)
3. Burmistrova L.A., Dokukin Yu.V., Prokofeva L.V. Beekeeping problems in the Russian Federation. *Veterinaria i kormlenie = Veterinary medicine and feeding*. 2018;2:21-24. (In Russ.) EDN: XNHSPJ

4. Burmistrov A.N. Terms and methods of honey plants sowing. *Pchelovodstvo = Beekeeping*. 2003;1:22-24. (In Russ.)
5. Velkova N.I., Naumkin V.P. Pollen and nectar productivity of white mustard varieties sowed in different terms and by different methods. *Zernobovoye i krupnyane kul'tury = Legumes and groat crops*. 2014;3(11):72-76. (In Russ.) EDN: SNGQVP
6. Gushchina V.A., Ostroborodova N.I. Beekeeping: a textbook. Penza. Penza SAU Publ. house; 2020, 203 p. (In Russ.)
7. Dokukin Yu.V., Prokofeva L.V., Shagun Ya.L., Lebedev V.I. Honey-bearing resources as a strategic factor in the beekeeping development. *Pchelovodstvo = Beekeeping*. 2017;3:7-9. (In Russ.) EDN: ZBMQSR
8. Kil'yanova T.V., Safina N.V. Honey-bearing conveyor using “Ulyanovskaya mestnaya” phacelia. *Agromir Povolzh'ya*. 2014;2:48-49. (In Russ.) EDN: UCMYGG
9. Meges R.K. Honey-bearing resources and the bee colonies development in various landscape zones of the Krasnodar Region: dis. ... Cand. of Sci. (Biol.). Moscow; 2016, 159 p. (In Russ.) EDN: YUMQJX
10. Naumkin V.P. Beekeeping fodder base study in the Orel Region. *Innovacii v sel'skom hozyajstve i problemy ekologii: compilation of materials of the International scientific and practical online conference for students, postgraduates, young scientists and specialists*; 2020, pp. 176-183. (In Russ.) EDN: ZHKNNR
11. Razanova E.P. Beekeeping feed base expansion for increasing the bee colonies productivity. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi = Zootechnical science of Belarus*. 2019;54(2):223-229. (In Russ.) EDN: CIXASH
12. Samsonova I.D. Motley grass nectar release features in the Rostov Region phytocenoses. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2012;5:41-43. (In Russ.) EDN: RMRKDP
13. Seregina N.V. Weather conditions and agrotechnical techniques influence on the seed productivity of phacelia. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017;8(68):276-280. (In Russ.) DOI: 10.18551/rjoas.2017-08.32
14. Seryakov I.S. Beekeeping. Feed and fodder base of beekeeping: educational and methodical manual. Gorki city. BSAA Publ. house; 2022, 126 p. (In Russ.) EDN: NMVXUY
15. Tuzhilin S.V., Savin A.V. *Phacelia* species and their role in the fodder base of beekeeping. *Pchelovodstvo = Beekeeping*. 2022;2:19. (In Russ.) EDN: ZJZRCR
16. Chibis S.P., Smalyuga N.A., Chibis V.V. Terms of *Phacelia tanacetifolia* honey-bearing crops sowing in the Omsk Region. *Raznoobraznoe i ustojchivoe razvitie agrobiocenozov Omskogo Priirtysh'ya*: Compilation of the National scientific and practical conference materials. Omsk; 2017, pp. 169-174. (In Russ.) EDN: ZSBZYL
17. Popović V., Vučković S., Dolijanović Ž., Mihailović V., Ignjatov M., Ljubičić N., AĆIMOVIĆ M. *Phacelia* Honey Productivity in Relation to Locality of Cultivation. GEA (GeoEco-EcoAgro) International Conference; 2020, pp. 79-95.

**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 631.6

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.011.74-81

## Эффективность полезащитных лесных полос в зависимости от агрометеорологических условий вегетационного периода

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

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

**Аннотация.** В Волгоградской области сельскохозяйственные угодья подвержены воздействию эрозии и дефляции. Актуальность темы обусловлена необходимостью расширения полезащитных лесных насаждений в районах с интенсивным проявлением водной эрозии и дефляции почв. Научная новизна заключается в подробном изучении особенностей влияния лесных полос на продуктивность сельскохозяйственных угодий и выявлении закономерностей функционирования агрофитоценозов с защитными насаждениями. Полевой опыт заложен в 2007 году в Котельниковском районе Волгоградской области в подзоне светло-каштановых почв. Схема опыта включала 2 варианта агрофитоценоза и 4 варианта основной обработки почвы. Наблюдения и анализ проводились в соответствии с общепринятыми методиками. Установлено, что полезащитные лесные насаждения влияют на формирование водного режима на межполосном пространстве, при этом содержание влагозапасов снижается по мере удаления от лесной полосы. Средневзвешенная величина содержания доступной влаги на агрофитоценозе с защитными лесными полосами в среднем выше на 10-20%, чем на вариантах, где нет полезащитных насаждений, как в засушливые, так и во влажные годы. Применение комбинированной обработки почвы обеспечивало влагонакопление на 4,5-34,2 % больше по сравнению с другими вариантами. Улучшение водного режима на межполосном пространстве под защитой лесных полос позволило получить урожайность озимой пшеницы в сухой год на уровне 0,6-1,1 т/га, а во влажные годы от 2,4 до 3,6 т/га в зависимости от способа обработки почвы. Полученные результаты позволят сельхозтоваропроизводителям наиболее эффективно использовать потенциал защищенных сельскохозяйственных угодий за счет прибавки урожайности и сохранения почвенного плодородия.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, сухая степь, полезащитные лесные насаждения, гидротермический коэффициент, продуктивная влага, обработка почвы, урожайность.

**Цитирование.** Сарычев А.Н., Резникова О.В. Эффективность полезащитных лесных полос в зависимости от агрометеорологических условий вегетационного периода // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 74-81. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.011.74-81

Поступила в редакцию: 20.10.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** На протяжении последних 8 лет валовые сборы зерновых культур в Российской Федерации превышают 120 млн тонн. Это обусловлено, прежде всего, повышением уровня агротехники возделывания, внедрением в производство новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, новых агрохимикатов, минеральных и биологических удобрений [2; 11].

Тем не менее, несмотря на положительную тенденцию роста продуктивности сельскохозяйственных угодий, отмечается вместе с тем и рост деградации почвенного покрова. В Российской Федерации около 80% сельскохозяйственных угодий подвержено деградационным процессам, что приводит к потере примерно около 2 млн га пахотных земель ежегодно. Основными ключевыми причинами деградации можно назвать следующие: увеличение обменной и гидролитической кислотностей, минерализация гумуса, формирование отрицательного баланса основных макро- и микроэлементов, эрозия и дефляция почв [5; 9].

В результате воздействия этих факторов происходит порой незаметное снижение продуктив-

ности угодий на протяжении нескольких лет, а на ликвидацию последствий могут уйти долгие годы, а порой и десятилетия. Волгоградская область не является исключением, поскольку площадь деградированных земель по данным ФНЦ агроэкологии РАН на 2020 год превысила 3 млн га, около 1,5 млн га подвержено водной эрозии, свыше 3 млн га являются дефляционно-опасными, а 2,2 млн га – засоленными [2].

Борьба с деградацией почвенного покрова не может заключаться только применением какого-то одного агротехнического или мелиоративного приема, она должна состоять из комплекса мероприятий и проводиться системно и постоянно. Наиболее эффективными приемами по борьбе с эрозией и дефляцией являются лесомелиоративные приемы и почвозащитные технологии обработки почвы, что подтверждается многочисленными исследованиями ученых и практиков [1; 7]. Учитывая изменение климата необходимо совершенствовать не только агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур, но и конструкцию и породный состав полезащитных

насаждений [6; 8]. В свою очередь проведенные мероприятия обеспечат оптимальное распределение снежного покрова в зимний период, снизят непродуктивный расход почвенной влаги, уменьшат коэффициент водопотребления и тем самым увеличат урожайность и валовые сборы сельскохозяйственных культур [10; 12]. Немаловажным является и влияние полезащитных насаждений на физико-химические показатели почвы, зачастую в зоне влияния лесных полос улучшаются агрофизические показатели (порозность, плотность, структурно-агрегатный состав) и агрохимические показатели (содержание макро- микроэлементов, гумуса и пр.) [4; 13]. Постоянный мониторинг водной эрозии, дефляционных процессов в районах с их активным проявлением в совокупности с внедрением современных технологий возделывания сельскохозяйственных растений и лесомелиоративных приемов обеспечат стабильный рост экономических показателей в сельском хозяйстве [3].

Целью наших исследований было изучение эффективности полезащитных лесных полос и приемов обработки почвы на формирование продуктивности посевов озимой пшеницы в различные по степени обеспеченности осадками годы.

**Материалы и методы.** В 2007 году был заложен полевой опыт на светло-каштановых почвах земледельческого фермерского хозяйства Сарычева Н.Н. в Котельниковском районе Волгоградской области. В статье представлены результаты исследований в различные по степени увлажнения годы: 2013 г. – острозасушливый, 2019 и 2023 г. – влажные, но отличающиеся различной интенсивностью выпадения осадков в период вегетации. Почвы опытного участка светло-каштановые, тяжелосуглинистые с низкой обеспеченностью азотом и фосфором, и высоким содержанием обменного калия.

Схема опыта включала в себя 2 фактора: Фактор А. Агрофитоценоз: Вариант № 1 – опытный

участок с защитными насаждениями (контрольные точки расположены на удалении 1,5, 5, 10, 15, 25 и 35 высот (Н) от полезащитной лесной полосы (ПЗЛП); Вариант № 2 – опытный участок без защитных лесных насаждений (контроль).

Фактор В. Технология обработки почвы:

Вариант № 1. Отвальная вспашка (контроль) 0,2-0,22 м.

Вариант № 2. Мелкое плоскорезное рыхление 0,1-0,12 м.

Вариант № 3. Дисковая обработка почвы 0,1-0,12 м.

Вариант № 4. Обработка почвы комбинированным орудием 0,14-0,16 м.

Исследования проводились по общепринятой методике. Полезащитные лесные полосы (ПЗЛП) трехрядные, состоящие из вяза приземистого, высотой 9,5 м. Конструкция умеренно-ажурная.

Повторность опытов трехкратная, учетная площадь делянки на каждой изучаемой удаленности от полезащитной лесной полосы – 250 м<sup>2</sup>.

**Результаты и обсуждение.** Волгоградская область является регионом, в котором получение гарантированного урожая находится в тесной связи с погодными условиями года, а в частности от количества осадков и интенсивности их выпадения во время основных фенологических фаз развития сельскохозяйственных культур. Особенно для районов, находящихся в зоне каштановых и светло-каштановых почв, влагонакопление играет ключевую роль, в связи с этим основным предшественником для озимых культур является черный пар, который позволяет получать гарантированные всходы и стабильные урожаи. Анализ метеословий в годы проведения исследований и результаты исследований показали, что при отсутствии осадков во время вегетационного периода и высоких температурах воздуха, даже при соблюдении высокой культуры земледелия, происходит формирование урожая на весьма низком уровне.

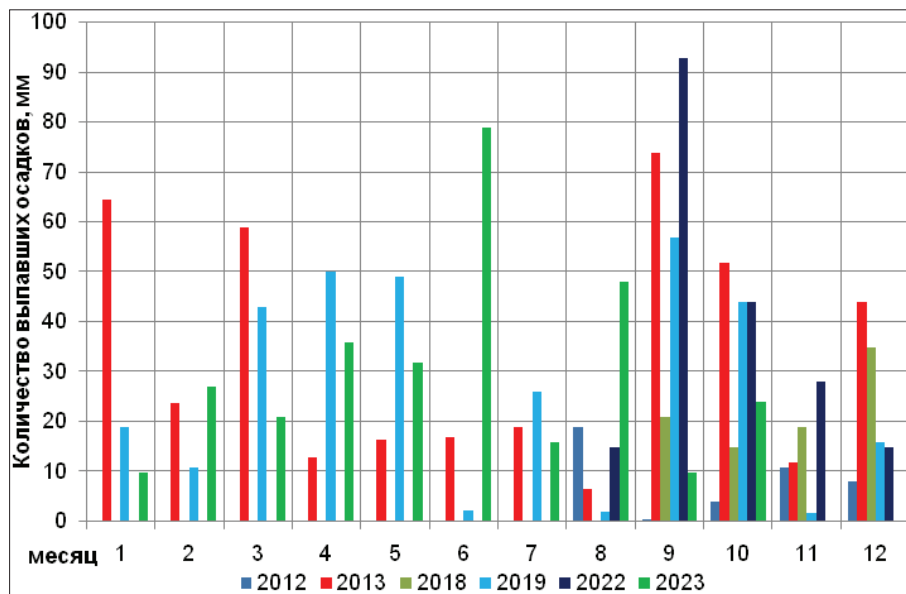


Рис. 1. Количество атмосферных осадков в годы исследований, мм

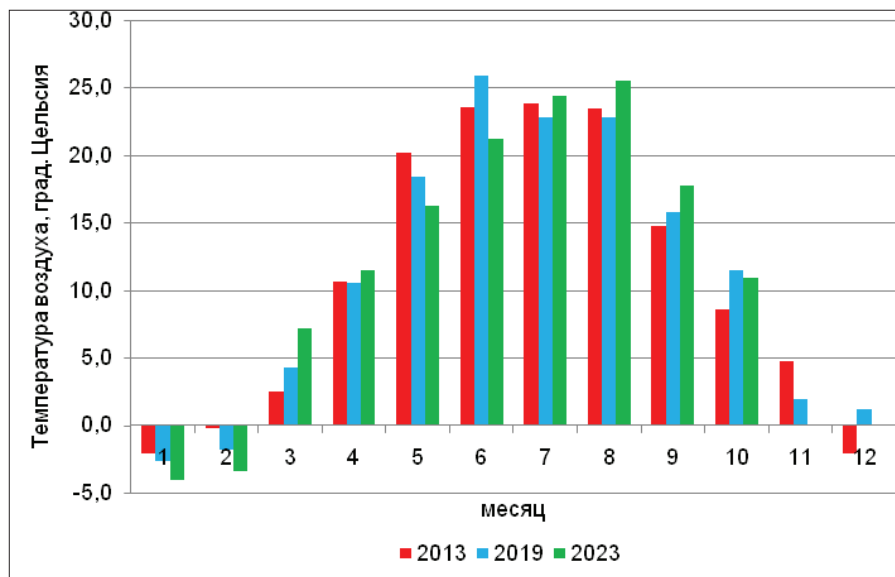


Рис. 2. Температура воздуха в годы проведения исследований, °С

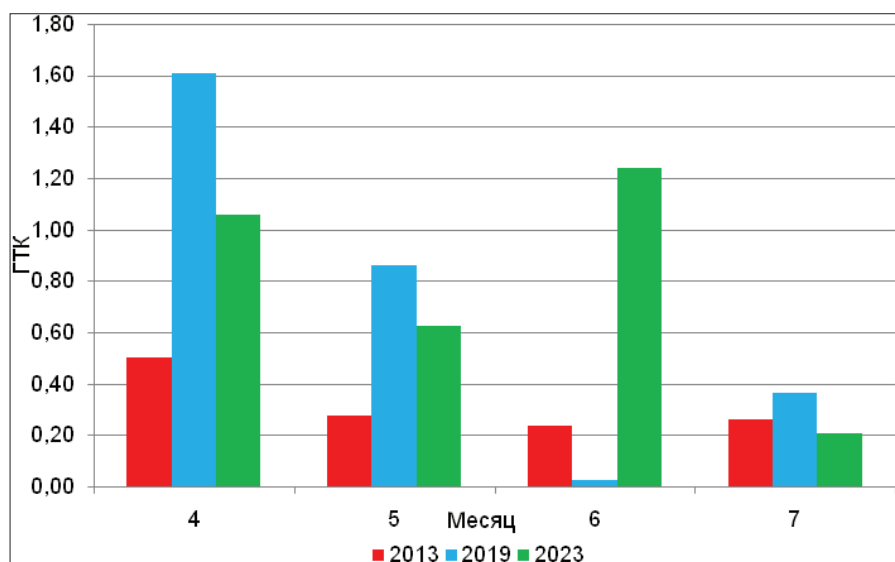


Рис. 3. Гидротермический коэффициент весенне-летнего периода вегетации озимой пшеницы в годы проведения исследований

Согласно данным метеостанции г. Котельниково [14], вегетационный период 2013 года и предшествующий осенний период 2012 года являются самыми засушливыми за последние 10 лет исследований, что сказалось на формировании элементов продуктивности озимой пшеницы. Так, за август-октябрь 2012 года выпало всего 31 мм осадков, в то же время в 2018 г. – 36 мм, а 2022 г. – 151 мм. Несмотря на незначительную разницу между суммой осадков осени 2012 и 2018 года, основное количество их в 2018 году осадков выпало в сентябре-октябре, а в 2012 в начале августа (рис. 1). Такие засушливые условия осени 2012 года как раз и отразились на формировании полевой всхожести озимой пшеницы, которая была чрезвычайно низкой и не превышала 40-50%, а в некоторых случаях отсутствовала вовсе.

Анализ вегетационного периода рассматриваемых

в статье лет исследований показал, что 2013 год является острозасушливым: гидротермический коэффициент варьировал от 0,24 (июнь) до 0,51 (апрель), количество осадков за период вегетации составило 65,5 мм, средняя температура воздуха 19,6 °С (рис. 2).

Вегетационный период 2019 года был средним по влагообеспеченности, хотя ГТК и был в первые месяцы самым высоким – 1,61 в апреле и 0,86 в мае. Отсутствие осадков в июне 2019 года (2,3 мм) и самая высокая среднемесячная температура (+25,9 °С) привели к формированию ГТК на уровне 0,03. За вегетационный период выпало 127,3 мм осадков при среднемесячной температуре 19,4°С (рис. 3).

Погодные условия 2023 года были самыми благоприятными для вегетации озимых зерновых культур, о чем свидетельствует гидротермический

коэффициент: в апреле он составил 1,06, в мае – 0,63, в июне – 1,24 и 0,21 – в июле, т.е. на протяжении всей вегетации растения пшеницы были обеспечены влагой, и температурный режим не был критическим для их развития. За период вегетации выпало 163,3 мм осадков, а средняя температура воздуха составила 18,4 °С.

Интенсивность выпадения осадков сказалась на формировании запаса почвенной влаги перед посевом и во время вегетации озимой пшеницы. Ключевую роль на формирование запасов доступной для растений влаги оказали приемы обработки почвы, а также наличие полевых защитных лесных насаждений (табл.1).

Перед посевом озимой пшеницы количество влаги в зависимости от приема обработки почвы варьировало в 2012 году в условиях агролесоландшафта от 0,3 до 12,9 мм, а без лесных полос не превышало 3,9 мм, в 2018 году – 40,3-54,6 мм, под защитой лесных полос – 35,7-46,5 мм, а в 2022 году – 35,6-49,2 и 30,4-41,7 мм соответственно.

На формирование весенних влагозапасов оказали влияние осенне-зимние осадки, которые обеспечили растения влагой после возобновления вегетации. Содержание доступной влаги в метровом слое в значительной степени зависело от наличия полевых защитных лесных насаждений и приемов обработки почвы.

В острозасушливом 2013 году содержание влаги в метровом слое почвы в начале вегетации составило от 60,0 до 91,8 мм под защитой лесных полос и от 56,8 до 82,8 мм на опытных участках без лесных полос в зависимости от приема обработки почвы. В 2019 и 2023 гг. содержание влаги было значительно выше и изменялось от 108,7 до 148,7 мм в агролесоландшафте, а без лесных полос – 96,1-130,1 мм, что соответствовало хорошим влагозапасам. Влагозапасы были критически низкими на опытном участке без защитных лесных насаждений.

Дальнейшее нарастание температур, и как следствие усиление испарения и потребление влаги растениями приводило к снижению влагозапасов в почве. Особенно резкий недостаток отмечался в мае 2013 г. в фазу выхода в трубку озимой пшеницы.

В агролесоландшафте количество доступной влаги составило 9,7-31,5 мм, без лесных полос – 3,3-24,3 мм. В 2019 году соответственно оно было равно 90-114,8 мм и 82,7-103,1 мм, а в 2023 году 64,2-90,5 и 50,2-77,4 мм.

В июне 2013 г. в метровом слое почвы доступная влага практически полностью отсутствовала. Тем не менее под защитой лесных полос ее запас достигал 14,1 мм, а без защитных насаждений не более 3,5 мм.

Таблица 1. Содержание доступной влаги в метровом слое почвы во время вегетации озимой пшеницы, мм

Способы обработки почвы	месяц	Апрель (возобновление вегетации)			Май (выход в трубку)		
	год	2013	2019	2023	2013	2019	2023
Отвальная вспашка (контроль)	среднезв под защ. ЛП	75,7	128,8	140,0	25,3	110,7	85,6
	открытое поле	69,3	116,4	120,4	17,1	100,2	76,2
Мелкое плоскорезное рыхление	среднезв под защ. ЛП	86,8	119,0	127,5	28,2	100,9	72,7
	открытое поле	80,9	105,7	110,9	20,7	90,3	60,8
Дискование	среднезв под защ. ЛП	60,0	108,7	117,3	9,7	90,0	64,2
	открытое поле	56,8	96,1	102,1	3,3	82,7	50,2
Комбинированная обработка почвы	среднезв под защ. ЛП	91,8	130,2	148,1	31,5	114,8	90,5
	открытое поле	82,8	117,6	130,1	24,3	103,1	77,4
Способы обработки почвы	месяц	Июнь (колошение)			Июль (полная спелость)		
	год	2013	2019	2023	2013	2019	2023
Отвальная вспашка (контроль)	среднезв под защ. ЛП	4,6	62,9	81,7	0,0	35,2	40,1
	открытое поле	0,0	47,5	72,7	0,0	29,4	33,9
Мелкое плоскорезное рыхление	среднезв под защ. ЛП	9,3	51,6	73,4	0,0	28,9	35,2
	открытое поле	3,5	43,9	68,6	0,0	24,9	32,6
Дискование	среднезв под защ. ЛП	0,7	43,2	65,5	0,0	24,5	30,1
	открытое поле	0,0	40,1	52,9	0,0	20,8	26,9
Комбинированная обработка почвы	среднезв под защ. ЛП	14,8	68,2	86,3	0,0	37,0	46,6
	открытое поле	5,1	52,7	78,5	0,0	30,8	40,2

Таблица 2. Структура водопотребления озимой пшеницы

Способы обработки почвы	удаленность от ПЗЛП	Израсходовано воды за вегетационный период, м <sup>3</sup> /га				Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Урожайность озимой пшеницы т/га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
		За счет запасов в почве		За счет атмосферных осадков				
		м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%			
2013								
Отвальная вспашка (контроль)	среднезв под защ. ЛП	756,9	63,2	458,5	39,4	1227,3	0,9	1222,4
	открытое поле	693,0	60,2	458,5	39,8	1151,5	0,82	1404,3
Мелкое плоскорезное рыхление	среднезв под защ. ЛП	868,4	66,5	458,5	36,1	1338,8	1,0	1185,4
	открытое поле	809,0	63,8	458,5	36,2	1267,5	0,97	1306,7
Дискование	среднезв под защ. ЛП	599,6	57,5	458,5	45,1	1070,0	0,6	1525,4
	открытое поле	568,0	55,3	458,5	44,7	1026,5	0,57	1800,9
Комбинированная обработка почвы	среднезв под защ. ЛП	918,2	67,8	458,5	34,8	1388,6	1,1	1145,0
	открытое поле	828,0	64,4	458,5	35,6	1286,5	1,05	1225,2
2019								
Отвальная вспашка (контроль)	среднезв под защ. ЛП	935,5	51,8	891,1	50,8	1849,8	3,2	529,0
	открытое поле	870,0	49,4	891,1	50,6	1761,1	2,75	639,6
Мелкое плоскорезное рыхление	среднезв под защ. ЛП	901,2	50,9	891,1	51,7	1815,4	2,7	602,8
	открытое поле	809,0	47,6	891,1	52,4	1700,1	2,45	694,9
Дискование	среднезв под защ. ЛП	842,2	49,1	891,1	53,5	1756,4	2,4	665,6
	открытое поле	753,0	45,8	891,1	54,2	1644,1	2,04	807,3
Комбинированная обработка почвы	среднезв под защ. ЛП	932,1	51,7	891,1	50,9	1846,3	3,4	498,8
	открытое поле	868,0	49,3	891,1	50,7	1759,1	3,04	579,3
2023								
Отвальная вспашка (контроль)	среднезв под защ. ЛП	999,1	47,2	1141,0	55,4	2169,7	3,5	573,0
	открытое поле	865,0	43,1	1141,0	56,9	2006,0	2,97	675,4
Мелкое плоскорезное рыхление	среднезв под защ. ЛП	923,1	45,2	1141,0	57,4	2093,8	2,9	668,4
	открытое поле	783,0	40,7	1141,0	59,3	1924,0	2,54	757,5
Дискование	среднезв под защ. ЛП	872,2	43,7	1141,0	58,8	2042,8	2,5	737,3
	открытое поле	752,0	39,7	1141,0	60,3	1893,0	2,16	876,4
Комбинированная обработка почвы	среднезв под защ. ЛП	1015,2	47,6	1141,0	55,0	2185,9	3,6	557,6
	открытое поле	899,0	44,1	1141,0	55,9	2040,0	3,09	660,2

Июнь 2019 года был очень засушливым, поскольку выпало 2,3 мм осадков, это отразилось на интенсивном потреблении вегетативной массой озимой пшеницы большого количества влаги из почвы и на конечном содержании влаги в почве, тем не менее на облесенном агроландшафте содержание влаги было больше, чем на вариантах без защитных насаждений и составило 43,2-68,2 мм, что больше в среднем на 10 мм. Во влажном 2022 году прослеживалось лесомелиоративное влияние полезащитных насаждений, и доступной влаги в метровом слое

почвы содержалось на уровне 65,5-86,3 мм, а без защитных насаждений – 52,9-78,5 мм в зависимости от способа основной обработки почвы.

В почвенно-климатических условиях, где был заложен опыт, зачастую к фазе полной спелости содержание доступной влаги не превышает 20 мм, а иногда и меньше. Это подтверждается нашими исследованиями. В 2013 году в условиях значительного дефицита почвенной влаги и атмосферных осадков на всех вариантах без исключения доступная влага полностью отсутствовала в ме-

тровом слое почвы. Осадки в количестве 19 мм выпали во второй половине июля, но это не повлияло на формирование урожая сельскохозяйственных культур. В более влажном 2019 году на вариантах с полезащитными лесными насаждениями количество влаги в почве варьировало от 24,5 до 37,0 мм, а без лесных полос 20,8-30,8 мм.

Из изучаемых вариантов обработки почвы комбинированная обработка почвы на 0,14-0,16 м имела преимущество по сравнению с другими обработками, а в отдельные годы находилась на уровне с более энергоёмкой и глубокой отвальной вспашкой на 0,20-0,22 м. Тем не менее на этом варианте происходило лучшее влагонакопление и сохранение доступной для растений влаги.

Анализ суммарного водопотребления (табл. 2) показал, что оно имело различную структуру в зависимости от климатических условий года исследований. Так, в засушливом 2013 году в структуре водного баланса наибольшая доля приходилась на влагозапасы в почве от 55,3 до 67,8 %, в 2019 году из-за более интенсивного выпадения осадков соотношение атмосферных осадков и влагозапасов в почве было примерно на одном уровне и равнялось соответственно 50,9-54,2 и 45,8-51,8%. Во влажном 2022 году на атмосферные осадки приходилось больше и составляло 55,0-60,3 %, на почвенные влагозапасы – 39,7-47,6%.

Величина суммарного водопотребления изменялась в зависимости от условий года, наличия полезащитных лесных насаждений и вариантов обработки почвы. Так, в засушливом 2013 году величина суммарного водопотребления составила на облесненном агролесоландшафте 1070-1388,6 м<sup>3</sup>/га, без лесных полос – 1026,5-1286,5 м<sup>3</sup>/га. В 2019 году – соответственно 1756,4-1846,3 м<sup>3</sup>/га и 1644,1-1759,1 м<sup>3</sup>/га, в 2022 году – 2042,8-2185,9 м<sup>3</sup>/га и 1893,0-2040 м<sup>3</sup>/га.

В засушливом 2013 году эта величина была самой высокой по сравнению с другими рассматрива-

емыми годами исследования и составила не менее 1145,0 м<sup>3</sup>/т, что обусловлено низким суммарным водопотреблением и низкой урожайностью озимой пшеницы. Тем не менее эффективность полезащитных насаждений просматривается при оценке коэффициента водопотребления, поскольку он ниже на вариантах с лесными полосами, чем на вариантах без них. Под защитой лесных полос коэффициент варьировал в зависимости от приема основной обработки почвы от 1145,0 до 1525,4 м<sup>3</sup>/т, а без лесных полос от 1225,2 до 1800,9 м<sup>3</sup>/т.

В более влажные 2019 и 2022 годы коэффициент водопотребления был ниже, чем в 2013 году и варьировал от 498,8 до 807,3 м<sup>3</sup>/т в 2019 году и от 557,6 до 876,4 м<sup>3</sup>/т в 2022 году. Несмотря на довольно большое количество выпавших осадков в период вегетации, лесные полосы оказали свое мелиоративное влияние: за счет снижения непродуктивного испарения сформировался высокий урожай, и тем самым снизив коэффициент водопотребления озимой пшеницы. Как показали расчеты на облесненной территории в среднем коэффициент водопотребления ниже на 11,0% в засушливые годы и на 15% во влажные годы, чем на полях, где отсутствуют лесные полосы.

Таким образом, под защитой полезащитных лесных полос и комбинированной обработкой почвы формируются самые максимальные значения суммарного водопотребления в опыте.

Расчёт коэффициента водопотребления (эвапотранспирации) показал, что его величина варьирует в зависимости от условий года: чем засушливее год, тем выше коэффициент водопотребления и менее эффективно используются почвенные влагозапасы и атмосферные осадки.

Основопологающим критерием оценки эффективности агротехнических и мелиоративных приемов является итоговая урожайность, полученная на опытных участках.

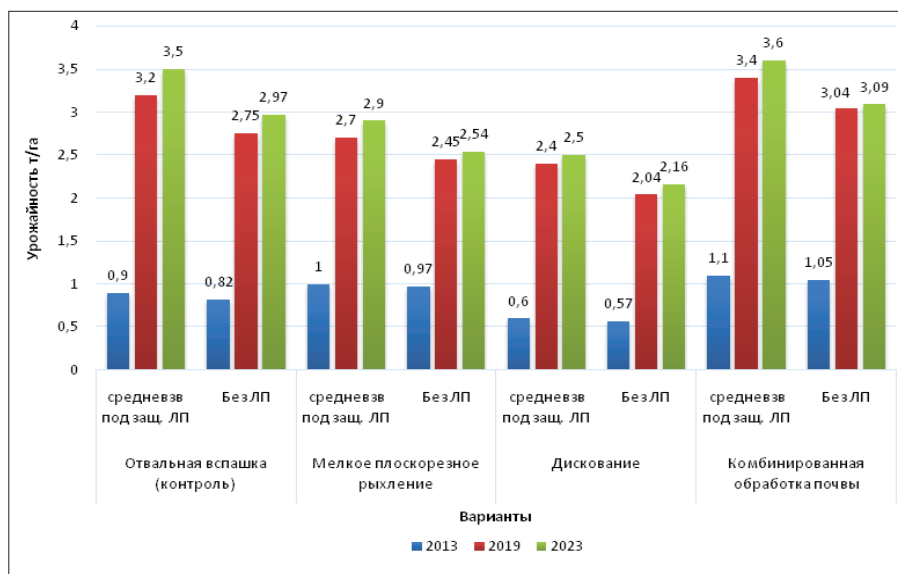


Рис. 4. Урожайность озимой пшеницы, т/га



Как показали исследования, в различные по степени увлажнения годы полезащитные лесные полосы дают стабильную прибавку урожайности на лесомелиорируемой территории не менее 8-20% в зависимости от метеорологических особенностей года (рис. 4).

Исследования показали, что в засушливый 2013 год на вариантах с защитными лесными насаждениями средневзвешенная урожайность в зависимости от обработки почвы варьировала от 0,6 до 1,1 т/га, а без лесополос 0,57 до 1,05 т/га, во влажные 2019 и 2023 года от 2,4 до 3,6 т/га под защитой лесных полос, а на вариантах без лесных полос от 2,04 до 3,09 т/га (табл.2). Из изучаемых вариантов обработки почвы большой урожай озимой пшеницы обеспечивала комбинированная обработка почвы на 0,14-0,16 м с мульчированием верхнего слоя и нарезкой щелей на 0,25-0,27 м, как в условиях засухи, так и при достаточном увлажнении.

При этом стоит отметить, что разница с контрольным вариантом отвальной вспашки разница была в отдельные годы минимальной, и преимущество данной обработки складывалось за счет экономических показателей в виде снижения затрат и, как следствие, уменьшения себестоимости выращенной продукции.

**Выводы.** Таким образом, полезащитные лесные полосы оказывают мелиоративное влияние на формирование продуктивности озимой пшеницы. В разные по степени влагообеспеченности годы она повышается на 17-20% и обязана аккумуляции дополнительной влаги в почве, снижению непродуктивного испарения и активности ветрового режима на защищенных полях. Применение комбинированной обработки почвы в системе ПЗЛП позволяет получать урожай озимой пшеницы выше, чем при традиционной обработке, до 3,6 т/га. При этом за счет отсутствия оборота пласта обеспечивается снижение воздействия эрозии и дефляции на почвенный покров.

#### Литература:

1. Беляков А.М., Назарова М.В. Агрорландшафты и технологии засушливого земледелия // Научно-агрономический журнал. 2018. № 1 (102). С. 35-39. EDN: XSHRHV
2. Беляков А.М., Кошелев А.В. Особенности проявления деградационных процессов в агрорландшафтах сухостепной зоны Волгоградской области // Аридные экосистемы. 2023. Т. 29. № 1 (94). С. 120-130. DOI: 10.24412/1993-3916-2023-1-120-130
3. Жолинский Н.М., Кораблева И.Н., Нуждин Н.Н. Мониторинг водной эрозии почв в агрорландшафтах Сара-

товского правобережья // Аграрный вестник Юго-Востока. 2018. № 3 (20). С. 34-36. EDN: VSKNBA

4. Кошелев А.В. Влияние лесных полос на физико-химические показатели в зоне каштановых почв Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2017. № 2 (101). С. 36-38. EDN: ZPDTZH

5. Кузыченко Ю.А., Катков К.А. Деградация сельхозугодий и приёмы обработки почвы в Ставропольском крае // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (102). С. 9-15. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-102-4-9-15

6. Кулик А.В., Барабанов А.Т., Гордиенко О.А., Шайфуллин М.Р. Повышение мелиоративной эффективности лесополос в засушливых условиях // Аридные экосистемы. 2023. Т. 29. № 1 (94). С. 105-112. DOI: 10.24412/1993-3916-2023-1-105-112

7. Манаенков А.С., Подгаецкая П.М., Попов В.С. Влияние полезащитных лесных полос на развитие яровой пшеницы в приопушечной зоне посевов // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2023. Т. 78. № 4. С. 97-106. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.4.9

8. Поташкина Ю.Н., Иванцова Е.А. Влияние полезащитных лесных полос ажурной конструкции на характер снегораспределения // Природные системы и ресурсы. 2021. Т. 11. № 4. С. 31-36. DOI: 10.15688/nr.jvolsu.2021.4.3

9. Пугачева А.М., Вдовенко А.В. Полезащитные лесные полосы, как один из факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур в засушливых условиях юга России / В сборнике: Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Составитель Н.А. Щербакова. 2019. С. 476-480. DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-3-102

10. Рулева О.В., Семинченко Е.В. Водопотребление ярового ячменя в зависимости от лесных полос // АгроФорум. 2021. № 1. С. 56-58. EDN: SKVZNG

11. Сытин Г.О., Беляков А.М. Влияние полезащитных лесных полос на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зоне каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 323-329. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-37

12. Узолин А.И., Кулик А.В. Эффективность защитных лесных полос в формировании и перераспределении снежного покрова на водосборах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 100-106. EDN: VOQRYC

13. Хамадеев А.Р., Сорокин Н.С. Зависимость влияния лесных полос на урожайность сельскохозяйственных культур // Наука и образование: проблемы, идеи, инновации. 2019. № 12 (24). С. 78-83. EDN: LPEOSK

14. [https://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Котельниково](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Котельниково)

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.011.74-81

## The Effectiveness of Protective Forest Belts Depending on the Growing Season Agrometeorological Conditions

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

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

Volgograd State Agricultural University, e-mail: volgau@volgau.com,  
400002, Universitetskiy Prospekt, 26, Volgograd, Russia

**Abstract.** Agricultural land in the Volgograd region is exposed to erosion and deflation. The relevance of the topic is due to the need to expand protective forest plantations in areas with intense manifestations of water erosion and soil deflation. The scientific novelty consists in a detailed study of the forest belts influence on the agricultural land productivity and the identification of agrophytocenoses functioning patterns with protective plantations. The field experience was started in 2007 in the Kotelnikovskiy district of the Volgograd Region in the subzone of light chestnut soils. The experiment scheme included 2 variants of agrophytocenosis and 4 variants of basic tillage. The observations and analysis were carried out in accordance with generally accepted methods. It has been established that protective forest plantations affect the water regime formation in the inter-belt space. The moisture content decreases as you move away from the forest belt. The weighted average value of the available moisture content in agrophytocenosis with protective forest belts is on average 10-20% higher than in variants where there are no protective plantations, both in dry and wet years. The use of combined tillage provided moisture accumulation by 4.5-34.2% more than other options. Water regime improvement in the inter-belt space under the protection of forest belts made it possible to obtain a yield of winter wheat in dry years at the level of 0.6-1.1 t/ha, and in wet years from 2.4 to 3.6 t/ha, depending on the method of tillage. The results obtained will allow agricultural producers to make the most effective use of the protected agricultural land potential by increasing yields and preserving soil fertility.

**Keywords:** winter wheat, dry steppe, protective forest plantations, hydrothermal coefficient, productive moisture, tillage, yield

**Citation.** Sarychev A.N., Reznikova O.V. The Effectiveness of Protective Forest Belts Depending on the Growing Season Agrometeorological Conditions. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):74-81. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.011.74-81

Received: 20.10.2023

Accepted: 07.12.2023

#### References:

1. Belyakov A.M., Nazarova M.V. Agro-landscapes and arid agriculture technologies. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2018;1(102):35-39. (In Russ.) EDN: XSHRHV
2. Belyakov A.M., Koshelev A.V. Degradation processes manifestation features in the agricultural landscapes of the dry steppe zone of the Volgograd region. *Aridnye ekosistemy = Arid ecosystems*. 2023;29(1(94)):120-130. (In Russ.) DOI: 10.24412/1993-3916-2023-1-120-130

3. Zholinskij N.M., Korableva I.N., Nuzhdin N.N. Monitoring of water erosion of soils in the agricultural landscapes of the Volga right bank near Saratov. *Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka = Agrarian Reporter of South-East*. 2018;3(20):34-36. (In Russ.) EDN: VSKNBA

4. Koshelev A.V. Forest belts influence on physico-chemical parameters in the chestnut soil zone of the Volgograd region. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2017;2(101):36-38. (In Russ.) EDN: ZPDTZH

5. Kuzychenko Yu.A., Katkov K.A. Farmland degradation and tillage techniques in the Stavropol Region. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023;4(102):9-15. (In Russ.) DOI: 10.37670/2073-0853-2023-102-4-9-15

6. Kulik A.V., Barabanov A.T., Gordienko O.A., Shajfullin M.R. Improving the reclamation efficiency of forest belts in arid conditions. *Aridnye ekosistemy = Arid ecosystems*. 2023;29(1(94)):105-112. (In Russ.) DOI: 10.24412/1993-3916-2023-1-105-112

7. Manaenkov A.S., Podgaetskaya P.M., Popov V.S. Protective forest belts influence on the spring wheat development in the near-forest edge zone of crops. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 5, Geografya = Moscow University Bulletin. Series 5, Geography*. 2023;78(4):97-106. (In Russ.) DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.4.9

8. Potashkina Yu.N., Ivantsova E.A. The influence of protective forest belts of openwork design on the snow distribution nature. *Prirodnye sistemy i resursy. = Natural Systems and Resources*. 2021;11(4):31-36. (In Russ.) DOI:10.15688/nsr.jvolsu.2021.4.3

9. Pugacheva A.M., Vdovenko A.V. Protective forest belts as one of the factors of increasing crop yields in the southern Russia arid conditions. *Itogi i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa*. Compilation of the International scientific and practical Conference materials. Compiled by N.A. Shcherbakova; 2019, pp. 476-480. (In Russ.) DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-3-102

10. Ruleva O.V., Semichenko E.V. Water consumption of spring barley depending on forest belts. *AgroForum*. 2021;1:56-58. (In Russ.) EDN SKVZNG

11. Sytin G.O., Belyakov A.M. Protective forest belts influence on the winter wheat grain productivity and quality in the chestnut soil zone of the Volgograd region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2023;2(70):323-329. (In Russ.) DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-37

12. Uzzolin A.I., Kulik A.V. Protective forest belts effectiveness in the snow cover formation and redistribution in catchments. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka I vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2018;2(50):100-106. (In Russ.) EDN: VOQRYC

13. Khamadeev A.R., Sorokin N.S. Forest strips influence on crop yields. *Nauka i obrazovanie: problemy, idei, innovatsii*. 2019;12(24):78-83. (In Russ.) EDN: LPEOSK

14. [https://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Котельниково](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Котельниково). Web resource.

**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 633.39

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.012.82-86

## Продуктивность и качество зеленой массы амаранта в зависимости от агротехнических приемов

Александр Александрович Сафронов✉, н.с., alex.safronov.agro64@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3471-8331

Татьяна Владимировна Родина, к.с.-х.н., с.н.с., ORCID: 0000-0002-6670-417X

Александр Николаевич Асташов, к.с.-х.н., г.н.с., ORCID: 0000-0002-2744-9428

«Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы»

(ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»), e-mail: rossorgo@yandex.ru,

410050, ул. 1-й Институтский проезд, 4, г. Саратов, Россия

**Аннотация.** При ведении животноводства необходимы сбалансированные и высококачественные корма. В засушливых условиях это наиболее актуально. Необходим поиск альтернативных культур, которые позволят повысить урожайность и продуктивность. Впервые в условиях Саратовского Правобережья изучено влияние агротехнологических приемов на продуктивность и питательность зеленой массы растений амаранта. Исследования проведены в соответствии с общепринятыми методиками. Лучшие показатели продуктивности выявлены при норме высева 100 тыс. шт./га и сроке посева – II декада мая. Изучен биохимический состав образцов амаранта. В зависимости от применяемых элементов агротехники зеленая биомасса амаранта за время проведения исследований характеризовалась отличным качеством корма, соответствующая требованиям и потребностям в питательных веществах. Анализ химического состава в репродуктивную фазу выявил максимальную кондицию уровня сухого вещества при минимальной норме высева на всех вариантах опыта. Содержание жира находилось на уровне 1,6-2,0%, что свидетельствует о высокой энергетической ценности культуры. Отмечается закономерность к повышению урожайности зеленой массы с уменьшением нормы высева; растения в загущенных посевах формируют мелкие соцветия, тем самым снижая продуктивность ценоза. Установлено, что оптимальным сроком посева при выращивании на зеленый корм, является период II декады мая, с минимальной нормой высева. Соблюдение данных агротехнических норм позволит получать до 34,5 т/га качественного и сбалансированного корма в рациие животных.

**Ключевые слова:** амарант, срок посева, норма высева, продуктивность, биохимический анализ, протеин, кормовые единицы.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках темы государственного задания ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» № НИОКТР 123011200037-8 «Разработка технологии выращивания высокоэнергетических кормов на основе сорго и кукурузы в поливидовых и смешанных посевах с высокобелковыми культурами для засушливых регионов».

**Цитирование.** Сафронов А.А., Родина Т.В., Асташов А.Н. Продуктивность и качество зеленой массы амаранта в зависимости от агротехнических приемов // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 82-86. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.012.82-86

Поступила в редакцию: 23.10.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** В создании высокопродуктивных агрофитоценозов сельскохозяйственных культур, ключевую роль играют оптимальные для каждой культуры погодноклиматические условия, но в ближайшем будущем прогнозируется преобладание острозасушливого климата, что может негативно повлиять на продуктивность растений, а следовательно, и на зеленый конвейер, в целом [7].

Поэтому для выполнения поставленной цели перед отраслью по производству продукции растениеводства, актуален поиск альтернативных культур, позволяющих получать стабильные урожаи в зоне рискованного земледелия и снижающих себестоимости получаемых кормов. Тем самым одной из приоритетных задач современного сельского хозяйства является расширение и обеспечение в необходимом объеме семенами перспективных сортов собственного производства, разработка ресурсосберегающих технологий, а также получение кормов с высокой

энергетической ценностью [1; 13]. Определенную ценность представляет собой высокоурожайная кормовая культура с широкой агроэкологической устойчивостью – амарант, характеризующийся неприхотливостью к почвам, интенсивным ростом, а также обладающий хорошей адаптивностью к различным почвенноклиматическим условиям [3]. Основным вектором амаранта в кормовой базе является высокое содержание протеина как в зеленой массе, так и в семенах [15]. Кроме этого, у амаранта наблюдается функция отрастания после уборки, что делает его необходимым в отрасли животноводства [2; 5; 6]. В то же время известно, что в зависимости от условий произрастания амарант сильно изменяет свою продуктивность. В связи с этим наиболее актуальны исследования, нацеленные на изучение принципов создания агроценозов амаранта, обладающих высокой продуктивностью и экологической стабильностью.

Цель исследований – разработка элементов агротехники возделывания амаранта в условиях Саратовского Правобережья для повышения качества биомассы и продуктивности растений.

**Объекты и методы исследования.** Экспериментальная часть работы осуществлялась в 2021-2022 гг. на опытном участке ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», расположенном в пригородной микрорайоне Саратовского района, Саратовской области и территориально размещенном в южной части чернозёмной зоны Нижнего Поволжья, согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [8]. Объект исследований – амарант багряный, сорт Полет (рис.), включенный в государственный реестр селекционных достижений [4]. Для достижения цели проведен двухфакторный эксперимент в трехкратной повторности. Фактор А включал в себя варианты сроков посева (ранний – I декада, средний – II декада, поздний – III декада мая), фактор В состоял из норм высева (100, 150, 200 тыс. шт./га). Посев осуществляли овощной сеялкой СОН-4,2, широкорядным способом посева (70 см). Высевающий аппарат данной сеялки не позволяет обеспечить малую норму высева, рекомендуемые для амаранта (1,5 кг/га), так как имеет большие ячейки в катушке, причиной которой является высокая порционность высева. Вследствие чего, чтобы выдержать заданную норму высева, семена перемешивали с балластом, в соотношении 1:10. В качестве балласта использовали минеральное удобрение аммофос. Почва опытного поля – южный маловыщелочный чернозёмом с среднесуглинистым механическим составом, содержание гумуса – 4,2 %.

Биохимический состав надземной биомассы выполнен на инфракрасном анализаторе SpectraStar XT. Опыт закладывали с учетом методических указаний Б.А. Доспехова (*Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*). Москва: Книга по Требованию. 2012) по проведению полевых опытов с кормовыми культурами.

**Результаты и их обсуждение.** Качественная оценка заготавливаемых кормов и фактическая питательность имеют основополагающее значение для эффективности их использования. Одним из основных критериев кормового достоинства любой культуры является ее биохимический состав, что дает понятие об эффективном использовании кормов той или иной культуры.

По исследованиям А.В. Васина (*Васин А.В. Формирование высокопродуктивных поливидовых агрофитоценозов кормовых культур в Среднем Поволжье: автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук: 06.01.09. Кинель. 2006*), уборку следует осуществлять в стадии молочно-восковой спелости семян, так как именно в данную стадию наблюдается максимальное содержание протеина. Анализ результатов биохимического анализа на вариантах опыта выявил расхождения по сбору сырого протеина и жира в зависимости от применяемого технологического приема. Согласно данным, наиболее высокое содержание питательных веществ отмечено при среднем и позднем сроке посева (таблица 1). Их состав отличался высоким содержанием сырого протеина (19,2-20,2%), сырого жира (1,6-2,0%) и наименьшим количеством клетчатки (21,5-21,4%).

Таблица 1. Питательная ценность зеленой массы амаранта, в среднем за 2021-2022 гг.

Варианты опыта		Содержание, %						Валовая энергия	
Срок посева (Фактор А)	Норма высева, тыс. шт./га (Фактор В)	сырой протеин	сырой жир	клетчатка	зола	БЭВ	сухое вещество	МДж/кг	ГДж/га
ранний	100	18,4	1,9	21,7	17,6	40,4	29,6	16,9	157,2
	150	15,7	2,0	23,0	17,1	42,2	28,2	16,6	144,4
	200	15,9	1,8	22,7	17,1	42,5	28,4	16,5	132,0
средний	100	17,6	2,0	21,5	17,4	41,5	28,0	16,6	162,7
	150	18,2	1,9	24,1	17,3	37,9	27,8	16,7	158,7
	200	19,2	1,6	21,7	17,3	40,2	27,9	16,6	159,4
поздний	100	20,2	1,6	21,4	17,4	39,4	29,2	16,7	118,6
	150	16,9	1,7	22,7	17,6	41,1	28,3	16,5	115,5
	200	18,0	1,6	22,5	17,4	40,5	27,5	16,5	100,7
НСР <sub>05</sub> (А)		0,250	0,040	ns	ns	ns			
НСР <sub>05</sub> (В)		0,250	0,040	0,323	ns	ns			
НСР <sub>05</sub> (АВ)		0,433	0,070	ns	ns	ns			
F <sub>факт</sub> (А)		16,444*	16,686*	0,436	0,142	2,980			
F <sub>факт</sub> (В)		9,333*	8,457*	7,512*	0,142	0,433			
F <sub>факт</sub> (АВ)		6,618*	3,314*	1,197	0,169	2,854			

Примечания: \* p≤0,05; ns – несущественная разница

Таблица 2. Продуктивность зеленой массы амаранта, сорт Полет, среднее за 2021-2022 гг.

Варианты опыта		Выход с 1 га, т				
Срок посева (Фактор А)	Норма высева, тыс. шт./га (Фактор В)	зеленой массы	сухой биомассы	сырого протеина	перевари-мого протеина	кормовых единиц
ранний	100	31,3	9,3	1,70	1,36	7,41
	150	30,7	8,7	1,36	1,16	6,92
	200	28,3	8,0	1,28	1,18	6,42
средний	100	35,0	9,8	1,72	1,30	7,83
	150	34,0	9,5	1,78	1,39	7,57
	200	34,5	9,6	1,85	1,42	7,70
поздний	100	24,3	7,1	1,43	1,49	5,68
	150	24,8	7,0	1,19	1,25	5,62
	200	22,1	6,1	1,09	1,33	4,86
НСР <sub>05 (А)</sub>		0,430	0,130	0,040	ns	0,101
НСР <sub>05 (В)</sub>		0,430	0,130	0,040	ns	0,101
НСР <sub>05 (АВ)</sub>		ns	ns	0,070	0,056	ns
F <sub>факт (А)</sub>		158,415*	126,785*	40,004*	1,392	132,602*
F <sub>факт (В)</sub>		5,429*	10,453*	9,830*	2,436	11,995*
F <sub>факт (В)</sub>		1,593	2,468	7,429*	6,609*	1,620

Примечания: \*  $p \leq 0,05$ ; ns – несущественная разница

Максимальное содержание сухого вещества получено на вариантах с минимальной нормой высева, вне зависимости от срока посева (28,0-29,6%). Ранний срок посева характеризовался чуть меньшим содержанием сырого протеина (15,7-18,4%), но высоким содержанием сухого вещества (28,2-29,6%), поскольку у растений данного срока посева процессы ассимиляции уже замедляются и происходит отмирание нижних листьев [12].

Содержание жира по вариантам изменялось незначительно и находилось в пределах от 1,6 до 2,0%, что говорит о высокой его энергетической ценности.

При возделывании амаранта особое внимание следует обращать на температурные показатели почвы. Являясь мелкосемянным растением, для получения стабильных урожаев культуру необходимо высевать при устойчивом прогревании почвы на глубине заделки семян до 12-15°C (II декада мая) [10; 11]. Также физиологическими особенностями амаранта является появление хороших всходов с уменьшением нормы высева, что впоследствии отражается на высокой энергии накопления биомассы [9]. В результате проведенных исследований урожайность зеленой массы варьировала в среднем в пределах от 22,1 до 35,0 т/га (таблица 2). Максимальный выход урожая зеленой и сухой биомассы получен на варианте среднего срока посева и с меньшей нормой высева, что составляет 35,0 т/га и 9,79 т/га соответственно.

Основным показателем кормовой ценности посевов кормовых культур является содержание сы-

рого протеина и кормовых единиц в биомассе растений [14]. Максимальные значения содержания сырого протеина выявлены при посеве во II декаду мая – 1,72-1,85 т/га. Стоит отметить, что при раннем и позднем сроке посева прибавка уровня сырого протеина происходила с уменьшением нормы высева, напротив, при среднем сроке посева увеличение его наблюдалось с повышением количества растений на единице площади. Отмечается тенденция уменьшения выхода кормовых единиц с повышением количества растений на единицу площади. Установлено, что норма высева 100 тыс. шт./га обуславливает повышение продуктивности растений (5,68-7,83 т/га).

**Заключение.** Таким образом, максимальные показатели биомассы амаранта выявлены при посеве во II декаду мая: урожайность зеленой массы составила 34,0-34,5 т/га, выход сухой биомассы – 9,5-9,8 т/га, сбор сырого протеина – 1,72-1,85 т/га, наличие кормовых единиц находилось на уровне 7,57-7,83 т/га. Отмечено, что с увеличением площади питания, то есть при уменьшении нормы высева, наблюдается повышение продуктивности растений в целом. Биохимический анализ позволил выявить, что растения амаранта достоверно оправдывают высококачественный и сбалансированный корм, необходимый для включения в рацион животных.

#### Литература:

1. Арасланбаев И.В. Экономическая оценка эффективности кормовых культур // Актуальные вопросы экономических наук. 2010. № 14. С. 304-308. EDN: RVPXCV



Рисунок. Амарант багряный, сорт Полет

2. Асташов А.Н., Родина Т.В., Багдалова А.З. Эффективность выращивания амаранта для производства кормов в условиях Нижнего Поволжья // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 2 (10). С. 39-44. EDN: WKAWXY

3. Высочина Г.И. Амарант (*Amaranthus L.*): химический состав и перспективы использования (обзор) // Химия растительного сырья. 2013. № 2. С. 5-14. DOI: 10.14258/jsergm.1302005

4. Государственный реестр селекционных достижений. – Москва: ФГБНУ «Росинформагротех». 2016. 504 с.

5. Дмитриева Е.Ф. Особенности роста и развития *Amaranthus Cruentus L.* при различных сроках и способах посева в почвенно-климатических условиях Чувашской Республики // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. 2014. № 4. С. 63-67. EDN: TCEELT

6. Казарина А.В., Казарин В.Ф. Особенности агротехнологии возделывания амаранта в Самарском Заволжье // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 7-11. EDN: UZBZZN

7. Кононенко С.И. Перспективы применения сорго в животноводстве // Политематический сетевой научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 90 (06). С. 549-580. EDN: RCEXXP

8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Москва. 2019. 329 с.

9. Настинова Г.Э. Биологические основы интродукции кормовых растений в условиях засушливых земель Кал-

мыкии // Аридные экосистемы. 2018. № 4 (77). С. 44-50. EDN: YMXCNV

10. Саратовский Л.И. Разработка сортовой агротехнологии зернового амаранта сорта Воронежский // Вестник Воронежского государственного университета. 2013. № 2 (37). С. 136-142. EDN: RAEQEN

11. Саратовский Л.И., Ващенко Т.Г., Федотов В.А., Казань В.В. Элементы сортовой технологии выращивания амаранта в степной зоне Центрального Черноземья // Вестник Воронежского государственного университета. 2018. № 1 (56). С. 22-31. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.1.22

12. Сафронов, А.А., Родина Т.В. Влияние норм высева и сроков посева на продуктивность амаранта / Вавиловские чтения – 2021. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Саратов. 2022. С. 202-204. EDN: CIBLQS

13. Сивак Е.Е., Волкова С.Н. Универсальность новой кормовой культуры в Лесостепной зоне // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 10-15. EDN: YPCKUX

14. Шлапунов В.Н., Надточаев Н.Ф., Романович А.Н., Бирюкович А.Л. Зависимость питательной ценности люцерны посевной от нормы высева семян срока уборки // Земледелие и селекция в Беларуси. 2019. № 55. С. 174-182. EDN: JELPWQ

15. Peiretti P.G. et al. Amaranth in animal nutrition: A review / Livestock Research for Rural Development. 2018;30(5):1-20.

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.012.82-86

## Productivity and Quality of Green Mass of Amaranth Depending on Agrotechnical Techniques

Alexander A. Safronov✉, e-mail: alex.safronov.agro64@gmail.com, Researcher, ORCID: 0000-0002-3471-8331

Tatiana V. Rodina, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0002-6670-417X

Alexander N. Astashov, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0002-2744-9428

Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn (RosNIISK "Rossorgo"),  
e-mail: rossorgo@yandex.ru, 410050, 1st Institutsky proezd str., Saratov, Russia

**Abstract.** Balanced and high-quality feed is necessary for animal husbandry. This is most relevant in arid conditions. It is necessary to search for alternative crops that will increase yields and productivity. For the first time in the conditions of the

Volga Right Bank on Saratov territory, the influence of agrotechnological techniques on the productivity and nutritional value of the green mass of amaranth plants was studied. The studies were carried out in accordance with generally accepted methods. The best

productivity indicators were revealed with a seeding rate of 100 thousand pcs/ha and a sowing period of the second decade of May. The biochemical composition of amaranth samples has been studied. The green biomass of amaranth during the research was characterized by excellent feed quality, meeting the requirements and nutritional needs. Chemical composition analysis in the reproductive phase revealed excellent quality of the dry matter level with a minimum seeding rate in all variants of the experiment. The fat content was at the level of 1.6-2.0%, which indicates the high energy value of the crop. There is a pattern to increase the yield of green mass with a decrease in the seeding rate. Plants in thickened crops form small inflorescences, thereby reducing the productivity of census. It has been established that the optimal sowing period for growing on green fodder is the period of the second decade of May, with a minimum seeding rate. Compliance with these agrotechnical standards will allow obtaining up to 34.5 tons/ha of high-quality and balanced feed in the diet of animals.

**Keywords:** amaranth, sowing date, seeding rate, productivity, biochemical analysis, protein, fodder units

**Funding.** The work was carried out within the framework of the state task for FGBNU RosNIISK «Rossorgo» № НИОКТР 123011200037-8 «Development of technology for growing high-energy fodder based on sorghum and maize in multispecies and mixed crops with high-protein crops for arid regions».

**Citation.** Safronov A.A., Rodina T.V., Astashov A.N. Productivity and Quality of Green Mass of Amaranth Depending on Agrotechnical Techniques. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):82-86. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.012.82-86

Received: 23.10.2023

Accepted: 07.12.2023

#### References:

1. Araslanbaev I.V. Economic evaluation of the fodder crop effectiveness. *Aktual'nye voprosy ekonomicheskikh nauk: compilation of articles based on the materials of the XVI International Scientific and Practical Conference*. 2010;14:304-308. (In Russ.) EDN: RVPXCV
2. Astashov A.N., Rodina T.V., Bagdalova A.Z. Efficiency of amaranth cultivation for feed production in the Lower Volga region conditions. *Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki = Taurida herald of the agrarian sciences*. 2017;2(10):39-44. (In Russ.) EDN: WKAWXY
3. Vysochina G.I. Amaranth (*Amaranthus L.*): chemical composition and prospects of use (review). *Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki = Taurida herald of the agrarian sciences*. 2013;2:5-14. (In Russ.) DOI: 10.14258/jcprm.1302005

4. State Register of Breeding Achievements. Moscow. «Rosinformagrotekh» Publ. house; 2016, 504 p. (In Russ.)
5. Dmitrieva E.F. Features of *Amaranthus Cruentus L.* growth and development under different sowing terms and methods in soil and climatic conditions of the Republic of Chuvashia. *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. I. Ya. Yakovleva = I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University Bulletin*. 2014;4:63-67. (In Russ.) EDN: TCEELT
6. Kazarina A.V., Kazarin V.F. Features of agricultural technology of amaranth cultivation in the Samara Trans-Volga region. *Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2015;4:7-11. (In Russ.) EDN: UZBZZN
7. Kononenko S.I. Prospects for the sorghum use in animal husbandry. *Politematicheskij setevoj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2013;90(06):549-580. (In Russ.) EDN: RCEXXP
8. Methodology of agricultural crops state variety testing. Moscow; 2019, 329 p. (In Russ.)
9. Nastinova G.E. Biological bases of forage plants introduction in the arid lands of Kalmykia conditions. *Aridnye ekosistemy = Arid ecosystems*. 2018;4(77):44-50. (In Russ.) EDN: YMXCNV
10. Saratovskij L.I. Development of "Voronezhskiy" grain amaranth varietal agrotechnology. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of Voronezh State University*. 2013;2(37):136-142. (In Russ.) EDN: RAE-QEN
11. Saratovskij L.I., Vashchenko T.G., Fedotov V.A., Kazazyan V.V. Elements of varietal technology of amaranth cultivation in the steppe zone of the Central Chernozem region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of Voronezh State University*. 2018;1(56):22-31. (In Russ.) DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.1.22
12. Safronov, A.A., Rodina T.V. Seeding rates and sowing dates influence on the amaranth productivity. *Vavilovskie chteniya - 2021: Compilation of the International Scientific and Practical Conference articles*. Saratov; 2022, pp. 202-204. (In Russ.) EDN: CIBLQS
13. Sivak E.E., Volkova S.N. Universality of a new fodder crop in the Forest-steppe zone. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2017;2:10-15. (In Russ.) EDN: YPCKUX
14. Shlapunov V.N., Nadochaev N.F., Romanovich A.N., Biryukovich A.L. The alfalfa nutritional value dependence on the seeding rate of the harvest period. *Zemledelie i selekciya v Belarusi = Arable farming and plant breeding in Belarus*. 2019;55:174-182. (In Russ.) EDN: JELPWQ
15. Peiretti P.G. et al. Amaranth in animal nutrition: A review / *Livestock Research for Rural Development*. 2018;30(5):1-20.

**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 631.52

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.013.87-92

## Изучение фотосинтетического метаболизма углерода у *Robinia pseudoacacia* L. и *Triticum aestivum* L.: генетический подход

Павел Андреевич Крылов✉, e-mail: krylov-p@vfanc.ru, к.б.н., ORCID: 0000-0001-9587-5886

Полина Алексеевна Зыбинская, ORCID: 0000-0002-7493-1110

Алия Аликовна Абдулова, ORCID: 0000-0002-3444-2291

«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, Россия

**Аннотация.** Постепенное увеличение концентрации углекислого газа в воздухе приводит к значительным климатическим изменениям. Растения обеспечивают фиксацию атмосферного диоксида углерода, способствуя включению неорганического углерода в круговорот органических веществ в процессе фотосинтеза, а также снижению парникового эффекта. Одним из ключевых ферментов, обеспечивающих этот процесс, является RuBisCO. Цель работы – оценить экспрессию большой субъединицы гена RuBisCO (RbcL) у лесных и культурных растений, произрастающих в условиях засухи, в различные фазы вегетативного периода. У двух популяций *Robinia pseudoacacia* L. (Кировское лесничество и питомник ФНЦ агроэкологии РАН) и двух сортов *Triticum aestivum* L. (Камышанка 4 и Еланская) были отобраны образцы листьев в разные фазы вегетационного цикла. Из листьев была выделена РНК и с помощью метода ОТ-ПЦР-РВ проведена оценка экспрессии RbcL с подобранной нами универсальной парой праймеров. Разница в экспрессии RbcL на стадии озеленения между двумя популяциями *R. pseudoacacia*, произрастающими в условиях засухи, составила 8%. При этом медианное значение порогового цикла амплификации у популяции робинии в питомнике ФНЦ агроэкологии РАН было выше в 1,07 раз, таким образом, экспрессия RuBisCO была ниже. У сорта *T. aestivum* Камышанка 4 на стадии кушения пороговый цикл амплификации был выше в 1,13 раз ( $p < 0,05$ ) по сравнению с сортом Еланская, следовательно экспрессия RbcL была ниже. Сравнение экспрессии внутри сорта между тремя стадиями развития показало достоверные различия на всех трех стадиях каждого сорта. Сопоставление данных об экспрессии RbcL с урожайностью позволяет предположить, что более высокий уровень экспрессии RbcL ассоциирован с большей урожайностью.

**Ключевые слова:** *Robinia pseudoacacia* L., *Triticum aestivum* L., диоксид углерода, RuBisCO, экспрессия генов.

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках № 04/ВИП ГЗ (соглашение № 165-15-2023-004 от 01.03.2023 года) «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» по теме «Оценка экосистемных потоков парниковых газов и аккумуляции углерода в агроландшафтах, формирующихся в засушливых условиях юга России, для разработки адаптивных мероприятий в борьбе с опустыниванием и деградацией земель»

**Благодарности.** Благодарим лабораторию селекции, семеноводства и питомниководства ФНЦ агроэкологии РАН за помощь в сборе образцов пшеницы и предоставление данных об урожайности.

**Цитирование.** Крылов П.А., Зыбинская П.А., Абдулова А.А. Изучение фотосинтетического метаболизма углерода у *Robinia pseudoacacia* L. и *Triticum aestivum* L.: генетический подход // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 87-92. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.013.87-92

Поступила в редакцию: 16.10.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** Животные, антропогенная нагрузка, природные катаклизмы приводят к увеличению концентрации диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) в атмосфере [6, 14]. Растения обеспечивают превращение неорганического диоксида углерода из атмосферы в органические соединения. За ассимиляцию диоксида углерода у растений отвечает фермент RuBisCO (Рибулособисфосфаткарбоксилаза/оксигеназа). Данный фермент обеспечивает присоединение диоксида углерода к рибулозо-1,5-бисфосфату и в присутствии воды приводит к образованию 3-фосфоглицериновой кислоты, которая в дальнейшем используется в цикле Кальвина для синтеза углеводов [4, 12, 13]. За открытие этого механизма ( $\text{C}_3$ -путь) в 1961 году Мелвину Кальвину

была присуждена Нобелевская премия. RuBisCO также может присоединять кислород и обеспечить фотодыхание ( $\text{C}_2$ -путь), в ходе которого диоксид углерода выделяется самими растениями [5, 9, 17]. При этом в ряде исследований отмечается, что у RuBisCO при высоких температурах изменяется ферментативная активность, в результате чего он начинает чаще связывать кислород, а не диоксид углерода. Это приводит к снижению эффективности фотосинтеза и, как следствие, продуктивности (урожайности) растений [11, 16].

В данной работе для изучения фотосинтетического метаболизма углерода в качестве объектов исследования были выбраны по одному представителю древесных пород (*Robinia pseudoacacia*) и



культурных растений (*Triticum aestivum*).

Исследования фотосинтетической активности растений как по количеству самого фермента, так и по экспрессии его субъединиц не являются новыми. Существует множество подобных работ, где объектом исследования, в том числе, является пшеница. Однако такие работы еще не затрагивали сорта российской селекции, выведенные и районированные с учетом особенностей экономики и климата России. *R. pseudoacasia*, как и многие другие древесные породы растений, являются менее изученными объектами, чем культурные растения. Несмотря на множество ценных свойств рода Робиния, таких как способность адаптироваться к различным климатическим условиям, улучшение свойств почвы и закрепление песков, а также медоносные свойства [2], исследований экспрессии генов *R. pseudoacasia* крайне мало даже в зарубежных публикациях. Изучение изменения экспрессии RuBisCO на различных этапах вегетационного периода *R. pseudoacasia* в засушливых условиях ранее не проводилось.

Цель работы – оценить экспрессию большой субъединицы гена RuBisCO (RbcL) у *Robinia pseudoacacia* L. и двух сортов *Triticum aestivum* L. (Камышанка 4 и Еланская) культурных растений, произрастающих в условиях засухи в различные фазы вегетации.

Выбор большой субъединицы гена RuBisCO связан с тем, что последовательность этого гена кодируется хлоропластным геномом, который секвенирован у исследуемых видов древесных растений.

**Материалы и методы.** Объектом исследования был выбран один вид древесного растения – *Robinia pseudoacacia* L., обладающий высокой продуктивностью и устойчивостью к засухе [8], а

представителем сельскохозяйственных растений были выбраны два сорта *Triticum aestivum* L. селекции ФНЦ агроэкологии РАН: Камышанка 4 и Еланская [1].

Растительный материал. Исследование экспрессии RbcL у особей двух популяций *R. pseudoacasia* по десять деревьев в каждой проводилось на базе кластерных дендрологических коллекций Кировского лесничества (кадастр №34:34:070010:21) и питомника древесных растений ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр №34:34:000000:122). Две популяции имели различия по уровню влагообеспеченности, геологической истории и рельефу. Оценка экспрессии RbcL двух сортов *T. aestivum* проводилась на базе демо-участков в Городищенском районе (кадастр №34:03:150005:170). Отбор образцов листовых пластинок *R. pseudoacasia* проводился во время стадий озеленения, конца цветения и плодоношения с каждой отдельной особи. Образцы помещались в фиксирующий раствор IntactRNA (cat: #BC031, Евроген, Россия), после чего транспортировались в лабораторию и хранились при -80°C в течение суток. Аналогичные действия проводились с образцами листовых пластинок двух сортов пшеницы Камышанка 4 и Еланская на стадиях кущения, флаг-листа и цветения. Общий дизайн исследования представлен на рисунке 1.

**Выделение РНК.** Выделение РНК из листовой пластинки осуществлялось согласно протоколу коммерческого набора HiPure Total RNA Plus Kit (Magen, Китай) из 100 мг растительной ткани без использования жидкого азота. Концентрацию и качество (A260/A280) выделенной РНК оценивали с помощью флуориметра Qubit 4.0. (Thermo Fisher Scientific Inc., США) и спектрофотометра SpectrostarNano (BMG Labtech, Германия) соответственно.

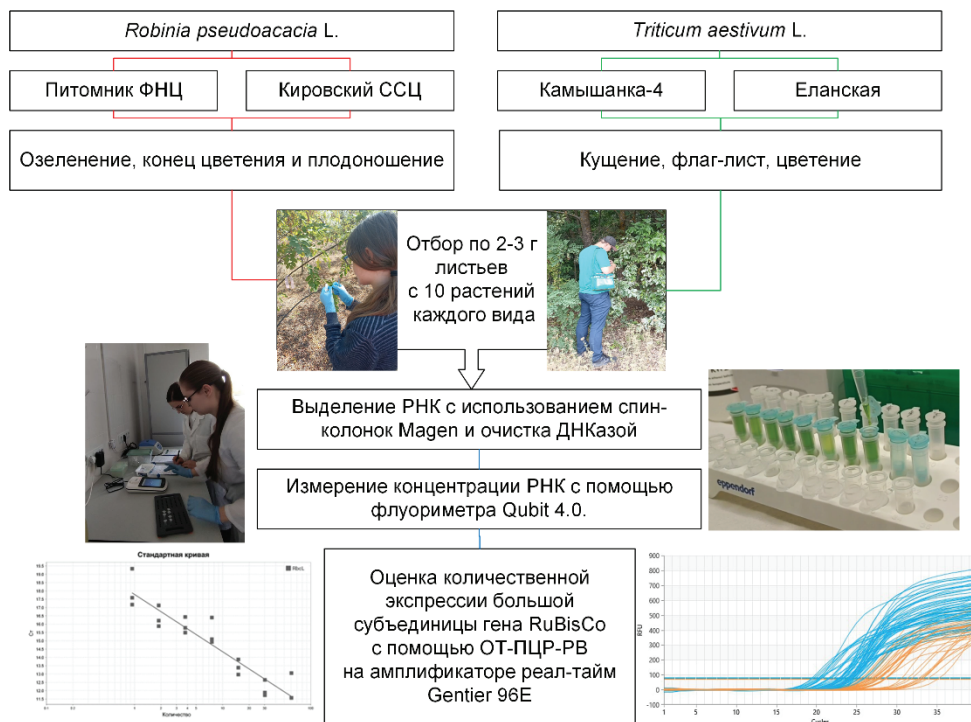


Рисунок 1. Общий дизайн изучения количественной экспрессии RbcL у лесных и культурных растений

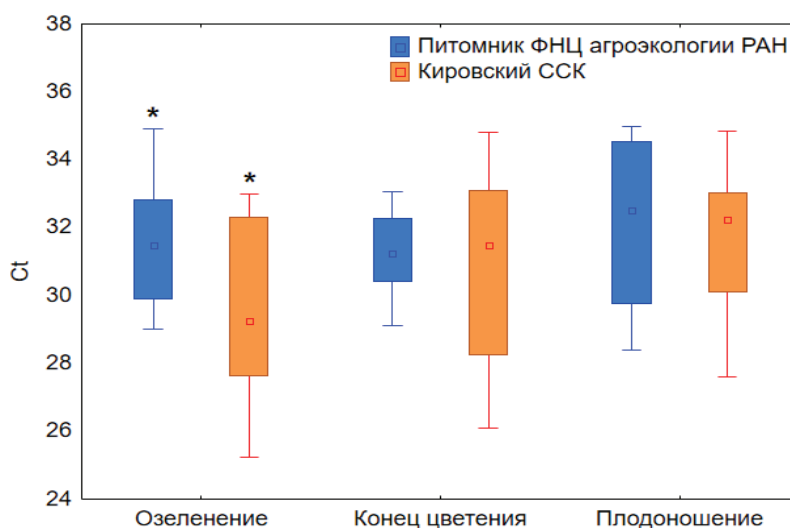


Рисунок 2. Результаты оценки экспрессии Rbcl у *R. pseudoacacia*

Оценка количественной экспрессии с помощью ОТ-ПЦР-РВ. Для оценки экспрессии Rbcl была использована разработанная нами универсальная пара праймеров. Прямой праймер – 5'-СТТГААТГСТАСТГСАГГТА-3' и обратный – 5'-АТСССГГААТААТГАГС-3' с температурой плавления 55,1°C и 54,8°C соответственно, синтезированные ЗАО «Евроген» (Россия). ОТ-ПЦР-РВ проводили на амплификаторе Gentier 96E (Tianlong, Китай) с использованием коммерческого набора 5X qPCRmix-HS SYBR+LowROX (cat: #PK156L, Евроген, Россия) согласно инструкции производителя в трех технических повторностях для каждого образца. Количественную оценку экспрессии Rbcl проводили с использованием стандартной кривой в программе Gentier real-time PCR application software v1 (Tianlong, Китай). Во избежание недостоверных результатов количественной ПЦР были поставлены отрицательные контроли без добавления РНК, а также отрицательные контроли без ревертазы. Программа амплификации включала стадию обратной транскрипции при 55°C в течение 15 мин, стадию инактивации ревертазы при 95°C в течение 1 мин, затем 40 циклов по 20 с при 95°C, 30 с при 56°C и 1 мин при 72°C. Кроме того, для проверки специфичности праймеров было использовано построение кривой плавления.

Анализ данных. Количественные данные были обработаны с помощью программы Statistica 12.0 (StatSoft Inc., USA) с расчетом показателей, принятых для характеристики выборок с распределением, отличающимся от нормального: медиана, 1-й квартиль и 3-й квартиль. Для определения различий в количественной экспрессии Rbcl между стадиями и популяциями исследуемых лесных и культурных растений были использованы непараметрические критерии Манна-Уитни и Краскела-Уоллиса при уровне значимости  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** В результате исследования было выявлено, что у двух популяций *R. pseudoacacia* имеются статистически значимые

различия в экспрессии большой субъединицы гена RuBisCO во время фазы озеленения (рис. 2).

У популяции, произрастающей на территории Кировского ССК, значение порогового цикла амплификации было ниже на 8%, чем у растений, произрастающих в питомнике ФНЦ агроэкологии РАН. Это говорит о том, что экспрессия большой субъединицы RuBisCO у деревьев популяции Кировского ССК была достоверно выше, чем у популяции питомника ФНЦ агроэкологии РАН. Исходя из этого можно предположить, что особи *R. pseudoacacia*, произрастающие на территории Кировского ССК, имели более высокую фотосинтетическую продуктивность в фазу озеленения. Внутри каждой популяции статистически значимых различий между разными стадиями вегетационного периода обнаружено не было.

В ходе оценки экспрессии Rbcl у двух сортов *T. aestivum* на разных стадиях вегетационного периода были получены следующие графики амплификации (рис. 3).

Сравнение экспрессии внутри сорта между тремя стадиями развития показало достоверные различия на всех трех стадиях для каждого сорта (рис. 4). И у Камышанки 4, и у Еланской экспрессия RuBisCO была максимальной на стадии цветения, что может говорить о высокой интенсивности фотосинтеза на этой стадии развития. Наименьшая экспрессия Rbcl у Камышанки 4 наблюдалась на стадии кущения, а у Еланской – на стадии флагалиста.

Достоверные различия в экспрессии гена Rbcl между двумя сортами были выявлены на стадии кущения.

У сорта Еланская медианное значение порогового цикла амплификации составило 28,7, в то время как у Камышанки 4 это значение было в 1,13 раза выше. Это может говорить о том, что у сорта Еланская на стадии кущения интенсивность фотосинтеза была выше, чем у Камышанки 4.

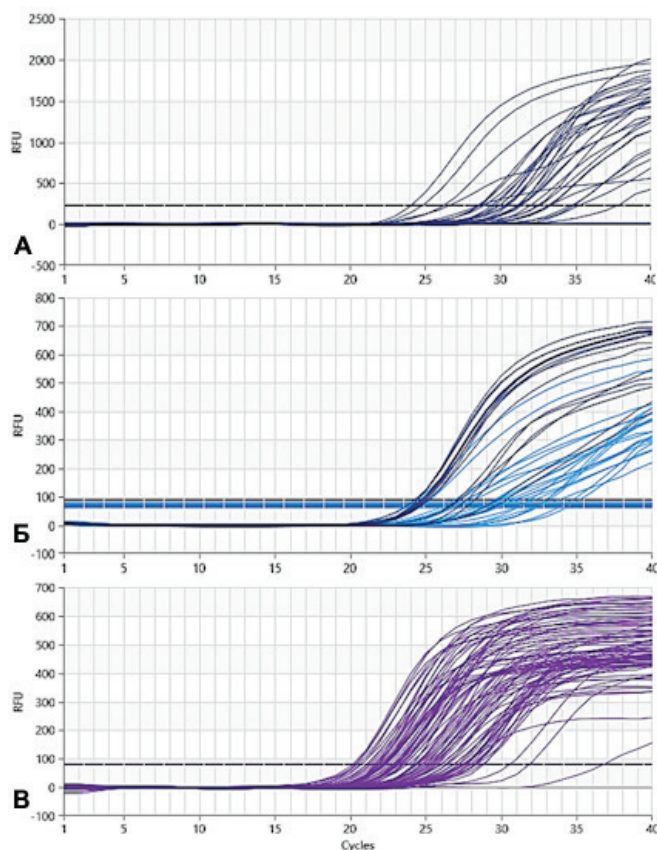


Рисунок 3. График амплификации RbcL у Камышанки 4 и Еланской: А – кущение, Б – флаг-лист, В – цветение

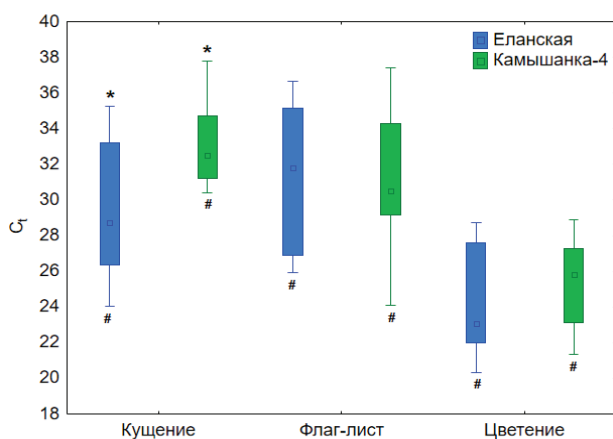


Рисунок 4. Результаты оценки экспрессии RbcL у двух сортов *T. aestivum* Камышанки 4 и Еланской

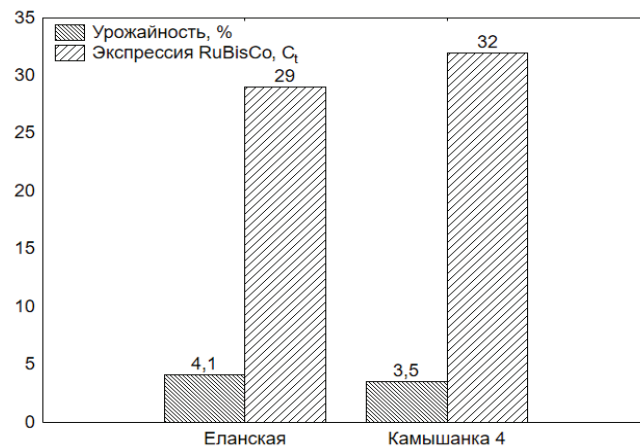


Рисунок 5. Результаты урожайности за 2023 год двух сортов *T. aestivum* Камышанки 4 и Еланской и их экспрессия RbcL на стадии кущения

Для выявления связи фотосинтетической эффективности с урожайностью сортов Еланская и Камышанка 4 данные об экспрессии RbcL были сопоставлены с данными об урожайности исследуемых сортов в 2023 году (рис. 5).

Урожайность пшеницы сорта Еланская в 2023 году составила 4,1 т/га, а урожайность пшеницы Камышанка 4 в 1,2 раза меньше – 3,4 т/га. В связи с этим мы можем предположить, что, возможно, существует связь между урожайностью и экспрессией гена RuBisCO на стадии кущения.

Известно, что смещение баланса в сторону фото-

дыхания может снижать урожайность некоторых важных зерновых культур  $C_3$ -растений на 20-50% [3]. Можно предположить, что растения с повышенной экспрессией вовлеченных в фотосинтез генов будут обладать большей урожайностью. Это предположение согласуется с полученными нами данными об экспрессии RbcL и урожайности двух сортов пшеницы, так как сорт Еланская обладал одновременно и большей урожайностью, и более высокой экспрессией RbcL на стадии кущения по сравнению с Камышанкой 4.

Уровень глобальной концентрации диоксида

углерода в атмосфере Земли на данный момент превышает таковой в доиндустриальные времена на 40% и составляет 380 мкл/л, а, по некоторым прогнозам, достигнет значений 530-970 мкл/л к концу этого столетия [10]. Изменение содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере оказывает прямое и практически мгновенное влияние на баланс между фотосинтезом и фотодыханием [10]. Однако подробные механизмы реакции растений на повышение уровня атмосферного диоксида углерода в условиях засухи на уровне путей фиксации углерода еще предстоит выяснить. Деревья являются эффективным инструментом в борьбе с серьезными климатическими изменениями, вызываемыми нарушением глобального углеродного цикла [7]. Однако в конечном итоге посадка и восстановление лесов не является панацеей для смягчения последствий изменения климата [15]. Изучение экспрессии генов, вовлеченных в фотосинтез, позволит производить отбор и создавать новые породы древесных и сорта культурных растений, обладающих наиболее эффективными механизмами фиксации углекислого газа и в то же время приспособленных к условиям засухи.

**Выводы.** 1. На стадии озеленения разница в экспрессии RbcL между двумя популяциями *R. pseudoacacia*, произрастающей в условиях засухи, составила 8%. При этом медианное значение порогового цикла амплификации у популяции робинии в питомнике ФНЦ агроэкологии РАН было выше в 1,07 раз, таким образом, экспрессия RuBisCO была ниже.

2. Экспрессия RbcL у *T. aestivum* имела различия на всех исследуемых этапах онтогенеза, однако наибольшая фотосинтетическая эффективность, оцениваемая по экспрессии большой субъединицы RuBisCO, была выявлена в фазу цветения у обоих сортов.

3. Оценка экспрессии RbcL показала, что у сорта Еланская пороговый цикл амплификации на стадии кущения ниже в 1,13 раза ( $p < 0,05$ ) по сравнению с сортом Камышанка 4. Полученные результаты оценки экспрессии RbcL, возможно, связаны с более высоким показателем урожайности сорта Еланская по сравнению с сортом Камышанка 4, разница между которыми составила 16%.

Полученные результаты пилотных исследований показали, что фотосинтетический метаболизм диоксида углерода, реализуемый за счет активности гена RuBisCO, является видоспецифичным для лесных и культурных растений на разных стадиях вегетационного периода. Влияние абиотических факторов, в частности концентрации углекислого газа в атмосфере, на экспрессию гена RuBisCO требует дальнейшего изучения у лесных и культурных растений. Необходимо проведение длительных исследований в течение 2-3 лет, в ходе которых будут рассмотрены дополнительные гены и механизмы, вовлеченные в цикл Кальвина и/или фотодыхание, а также выявлены различия в экспрессии этих генов между разными вегетационными фазами растений.

## Литература / References:

1. Зеленева А. В., Сухарева Е. П., Беликина А. В. Агроэкономическая оценка продуктивности сортов пшеницы озимой на южных черноземах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2021. № 3(63). С. 77-88. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-07
2. Zeleneva A. V., Sukhareva E. P., Belikina A. V. Agro-economic assessment of the productivity of winter wheat varieties in the southern chernozems of the Volgograd region. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2021;3(63):77-88. (In Russ.) DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-07
3. Седых С.А., Бабошко О.И. Использование робинии лжеакация в защитном лесоразведении Ростовской области // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 2-3. С. 373-374.
4. Sedykh S.A., Baboshko O.I. The use of *Robinia pseudoacacia* in protective afforestation of the Rostov region. *International Student Scientific Bulletin*. 2015;2-3:373-374. (In Russ.)
5. Baslam M., Mitsui T., Hodges M., Priesack E., Herritt M. T., Aranjuelo I., Sanz-Saez A. Photosynthesis in a changing global climate: Scaling up and scaling down in crops. *Frontiers in Plant Science*. 2020;11:882. DOI: 10.3389/fpls.2020.00882
6. Bouvier J. W., Emms D. M., Rhodes T., Bolton J. S., Brasnett A., Eddershaw A., Nielsen J. R., Unitt A., Whitney S. M., Kelly S. Rubisco adaptation is more limited by phylogenetic constraint than by catalytic trade-off. *Molecular biology and evolution*. 2021;38(7):2880-2896. DOI: 10.1093/molbev/msab079
7. Cunha E., Silva M., Chaves, I., Demirci H., Lagoa D. R., Lima D., Rocha M., Rocha I., Dias O. The first multi-tissue genome-scale metabolic model of a woody plant highlights suberin biosynthesis pathways in *Quercus suber*. *PLoS Computational Biology*. 2023;19(9):e1011499. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1011499
8. De Marco A., Sicard P., Feng Z., Agathokleous E., Alonso R., Araminiene V., Augustatis A., Badea O., Beasley J. C., Branquinho C., Bruckman V. J., Collalti A., David-Schwartz R., Domingos M., Du E., Gomez G. H., Hashimoto S., Hoshika Y., Jakovljevic T., McNulty S., Oksanen E., Khaniabadi Y. O., Prescher A., Saitanis C.J., Sase H., Schmitz A., Voigt G., Watanabe M., Wood M. D., Kozlov M. V., Paoletti E. Strategic roadmap to assess forest vulnerability under air pollution and climate change. *Global change biology*. 2022;28(17):5062-5085. DOI: 10.1111/gcb.16278
9. Kabir M., Habiba U. E., Khan W., Shah A., Rahim S., Rios-Escalante P. R. D., Farooqi Z., Ali L., Shafiq M. Climate change due to increasing concentration of carbon dioxide and its impacts on environment in 21st century; A mini review. *Journal of King Saud University-Science*. 2023;35(5):102693. DOI: 10.1016/j.jksus.2023.102693
10. Kalmykova E., Lazarev S. Increasing the Biodiversity of the Dendroflora of Sparsely Wooded Regions by Adapted Representatives of the Genus *Robinia* L. *Agriculture*. 2023;13(3):695. DOI: 10.3390/agriculture13030695
11. Martin-Avila E., Lim Y., Birch R., Dirk L. M. A., Buck S., Rhodes T., Sharwood R. E., Kapralov M. V., Whitney S. M. Modifying plant photosynthesis and growth via simultaneous chloroplast transformation of Rubisco large and small subunits. *Plant Cell*. 2020;32(9):2898-2916. DOI: 10.1105/tpc.20.00288
12. Nouri M. Z., Moumeni A., Komatsu S. Abiotic stresses: insight into gene regulation and protein expression in photosynthetic pathways of plants. *International journal of molecular sciences*. 2015;16(9):20392-20416. DOI: 10.3390/ijms160920392

11. Sharwood R.E., Ghannoum O., Kapralov M.V., Gunn L.H., Whitney S.M. Temperature responses of Rubisco from Paniceae grasses provide opportunities for improving C3 photosynthesis. *Nature Plants*. 2016;2(12):1-9. DOI: 10.1038/nplants.2016.186

12. Tao Y., Chiu L., Hoyle J. W., Dewhirst R. A., Richey C., Rasmussen K., Du J., Mellor P., Kuiper J., Tucker D., Crites A., Orr G. A., Heckert M. J., Godinez-Vidal D., Orozco-Cardenas M.L., Hall M. E. Enhanced Photosynthetic Efficiency for Increased Carbon Assimilation and Woody Biomass Production in Engineered Hybrid Poplar. *Forests*. 2023;14(4):827. DOI: 10.3390/f14040827

13. Waheeda K., Kitchel H., Wang Q., Chiu P. L. Molecular mechanism of Rubisco activase: Dynamic assembly and Rubisco remodeling. *Frontiers in Molecular Biosciences*. 2023;10:1125922. DOI: 10.3389/fmolb.2023.1125922

14. Walker W.S., Gorelik S.R., Cook-Patton S.C., Baccini

A., Farina M.K., Solvik K.K., Ellis P.W., Sanderman J., Houghton R.A., Leavitt S.M., Schwalm C.R., Griscom B.W. The global potential for increased storage of carbon on land. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2022;19(23):e2111312119. DOI: /10.1073/pnas.2111312119

15. Waring B., Neumann M., Prentice I. C., Adams M., Smith P., Siebert M. Forests and decarbonization—roles of natural and planted forests. *Frontiers in Forests and Global Change*. 2020;3:58. DOI: 10.3389/ffgc.2020.00058

16. Zhou, C., Wu, S., Li, C., Quan, W., Wang, A. Response Mechanisms of Woody Plants to High-Temperature Stress. *Plants*. 2023;12(20):3643. DOI: 10.3390/plants12203643

17. Zoschke R., Bock R. Chloroplast translation: structural and functional organization, operational control, and regulation. *The Plant Cell*. 2018;30(4):745-770. DOI: 10.1105/tpc.18.00016

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.013.87-92

## Study of Photosynthetic Carbon Metabolism in *Robinia Pseudoacacia* L. and *Triticum Aestivum* L.: a Genetic Approach

Pavel A. Krylov<sup>✉</sup>, e-mail: krylov-p@vfanc.ru, Cand. Sci. (Biol.), ORCID: 0000-0001-9587-5886

Polina A. Zybinskaya, ORCID: 0000-0002-7493-1110

Aliya A. Abdulova, ORCID: 0000-0002-3444-2291

“Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences”, e-mail: info@vfanc.ru, 400062, Volgograd, pr-t Universitetskiy, 97, Russia

**Abstract.** A gradual increasing of carbon dioxide concentration in the air leads to significant climatic changes. Plants provide fixation of atmospheric carbon dioxide, whereby inorganic carbon includes in the cycle of organic matter during photosynthesis and reduce the greenhouse effect. One of the key enzymes in this process is RuBisCO. The aim of the study was to evaluate the expression of the RuBisCO large subunit gene (RbcL) in woody and crop plants during various phases of the vegetative cycle, that was grown in drought conditions. Leaves of two *Robinia pseudoacacia* L. populations (Kirov Forestry and arboretum of the FSC of agroecology RAS) and two varieties of *Triticum aestivum* L. (Kamyshanka 4 and Elanskaya) were sampled in different phases of the vegetative cycle. RNA was isolated from the leaves and RbcL expression was evaluated by RT-qPCR with the universal primer pair picked up by us. The difference of RbcL expression at the greening stage between two populations of *R. pseudoacacia* that were grown in drought conditions was 8%. At the same time, the median value of the threshold cycle in the robinia population in the FSC of agroecology RAS arboretum was 1.07 higher, thus, the expression of RuBisCO was lower. In the *T. aestivum* variety Kamyshanka

4 the threshold cycle was 1.13 higher at the tillering stage ( $p < 0.05$ ) compared to the Elanskaya variety, hence the expression of RbcL was lower. Comparison of expression within the variety between the three vegetative stages showed significant differences at all three stages for each variety. A comparison of RbcL expression data with yield suggests that a higher level of RbcL expression is associated with higher yield.

**Keywords:** *Robinia pseudoacacia* L., *Triticum aestivum* L., carbon dioxide, RuBisCO, gene expression

**Funding.** The study was carried out within the framework of No. 04/VIP GZ (Agreement No. 165-15-2023-004 from 03/01/2023) “Unified National Monitoring System for climatically active substances” on the topic “Ecosystem fluxes of greenhouse gases and carbon accumulation assessment in agroforestry landscapes formed in arid conditions of southern Russia for the development of adaptive measures to combat desertification and land degradation”.

**Citation.** Krylov P.A., Zybinskaya P.V., Abdulova A.A. Study of Photosynthetic Carbon Metabolism in *Robinia Pseudoacacia* L. and *Triticum Aestivum* L.: a Genetic Approach. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123): 87-92. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.013.87-92

Received: 16.10.2023

Accepted: 07.12.2023

**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.

## Некоторые аспекты культивирования *Robinia pseudoacacia* L. «Комета» в условиях in vitro

Татьяна Васильевна Терещенко✉, м.н.с., e-mail: tereschenko@vfanc.ru, ORCID 0000-0001-9116-6062

Ольга Олеговна Жолобова, к.б.н., в.н.с., ORCID 0000-0002-1594-4181

Елена Леонидовна Гричик, м.н.с., ORCID 0000-0003-4478-6538

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

**Аннотация.** Представители рода *Robinia* имеют ряд ценных видов, форм и сортов, перспективных для озеленения населенных пунктов и защитного лесоразведения в Нижнем Поволжье. Учеными ФНЦ агроэкологии РАН в результате селекционных работ был выделен сорт *Robinia pseudoacacia* «Комета», особенностями которого являются быстрота роста, засухо- и жаростойкость, а также компактность и пирамидальность кроны. Из-за совокупности неблагоприятных природных факторов в коллекции ФНЦ осталось всего два возрастных экземпляра данного сорта, которые необходимо сохранить и размножить. Методы биотехнологии растений особенно эффективны при вегетативном размножении и сохранении селекционно-ценных культур. В статье представлены результаты оптимизации in vitro культивирования *Robinia pseudoacacia* «Комета». На этапе введения в культуру была изучена эффективность действия растворов четырех дезинфицирующих препаратов: «Белизна», «Лизоформин 3000», серебро азотнокислое ( $\text{AgNO}_3$ ) и пероксид водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). В результате оптимальной оказалась обработка раствором «Белизны» 10% 5 минут в сочетании с раствором «Лизоформина 3000» 5% 2 минуты, так как было получено 80% стерильных жизнеспособных эксплантов. Эффективным также было применение раствора «Лизоформина 3000» 5% в течение 7 минут – 72,7% стерильных активно регенерирующих эксплантов. Обработка в растворах  $\text{AgNO}_3$  0,1-0,2% и  $\text{H}_2\text{O}_2$  20% в течение 10 минут оказалась неэффективной: на выходе получили всего 15,4-20,0% стерильных жизнеспособных образцов. На этапе микроразмножения применяли регуляторы роста: кинетин, 6-бензиламинопуриин (6-БАП) и тидиазурон 0,2-0,5 мг/л. В результате максимальное число микроразмножений (4,1) было достигнуто при совместном применении 6-БАП 0,2 мг/л и кинетина 0,2 мг/л. Добавление в питательную среду тидиазурина 0,2 и 0,5 мг/л не оказалось эффективным и вызывало морфологические нарушения. Несмотря на эффективность действия вышеперечисленных препаратов, стабильно развивающейся культуры добиться не удалось вследствие обнаружения эндофитной инфекции в тканях эксплантов спустя 2-3 пассажа.

**Ключевые слова:** стерилизация эксплантов, микроразмножение растений, биотехнология, *Robinia pseudoacacia*.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания научно-исследовательской работы ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100427-1 «Разработать научные основы сохранения и воспроизводства ценных генотипов древесных и кустарниковых растений в культуре in vitro».

**Цитирование.** Терещенко Т.В., Жолобова О.О., Гричик Е.Л. Некоторые аспекты культивирования *Robinia pseudoacacia* L. «Комета» в условиях in vitro // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 93-99. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.014.93-99

Поступила в редакцию: 18.10.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** Виды и формы рода *Robinia* представляют несомненный интерес для озеленения населенных пунктов сухостепной зоны Нижнего Поволжья [10]. В настоящее время в России интродуцировано 9 видов этого рода, тогда как широкое распространение получил только один – *Robinia pseudoacacia* L. [6; 11; 15].

*R. pseudoacacia* считается теплолюбивой, засухоустойчивой, зимостойкой и морозостойкой древесной породой. Она нетребовательна к почвам и может расти на каштановых и на бедных песчаных почвах степных и полупустынных районов юга России. Широко распространена в защитных лесных насаждениях и является ценным видом для облесения оврагов, балок, хорошо переносит усло-

вия городской среды, поэтому широко используется в озеленении населенных пунктов [20].

Род *Robinia* имеет ценные морфологические формы, такие как мачтовая и пирамидальная, которые интродуцированы в сухостепную зону Поволжья. По результатам сортоиспытания робинии пирамидальной формы учеными ФНЦ агроэкологии РАН был отобран сорт «Комета», отличающийся быстротой роста, компактностью кроны, высокой засухо- и жаростойкостью. Однако недостатком данного сорта является относительно низкая морозоустойчивость [8]. В настоящее время на территории Кировского ССК в коллекции осталось всего два экземпляра этого сорта. Данная форма стерильна и не завязывает семена. К тому

же сохранить генотип материнского растения можно только с помощью вегетативного размножения, так как при семенном вероятнее получить растение с пирамидальной формой кроны невелика из-за расщепления. Поэтому актуально сохранение и размножение *R. pseudoacacia* «Комета» методами вегетативного размножения.

Размножение возрастных (10–15 лет) древесных с помощью черенкования затруднено или практически невозможно [21]. Одним из эффективных способов вегетативного размножения являются методы биотехнологии растений, которые позволяют сохранять, ускоренно размножать и оздоравливать ценные экземпляры в культуре *in vitro* независимо от времени года и периода вегетации маточных растений [13; 18; 19].

Целью данного исследования являлась оптимизация условий *in vitro* культивирования сорта *R. pseudoacacia* «Комета» на этапах введения и микроразмножения.

**Материалы и методы исследования.** Методика исследования основывалась на общепринятых классических приемах работы с культурами изолированных тканей и органов растений [18]. Объектом исследования стал возрастной экземпляр (около 20-ти лет) *R. pseudoacacia* сорта «Комета» (рисунок 1), произрастающий на территории Кировского ССК (кадастр. № 34:26:050301:104). Исследование проводилось в период с мая 2022 по август 2023 г.



Рисунок 1. *R. pseudoacacia* «Комета» (фото – май 2022 г.)

Этап введения эксплантов *R. pseudoacacia* «Комета» в культуру *in vitro* (подбор способа стерилизации). В качестве материала для первичных эксплантов использовали микрочеренки размером 1,5–2,0 см, взятые с молодых побегов взрослого дерева в период активной вегетации (май–июнь).

Для удаления поверхностного загрязнения экспланты выдерживали в растворе с ПАВ в течение 10-ти минут, после чего промывали под проточной водой в течение 1 часа. Далее экспланты стерилизовали 70%-ным этиловым спиртом в течение 1

минуты, после чего однократно промывали в стерильной дистиллированной воде и обрабатывали в основных растворах дезинфицирующих препаратов: нитрат серебра ( $\text{AgNO}_3$ ), «Лизоформин 3000» (9,5% глутаровый альдегид, 7,5% глиоксаль и 9,6% дидецилдиметиламмония хлорид), пероксид водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), «Белизна» (гипохлорит натрия  $\text{NaOCl}$ ) [12; 17; 18]. Концентрации и время экспозиции подбирались экспериментально. После обработки экспланты пятикратно промывали в стерильной дистиллированной воде и помещали в пробирки с безгормональной питательной средой Мурасиге и Скуга (MS) [18]. В ходе исследования отмечали число контаминированных, некротизированных, а также стерильных жизнеспособных и активно регенерирующих эксплантов, в результате чего выявляли наиболее эффективные режимы стерилизации.

Этап микроразмножения *R. pseudoacacia* «Комета» в культуре *in vitro* (инициация побегообразования). На данном этапе для стимуляции роста и побегообразования в состав питательной среды MS вносили регуляторы роста 6-бензиламинопурин (6-БАП), кинетин и тидиазурон в концентрациях 0,2 и 0,5 мг/л, а также в соотношениях (1:1) для кинетина и 6-БАП (Таблица). В качестве контроля использовали питательную среду MS без добавления гормонов. В ходе эксперимента фиксировали следующие показатели: длина, число микропобегов и частота каллусообразования. Эффективность размножения определяли по числу полученных микропобегов от одного экспланта.

Все этапы исследования проводились в стерильных условиях ламинар-боксов. *In vitro*-растения культивировали на фитостеллажах при 16-ти часовом фотопериоде и температуре  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ .

**Результаты и обсуждение.** Этап введения первичных эксплантов в культуру *in vitro* (подбор способа стерилизации). Важным фактором для успешного *in vitro* культивирования является подбор оптимального способа стерилизации первичных эксплантов, так как микроорганизмы, находящиеся на их поверхности и активно развивающиеся при попадании на питательную среду, могут подавлять рост микропобегов [4; 18; 22]. Поэтому важно подобрать оптимальный стерилизующий агент, а также его концентрацию и время экспозиции при котором будет достигаться максимальное число стерильных и неповрежденных эксплантов, способных к дальнейшей регенерации. На данном этапе было применено 11 вариантов обработки эксплантов, которые представлены ниже на рисунке 2.

Максимальное число стерильных жизнеспособных эксплантов (80,0%) удалось получить при двухступенчатой обработке растворами «Белизны» 10% 5 мин и «Лизоформина 3000» 5% 2 мин (№10), при этом показатель некротизации составил всего 5%, а число контаминированных – 15%. Однако при отдельном использовании раствора «Белизны» в концентрации 20% (№1-3) количество стерильных эксплантов снижалось почти в два раза и составило 40,0–45,5%.

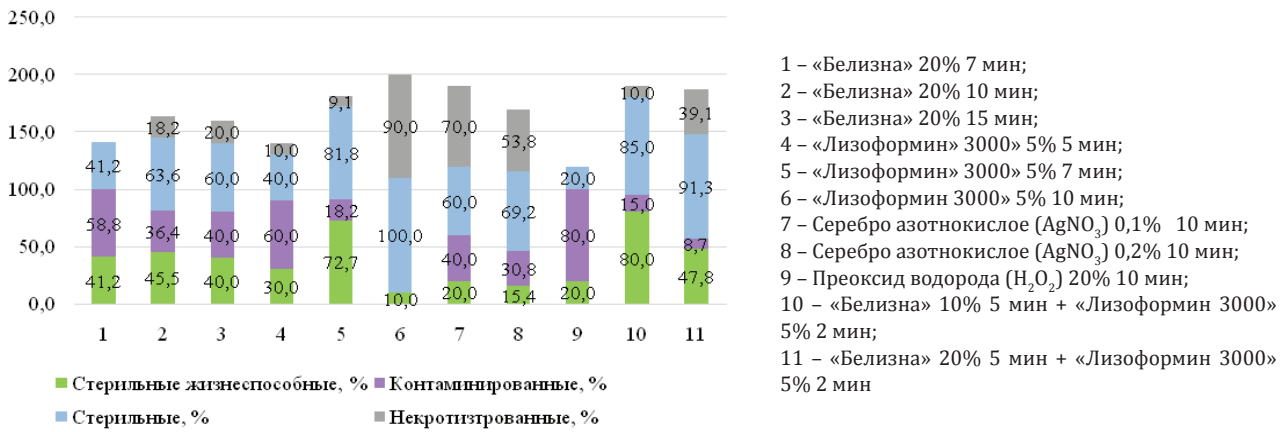


Рисунок 2. Результаты режимов стерилизации эксплантов *R. pseudoacacia* «Комета» на этапе введения в культуру *in vitro*

Эффективной также оказалась стерилизация 5%-ным раствором «Лизоформина 3000» 7 минут (№5), в результате которой выход стерильных жизнеспособных образцов составил 72,7%. При повышении экспозиции в растворе «Лизоформина 3000» до 10 минут (№6) вследствие негативного воздействия альдегидов, содержащихся в составе данного препарата, частота некротизации резко возросла (до 90,0%), и экспланты в дальнейшем не развивались. При стерилизации раствором «Лизоформина 3000» в течение 5 минут (№4) контаминация возросла до 60%. В исследовании по изучению особенностей *in vitro* культивированию сортов *Ribes nigrum* L. (смородина черная) и *Rubus idaeus* L. (малина) эффективными препаратами выделены «Лизоформин 3000» и гипохлорит натрия [3].

Обработка растворами серебра азотнокисло (AgNO<sub>3</sub>) 0,1 и 0,2% (№7-8) в течение 10 минут оказалась неэффективной, и число стерильных жизнеспособных эксплантов составило всего 15,4-20,0%, при этом отмечалась витрификация и нарушение морфологии развившихся микропобегов (рисунок 3F). Раствор пероксида водорода (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 20% (№9) оказался таким же малоэффективным из-за высокой частоты контаминации – 80%.

В результате на данном этапе была получена стерильная и активно регенерирующая культура *in vitro* *R. pseudoacacia* «Комета», которая в дальнейшем послужила материалом на этапе микро-размножения.

Однако позднее было выявлено, что поверхностная стерилизация не освободила экспланты от накопленной внутренней инфекции.

Некоторые микроорганизмы (вирусы, бактерии, микоплазмы), имеющие более сбалансированные взаимоотношения с клетками растений, могут оставаться необнаруженными на начальном этапе культивирования, однако спустя некоторое время могут проявляться в виде белесого налета или мутного ореола в месте контакта экспланта с питательной средой. Активизация такой внутренней инфекции может значительно снижать эффективность микроклонального размножения [9; 18].

Спустя 2-3 пассажа в питательной среде наблюдалось проявление бактериальной инфекции в виде белого кольца вокруг основания микропобегов *R. pseudoacacia*, при этом отмечалось значительное снижение их роста, а также хлороз и некротизация листьев (рис. 3G, рис. 4F).

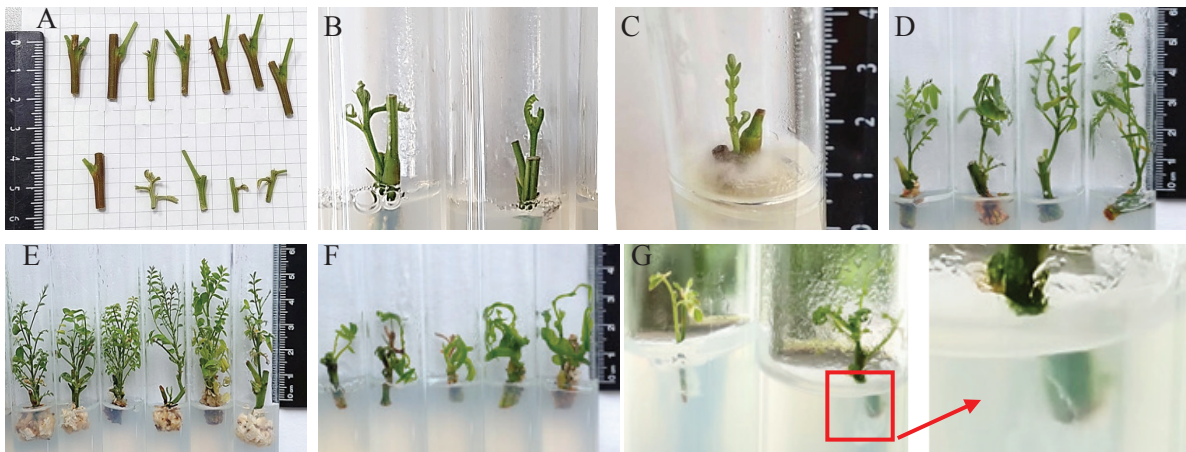


Рисунок 3. Микропобеги *R. pseudoacacia* «Комета» на этапе введения в культуру *in vitro* (А – первичные экспланты, В – регенерация микропобегов через 2 недели, С – контаминация экспланта, D – стерильные активно регенерирующие экспланты через 4 недели, Е – через 8 недель; F – витрификация и нарушение морфологии микропобегов при обработке раствором AgNO<sub>3</sub>; G – проявление эндофитной инфекции)



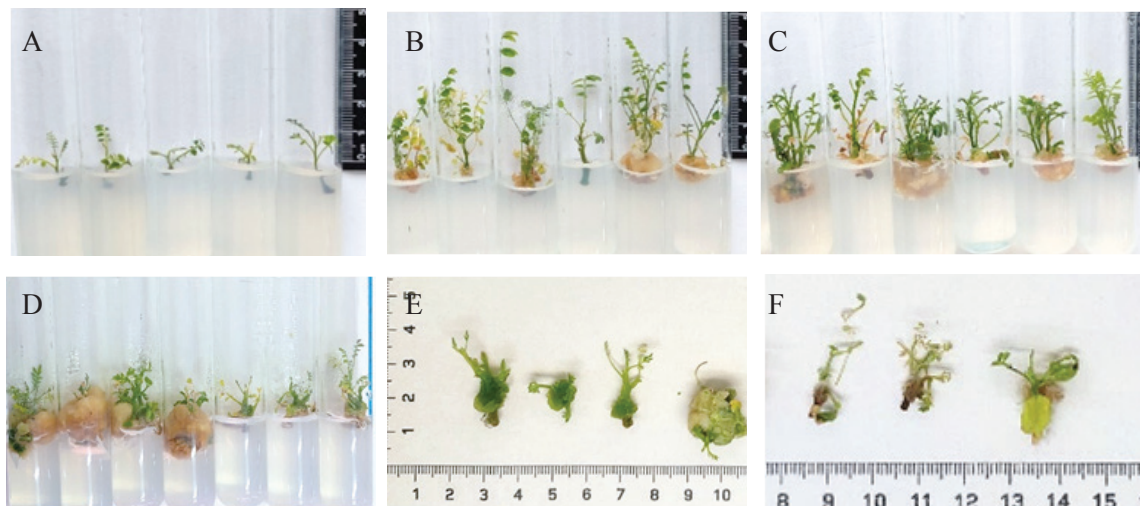


Рисунок 4. Растения-регенеранты на средах с разным гормональным составом (А – контроль, В – 6-БАП 0,2 и 0,5 мг/л, С – 6-БАП 0,2+кинетин 0,2 мг/л, D – 6-БАП 0,5+кинетин 0,5 мг/л, E – тидиазурон 0,2 и 0,5 мг/л, F – экспланты с эндофитной инфекцией)

Поэтому в дальнейшем необходимо отдельное изучение данного вопроса путем микробиологической проверки образцов на этапе введения и подбор антибактериальных препаратов (цефотаксим, нистатин, тетрациклин и др.) для освобождения эксплантов от эндогенной микрофлоры [9; 18].

Этап микроразмножения в культуре *in vitro* (инициация побегообразования). Эффективность микроразмножения во многом зависит от правильно подобранного гормонального состава питательной среды [1]. На данном этапе была проведена оценка эффективности разных концентраций регуляторов роста (6-БАП, кинетин и тидиазурон), наиболее часто применяемых для стимуляции роста и побегообразования у растений в культуре *in vitro*.

В результате оптимальным оказалось сочетание кинетина 0,2 мг/л с 6-БАП 0,2 мг/л. На данном варианте среды наблюдался максимальный коэффициент размножения – 4,1 и нормально развитые микропобеги длиной около 3 см (таблица, рисунок 4С). Подобный положительный эффект сочетания данных препаратов наблюдался авторами при *in vitro* культивировании сортов винограда, где

присутствие кинетина с 6-БАП в среде обеспечило максимальный коэффициент размножения [2]. При повышении концентраций данных гормонов до 0,5 мг/л регенерация побегов вдвое снижалась, и происходило интенсивное образование калусной ткани (рисунок 4D).

Отдельное применение кинетина 0,2 и 0,5 мг/л повлияло на длину побега исходного экспланта, увеличив ее с 2,2 см (контроль) до 3,5 и 4,5 соответственно, но не способствовало образованию новых побегов, и число побегов на данных вариантах сред составило всего 1,3 и 1,5. Схожее влияние кинетин оказал на микроразмножение *Physocarpus opulifolius* (Пузыреплодник калинолистный), так как он не способствовал образованию новых побегов, но повлиял на длину побега, увеличив ее в 1,5 раза [23].

На средах с 6-БАП 0,2 и 0,5 мг/л эффективность размножения увеличилась в 2 раза по сравнению с контролем, но длина побега не превышала его и составила 1,9 см. Повышение концентрации 6-БАП с 0,2 до 0,5 мг/л способствовало увеличению калусообразования с 34,7 до 68,9%.

Таблица. Влияние гормонального состава питательной среды на размножение *R. pseudoacacia* «Комета»

№	Тип и концентрация регуляторов роста, мг/л	Длина побега, см	Число микропобегов	Калусо-образование, %
1	Контроль	2,2 ± 0,3	1,3 ± 0,1	2,5 ± 2,5
2	6-БАП 0,2	1,9 ± 0,3	2,1 ± 0,5	34,7 ± 9,7
3	6-БАП 0,5	1,9 ± 0,3	2,3 ± 0,3	68,9 ± 8,9
4	Кинетин 0,2	3,5 ± 0,2	1,5 ± 0,3	65,0 ± 5,0
5	Кинетин 0,5	4,5 ± 0,2	1,3 ± 0,1	82,2 ± 9,5
6	Тидиазурон 0,2	2,2 ± 0,2	1,3 ± 0,3	90,9 ± 9,1
7	Тидиазурон 0,5	2,3 ± 0,3	1,0 ± 0,0	95,5 ± 4,5
8	Кинетин 0,2 + 6-БАП 0,2	2,9 ± 0,1	4,1 ± 0,3	67,1 ± 20,4
9	Кинетин 0,5 + 6-БАП 0,5	2,2 ± 0,2	2,0 ± 0,3	81,8 ± 9,1

Применение тидиазулона 0,2 и 0,5 мг/л оказалось самым неэффективным: у образцов наблюдалось изменение морфологии и витрификация, отсутствие роста и образование каллуса в базальной части побега первичного экспланта (рисунок 4Е). Некоторыми авторами отмечен положительный эффект применения тидиазулона для увеличения коэффициента размножения [3; 16; 24], однако существуют и противоречащие данные, которые подтвердились нами в настоящем исследовании. Тидиазурон не стимулировал рост новых микропобегов и вызывал морфологические отклонения и витрификацию [7; 14; 23].

**Заключение.** Таким образом, в результате проведенного исследования были определены эффективные способы обработки первичных эксплантов *R. pseudoacacia* «Комета», позволившие получить до 72,7-80,0% свободных от поверхностной микрофлоры образцов. На этапе микроразмножения было отмечено положительное влияние совместного применения гормонов 6-БАП и кинетина в составе питательной среды на морфогенез *R. pseudoacacia* «Комета», что позволило получить до 4,1 побегов на экспланте. Однако получения стабильно регенерирующей культуры добиться все же не удалось из-за выявленной со временем эндофитной инфекции, которая угнетала развитие микропобегов. Поэтому в дальнейшем работа будет направлена на изучение действия антимикробных препаратов в составе питательной среды и получение оздоровленного *in vitro*-материала *R. pseudoacacia* «Комета».

#### Литература:

1. Адаев Н. Л., Магоматов, А. С., Амаева, А. Г., Занилов, А. Х., Хамзатова, М. Х. Оптимизация питательных сред для клонального микроразмножения *in vitro* новых сортов ягодных культур // Инновационная деятельность как фактор развития агропромышленного комплекса в современных условиях. 2020. С. 83-91.
2. Батукаев А. А., Дудаева А. С., Адымханов Л. К. Укоренение-ключевой этап размножения винограда *in vitro* // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика. 2023. С. 167-172. DOI: 10.34924/FRARC.2023.66.15.036
3. Вершинина О. В., Бъядовский И. А. Особенности развития эксплантов *Rubus idaeus* L. и *Ribes nigrum* L. перспективных сортов селекции ФГБНУ ФНЦ садоводства на этапе введения в культуру *in vitro* // Плодоводство и ягодоводство России. 2020. Т. 63. №. 1. С. 44-52. DOI: 10.31676/2073-4948-2020-63-44-52
4. Винтер М.А., Федорович С.В., Тхамокова И.Х. Эффективность антисептика «БИОПАК» при санации эксплантов в ходе клонального микроразмножения плодовых культур // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. №. 162 (08). С. 105-113. [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2020/08/pdf/07.pdf>
5. Калашникова Е. А. Зайцева С.М., Доан Т. Т., Киракосян Р.Н. Синтетические регуляторы роста: роль в микроразмножении лекарственных растений *Dioscorea nipponica* Makino, образовании и локализации полифенолов // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2020. Т. 23. №. 1. С. 42-50. DOI: 10.29296/25877313-2020-01-07

6. Калмыкова Е. В., Кузьмин, П.А., Мельник, К.А., Сапронова, Д. В. Комплексная оценка семян *Robinia pseudoacacia* L. в орошаемом питомнике для использования в лесоразведении и озеленении на территории Нижнего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2022. №.11. С. 38-42. DOI: 10.28983/asj.y2022i11pp38-42
7. Крахмалева И. Л., Молканова О. И., Малаева Е. В. Особенности клонального микроразмножения разных форм перспективных сортов *Actinidia Kolomikta* (Rupr. et Maxim) Maxim // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019. №. 133. С. 80-86. DOI: 10.36305/0513-1634-2019-199-80-86
8. Крючков С. Н., Беляев А. И., Пугачёва А. М. [и др.]. Научно-методические указания по сортовому семеноводству деревьев и кустарников для лесомелиорации аридных территорий: научно-методические рекомендации. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2022. 52 с.
9. Кузьмина Т. И., Кузнецова А. П., Федорович С. В. Особенности микроразмножения можжевельника скального (*Juniperus Scopulorum*) // Наука, творчество, инновации: сборник научных трудов. 2021. С. 68-74.
10. Лазарев С. Е. Формовое разнообразие и декоративные свойства представителя рода *Robinia* в условиях сухой степи // Научно-агрономический журнал. 2020. №. 2 (109). С. 42-50. DOI: 10.34736/FNC.2020.109.2.007.42-50
11. Лазарев С. Е., Семенютина А. В. Технологические приемы размножения и выращивания видов рода *Robinia* L. // Успехи современного естествознания. 2021. №. 3. С. 17-25.
12. Маркова М. Г., Сомова Е. Н. Оптимизация приемов введения садовых растений в стерильную культуру *in vitro* // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. №. 4. С. 71-81. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-4-71-81
13. Плаксина Т. В. Биотехнология в сохранении биоразнообразия растений // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2017. №. 16. С. 321-323.
14. Семенова Д. А., Крахмалева И. Л., Мишанова Е. В., Молканова О. И., Митрофанова И. В. Особенности регенерации перспективных сортов *Actinidia arguta* в культуре *in vitro* // Таврический вестник аграрной науки. 2023. №. 1 (32). С. 93-103. DOI: 10.5281/zenodo.7898485
15. Семенютина А. В., Лазарев С. Е. Особенности роста и развития представителей родового комплекса *Robinia* L. в условиях интродукции // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2018. Т. 8. №. 3. С. 46-55. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-rosta-i-razvitiya-predstaviteley-rodovogo-kompleksa-robinia-l-v-usloviyah-introduktsii> DOI: 10.25726/NM.2019.85.96.003
16. Соловых Н. В., Янковская М. Б. Индукция адвентивного морфогенеза *in vitro* в изолированных тканях растений рода *Rubus* с использованием цитокининов из групп аденина и дифенилмочевины // Садоводство и виноградарство. 2020. №. 2. С. 21-27. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-2-21-27
17. Терещенко Т.В., Жолобова О.О. Эффективные способы стерилизации семян *Robinia pseudoacacia* L. для введения в культуру *in vitro* // Научно-агрономический журнал. 2022. №. 2. (117). С. 62-67. DOI: 10.34736/FNC.2022.117.2.008.62-67
18. Тимофеева, С. Н., Смолькина, Н. В., Апанасова Ю. В., Юдакова, О. И. Технологии микроразмножения *in vitro*: учебно-методическое пособие. – Саратов: Саратовский государственный университет, 2016. 38 с.
19. Тихомирова, Л. И., Базарнова, Н. Г., Ильичева, Т. Н., Мартиросян, Ю. Ц., & Афанасенкова, И. В. Получение ра-

стительного сырья ириса сибирского (*Iris Sibirica* L.) // Химия растительного сырья. 2018. № 4. С. 235-245. DOI: 10.14258/jergrm.2018043887

20. Чепурной, В.С. Максимцов Д.В. Практическая агролесомелиорация: методические указания по изучению эколого-биологических особенностей и морфологических признаков древесных видов для защитного лесоразведения. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. 98 с.

21. Чернышенко О. В., Румянцев Д. Е. Дендрохронологический метод отбора деревьев для дальнейшего микрклонального размножения их с учетом продуктивности и устойчивости видов // Лесной вестник. 2012. №. 7 (90). С. 88-91.

22. Шахов В.В., Ташматова Л.В., Мацнева О.В., Хромова Т.М. Эффективность стерилизующих агентов при вве-

дении сортов вишни в культуру in vitro // Современное садоводство. 2018. №. 4 (28). С. 32-37. DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10405

23. Jagiełło-Kubiec K., Nowakowska K., Ilczuk A., Łukaszewska A. J. Optimizing micropropagation conditions for a recalcitrant ninebark (*Physocarpus opulifolius* L. Maxim.) cultivar. In Vitro Cellular&Developmental Biology-Plant. 2021. Vol. 57. P. 281-295. DOI: 10.1007/s11627-020-10154-0

24. Javed S.B., Alatar A. A., Anis M., El-Sheikh M.A. In vitro regeneration of coral tree from three different explants using thidiazuron. HortTechnology. 2019. Vol. 29. №. 6. P. 946-951. DOI: 10.21273/HORTTECH04398-19

25. Semenytina A., Lazarev S. Features of growth and development of representatives the generic complex of *Robinia* L. in conditions of introduction. World Ecology Journal. 2018. Vol. 8. No.3. P. 46-55. DOI: 10.25726/NM.2019.85.96.003

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.014.93-99

## Some Aspects of «Comet» *Robinia Pseudoacacia* L. Cultivation in «in vitro» Conditions

Tatyana V. Tereshchenko✉, Junior Researcher, e-mail: tereshchenko@vfanc.ru, ORCID 0000-0001-9116-6062

Olga O. Zholobova, Cand. Sci. (Biol.), ORCID 0000-0002-1594-4181

Elena L. Grichik, Junior Researcher, ORCID 0000-0003-4478-6538

“Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences” (FSC of agroecology RAS), info@vfanc.ru, 400062, Volgograd, pr-t Universitetskiy, 97, Russia

**Abstract.** Representatives of the *Robinia* genus have a number of valuable species, forms and varieties that are promising for landscaping settlements and protective afforestation in the Lower Volga region. Scientists of the FSC of agroecology RAS bred the “Comet” *Robinia pseudoacacia* variety, which features are growth rate, drought and heat resistance, as well as crown compactness and pyramidity. Due to the combination of unfavorable natural factors, only two age-related specimens of this variety remain in the collection of the FSC, which must be preserved and reproduced. Methods of plant biotechnology are especially effective in vegetative reproduction and preservation of breeding valuable crops. The article presents the results of optimization of “Comet” *Robinia pseudoacacia* in vitro cultivation. At the introduction into culture stage, the effectiveness of four disinfectants solutions was studied: “Belizna”, “Lysoformin 3000”, silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ) and hydrogen peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). As a result, treatment with a “Belizna” solution of 10% for 5 minutes in combination with a “Lysoformin 3000” solution of 5% for 2 minutes turned out to be optimal, since 80% of sterile viable explants were obtained. The use of a 5% Lysoformin 3000 solution for 7 minutes was also effective – 72.7% of sterile actively regenerating explants. Treatment in solutions of  $\text{AgNO}_3$  0.1-0.2% and  $\text{H}_2\text{O}_2$  20% for 10 minutes proved ineffective: only 15.4-20.0% of sterile viable samples were obtained at the output. At the microreproduction stage, growth regulators were used: kinetin, 6-benzylaminopurine (6-BAP) and thidiazuron 0.2-0.5 mg/l. As a result, the maximum number of microshoots (4.1) was achieved with the combined use of 6-BAP 0.2 mg/l and kinetin 0.2 mg/l. The addition of 0.2 and 0.5 mg/l thidiazuron

to the nutrient environment did not prove effective and caused morphological disorders. Despite the effectiveness of the above drugs, it was not possible to achieve a stable developing culture due to the detection of endophytic infection in the explant tissues after 2-3 passages.

**Keywords:** explant sterilization, plant microreproduction, biotechnology, *Robinia pseudoacacia*

**Funding.** The work was carried out within the framework of the state research assignment of the FSC of agroecology RAS No. 122020100427-1 “Develop the scientific basis for the conservation and reproduction of valuable genotypes of woody and shrubby plants in “in vitro” culture.

**Citation.** Tereshchenko T.V., Zholobova O.O., Grichik E.L. Some Aspects of “Comet” *Robinia Pseudoacacia* L. Cultivation in “in vitro” Conditions. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):93-99. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.014.93-99

Received: 18.10.2023

Accepted: 07.12.2023

### References:

1. Aдаев N.L., Магоматов A.S., Амаева A.G., Занилов A.Kh., Хамзатова M.Kh. Optimization of nutrient environments for in vitro clonal microreproduction of berry crops new varieties. *Innovatsionnaya deyatel'nost' kak faktor razvitiya agropromyshlennogo kompleksa v sovremennykh usloviyakh*. 2020;83-91. (In Russ.)

2. Batukaev A. A., Dudaeva A. S., Adymkhanov L. K. Rooting as a key stage of grape reproduction in vitro. *Aktual'nye voprosy razvitiya otraslej sel'skogo khozyajstva: teoriya i praktika*. Materials of the V All-Russian scientific and practical conference of young agricultural scientists in AIC; 2023, pp. 167-172. (In Russ.) DOI: 10.34924/FRARC.2023.66.15.036

3. Vershinina O.V., “B”yadovskij” I.A. Features of the *Rubus idaeus* L. and *Ribes nigrum* L. promising varieties of FBSO ARHCAN breeding explants development at the

- stage of introduction into in vitro culture. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2020;63(1):44-52. (In Russ.) DOI: 10.31676/2073-4948-2020-63-44-52
4. Vinter M.A., Fedorovich S.V., Tkhamokova I.Kh. The BIOPAK antiseptic effectiveness in the explants rehabilitation during fruit crops clonal microreproduction. *Politematicheskij setevoj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2020;162(08):105-113. [Web resource]. (In Russ.) URL: <http://ej.kubagro.ru/2020/08/pdf/07.pdf>
5. Kalashnikova E.A. Zajtseva S.M., Doan T.T., Kirakosyan R.N. Synthetic growth regulators: role in the microclonal reproduction of *Dioscorea nipponica* Makino medicinal plants as well as the polyphenols formation and localization. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoj i farmatsevticheskoy khimii = Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2020;23(1):42-50. (In Russ.) DOI: 10.29296/25877313-2020-01-07
6. Kalmykova E.V., Kuz'min, P.A., Mel'nik, K.A., Saprionova, D.V. Comprehensive assessment of *Robinia Pseudoacacia* L. seedlings in an irrigated nursery for use in afforestation and greening in the Lower Volga region. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal = The Agrarian Scientific Journal*. 2022;11:38-42. (In Russ.) DOI: 10.28983/asj.y2022i11pp38-42
7. Krakhmaleva I.L., Molkanova O.I., Malaeva E.V. Features of clonal microreproduction of different forms of *Actinidia Kolomikta* (Rupr. et Maxim) promising varieties. *Bulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada = Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2019;133:80-86. (In Russ.) DOI: 10.36305/0513-1634-2019-199-80-86
8. Kryuchkov S.N., Belyaev A.I., Pugachyova A.M. et al. Scientific and methodological guidelines on varietal seed production of trees and shrubs for forest reclamation of arid territories: scientific and methodological recommendations. Volgograd. FSC of agroecology RAS Publ. house; 2022, 52 p. (In Russ.)
9. Kuz'mina T.I., Kuznetsova A.P., Fedorovich S.V. Features of the rock juniper (*Juniperus Scopulorum*) microclonal reproduction. *Nauka, tvorchestvo, innovatsii: compilation of scientific papers*. 2021;68-74. (In Russ.)
10. Lazarev S.E. The form diversity and decorative properties of the *Robinia* genus representatives in the dry steppe conditions. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2020;2(109):42-50. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2020.109.2.007.42-50
11. Lazarev S.E., Semenyutina A.V. Technological methods of species of the *Robinia* L. genus reproduction and cultivation. *Uspekhi sovremennoego estestvoznaniya = Advances in current natural sciences*. 2021;3:17-25. (In Russ.)
12. Markova M.G., Somova E.N. Optimization of garden plants introducing techniques into sterile in vitro culture. *Izvestiya Timiryazevskoj sel'skokhozyajstvennoj akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2022;4:71-81. (In Russ.) DOI: 10.26897/0021-342X-2022-4-71-81
13. Plaksina T.V. Biotechnology in the preservation of plant biodiversity. *Problemy botaniki Yuzhnoj Sibiri i Mongolii = Problems of botany of South Siberia and Mongolia*. 2017;16:321-323. (In Russ.)
14. Semenova D.A., Krahmaleva I.L., Mishanova E.V., Molkanova O.I., Mitrofanova I.V. Features of promising *Actinidia arguta* varieties regeneration in «in vitro» culture. *Tavrcheskij vestnik agrarnoj nauki = Taurida herald of the agrarian sciences*. 2023;1(32):93-103. (In Russ.) DOI: 10.5281/zenodo.7898485
15. Semenyutina A.V., Lazarev S.E. Features of the *Robinia* L. generic complex representatives growth and development in the introduction conditions. *Nauka. Mysl': periodical Scientific e-journal*. 2018;8(3):46-55. [Web resource]. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-rosta-i-razvitiya-predstaviteley-rodovogo-kompleksa-robinia-l-v-usloviyah-introduksii> DOI: 10.25726/NM.2019.85.96.003
16. Solovyh N.V., Yankovskaya M.B. Induction of adventitious morphogenesis in vitro in the isolated plants tissues of *Rubus* genus using cytokinins from the adenine and diphenylurea groups. *Sadovodstvo i vinogradarstvo = Horticulture and viticulture*. 2020;2:21-27. (In Russ.) DOI: 10.31676/0235-2591-2020-2-21-27
17. Tereshchenko T.V., Zholobova O.O. Effective methods of *Robinia pseudoacacia* seeds L. sterilization for introduction into «in vitro» culture. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2022;2(117):62-67. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2022.117.2.008.62-67
18. Timofeeva S.N., Smol'kina N.V., Apanasova Yu.V., Yudakova O.I. Technologies of microreproduction in vitro: an educational and methodological guide. Saratov. Saratov State University Publ. house; 2016, 38 p. (In Russ.)
19. Tihomirova L.I., Bazarnova N.G., Il'icheva T.N., Martirosyan Yu.C., Afanasenkova I.V. Obtaining of Siberian iris (*Iris Sibirica* L.) plant raw materials. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ya*. 2018;4:235-245. (In Russ.) DOI: 10.14258/jepm.2018043887
20. Chepurnoj V.S. Maksimov D.V. Practical agroforestry: methodological guidelines for the study of ecological and biological features and morphological characteristics of tree species for protective afforestation. Krasnodar. KubSAU Publ. house; 2016, 98 p. (In Russ.)
21. Chernyshenko O.V., Rumyancev D.E. Dendro-chronological method of selecting trees for further microclonal reproduction, taking into account species productivity and sustainability. *Lesnoj vestnik = Forestry bulletin*. 2012;7(90):88-91. (In Russ.)
22. Shahov V.V., Tashmatova L.V., Macneva O.V., Hromova T.M. Sterilizing agents' effectiveness when introducing cherry varieties into in vitro culture. *Sovremennoe sadovodstvo = Contemporary horticulture*. 2018;4(28):32-37. (In Russ.) DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10405
23. Jagiełto-Kubiec K., Nowakowska K., Ilczuk A., Łukaszewska A. J. Optimizing micropropagation conditions for a recalcitrant ninebark (*Physocarpus opulifolius* L. Maxim.) cultivar. *In Vitro Cellular&Developmental Biology-Plant*. 2021;57:281-295. DOI: 10.1007/s11627-020-10154-0
24. Javed S.B., Alatar A. A., Anis M., El-Sheikh M.A. In vitro regeneration of coral tree from three different explants using thidiazuron. *Hort Technology*. 2019;29(6):946-951. DOI: 10.21273/HORTTECH04398-19
25. Semenyutina A., Lazarev S. Features of growth and development of representatives the generic complex of *Robinia* L. in conditions of introduction. *World Ecology Journal*. 2018;8(3):46-55. DOI: 10.25726/NM.2019.85.96.003


**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.

## Оценка водного режима сортообразцов чумизы в условиях Нижнего Поволжья

Татьяна Владимировна Родина , e-mail: rodina008@mail.ru к.с.-х.н., с.н.с., ORCID: 0000-0002-6670-417X

Александр Николаевич Асташов, к.с.-х.н., г.н.с., ORCID: 0000-0002-2744-9428

Ольга Валерьевна Киреева, к.с.-х.н., м.н.с., ORCID: 0000-0002-2091-4729

Галина Андреевна Маслова, м.н.с., ORCID: 0009-0000-7714-5804

«Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы»,  
e-mail: rossorgo@yandex.ru, 410050, 1-й Институтский проезд, 4, г. Саратов, Россия

**Аннотация.** Актуальность проводимых исследований обусловлена глобальными изменениями климатических условий, что приводит к частому проявлению неблагоприятных факторов и, как следствие, снижению продуктивности сельскохозяйственных растений. В складывающихся условиях создание и подбор адаптированных сортов для аридных территорий РФ весьма актуальны. Чумиза является перспективной культурой кормового и пищевого использования. В статье представлены результаты оценки параметров водного режима листьев чумизы в фазу цветения растений в условиях Саратовской области. В годы проведения эксперимента погодные условия были характерными для этого региона, что позволило полноценно оценить степень устойчивости образцов чумизы к воздействию высоких температур. Исследование особенностей водного режима листьев показало достаточно высокий уровень засухоустойчивости чумизы при выращивании в условиях Саратовского правобережья. По результатам трехлетних исследований выделены сортообразцы чумизы к-73 и Фиеста по параметрам, наиболее приближенным к высокой оценке засухоустойчивости: оводненность тканей листьев – 67,3 и 66,3%, водный дефицит – 11,1 и 13,3% соответственно. Полученные данные позволили выделить образцы для формирования нового генофонда и дальнейшего включения в селекционный процесс с целью создания новых сортов.

**Ключевые слова:** чумиза, оводненность тканей, водный режим листьев, засуха.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках темы государственного задания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № НИОКТР 123011200032-3 «Физиологические особенности адаптации исходного материала в условиях абиотического стресса для использования в селекции на повышение засухоустойчивости».

**Цитирование:** Родина Т.В., Асташов А.Н., Киреева О.В., Маслова Г.А. Оценка водного режима сортообразцов чумизы в условиях Нижнего Поволжья // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 100-104. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.015.100-104

Поступила в редакцию: 27.10.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** Погодно-климатические условия в регионе проведения эксперимента отличаются нерегулярным выпадением осадков и изменением температуры воздуха в течение года и вегетационного периода растений [1; 5]. При этом благоприятные годы сменяются засушливыми и острозасушливыми. Засуха, как природный фактор, влияет на продуктивность всех видов сельскохозяйственных культур и приводит к значительным экономическим ущербам по всему миру [3; 5]. Учитывая текущие изменения климата, изучение реакции растений на различные природные стрессоры, является особенно актуальным для современной селекции [4; 8]. В связи с этим большое значение при подборе исходного и изучении селекционного материала имеет оценка его засухоустойчивости [11]. Она необходима также для более рационального размещения сортов в аридных условиях. Для засушливых условий Нижнего Поволжья чумиза является перспективной культурой различного направления использования: кормовое и пищевое (не содержит глютен) [15]. В этой связи значение чумизы, формирующей при правильном использовании высо-

кие урожаи зеленой массы и зерна, имеет большое практическое значение, а разработка засухоустойчивых сортов чумизы имеет особое значение для науки. Поэтому очень важно подбирать исходный материал обладающий комплексом адаптивных свойств [6; 7; 9].

Атмосферную и почвенную засуху тяжело регулировать, и нужно время, чтобы такой тип водного дефицита начал явно влиять на растения [2; 13]. Помимо прямых методов оценки засухоустойчивости существует много косвенных, которые, хотя и имеют ряд недостатков и иногда дают сравнительно относительные результаты, все же представляют интерес для предварительной оценки отбора коллекционного материала [10; 14]. Некоторые авторы особую роль в устойчивости растений отводят водоудерживающей способности листьев в связи с чем изучение особенностей водного режима листьев является актуальным [12; 16]. При этом сведения по данному направлению фрагментарны и недостаточно полно изучены. Цель исследований – оценка засухоустойчивости образцов чумизы по параметрам водного режима листьев.

**Материал и методы исследования.** Лабораторно-полевые опыты проводили в 2021, 2022 и 2023 годах в условиях засушливого климата Саратовской области. Объекты исследований: сорта и сортообразцы чумизы Розанна, Рубиновая, Фиеста, Стачуми 1, к-73, к-982, к-1074, к-2029, которые высевали на опытном поле института, расположенном в пригородной микрорайоне Саратовского района, которое территориально размещено в южной части чернозёмной зоны Поволжья в третьей декаде мая. Годы выращивания чумизы различались в период вегетации по погодным условиям. Так, гидротермический коэффициент составил в 2021 г. 0,77; 2022 г. – 0,79; 2023 г. – 0,63, что относит регион к засушливым территориям.

Оценку засухоустойчивости по показателям водного режима листьев проводили в соответствии методическим указаниям ВИР (под ред. Удовенко Г.В. *Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство. Ленинград: ВИР, 1988. 228 с.*). Пробы листьев отбирали в фазу цветения (в нашем эксперименте у чумизы фаза наступала во второй декаде августа) по 5 листьев каждого сортообразца в двукратной повторности. Образцы срезали в утренние часы, помещали в полиэтиленовые пакеты и доставляли в лабораторию.

Оводненность тканей (ОТ) определяли в процентах от сырой массы навески по формуле:

$$ОТ = (а-б) \times 100 / (а), \text{ где}$$

а – масса сырой навески, г;

б – масса сухой навески, г.

Водный дефицит (ВД) в листьях (процентное содержание поступившей воды от общего количе-

ства воды в состоянии полного насыщения) вычисляли по формуле:

$$ВД = (M_2 - M_1) \times 100 / (M_2 - M_3),$$

где  $M_1$  – исходная сырая масса навески, г;

$M_2$  – сырая масса после 24-часового насыщения, г;

$M_3$  – масса сухой навески, г.

Классификация сортообразцов чумизы по относительной засухоустойчивости проведена согласно шкале оценки параметров водного режима листьев: ОТ, %: низкая <59,9; средняя – 60,0-69,9; высокая – 70,0;

ВД, %: низкая – 20,1; средняя – 10,1-20,0%; высокая до 10,0.

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена с помощью программы «AGROS 2.09» методом дисперсионного многофакторного анализа.

**Результаты и обсуждение.** При отборе растений для проведения опыта ориентировались на длину вегетационного периода. Пробы листьев отбирали в один этап морфогенеза, наиболее критическую фазу развития сельскохозяйственных растений, в фазу цветения. Погодные условия в годы проведения эксперимента были типичными для Саратовской области и характеризовались жаркими условиями летних периодов, что позволило оценить устойчивость сортообразцов чумизы к высоким температурам.

На рисунке 1 представлены данные погодноклиматических условий за 10 дней до цветения растений чумизы, которые отражают, что цветение растений проходило в условиях жесточайшей засухи, о чем свидетельствует низкий гидротермический коэффициент.

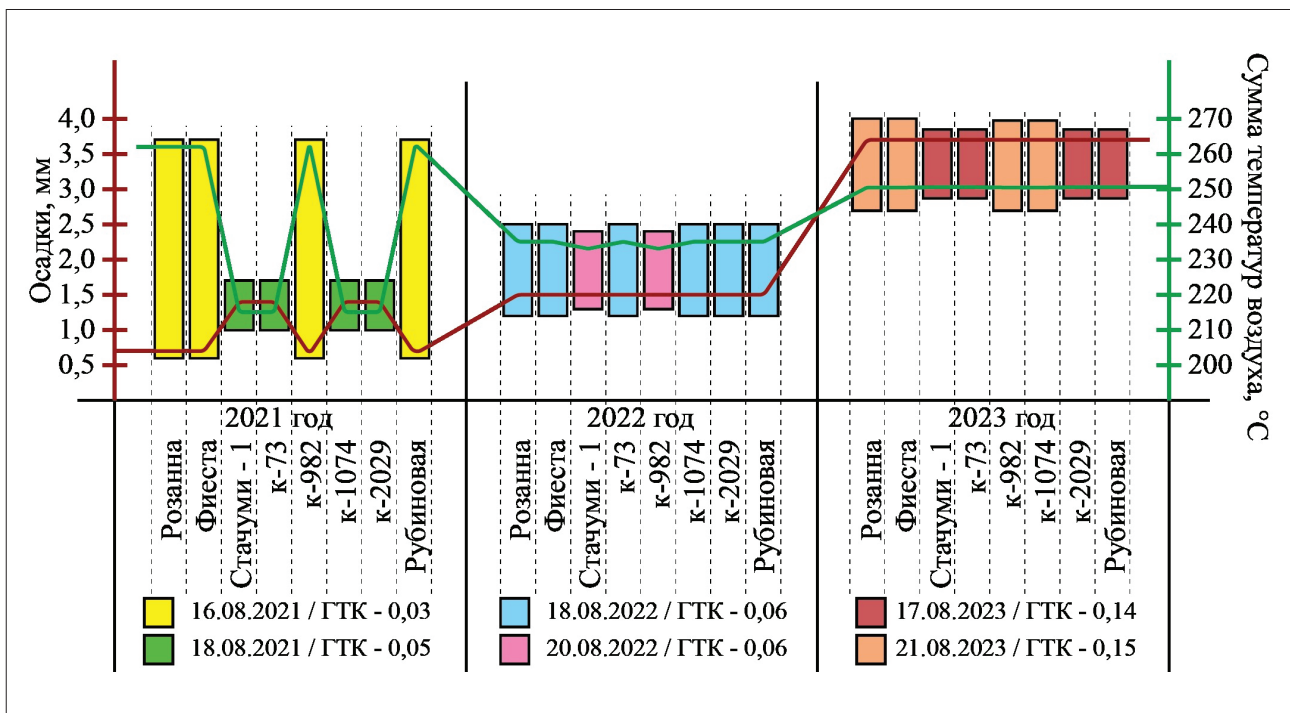
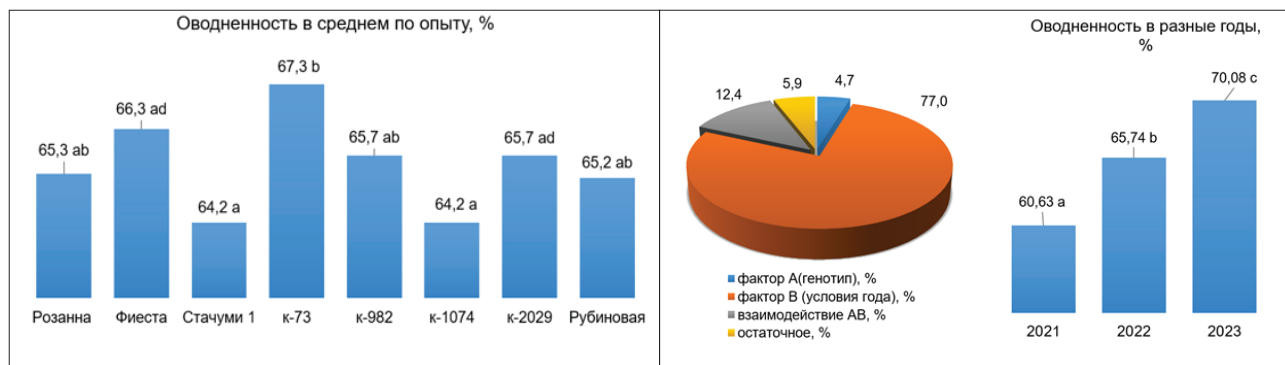
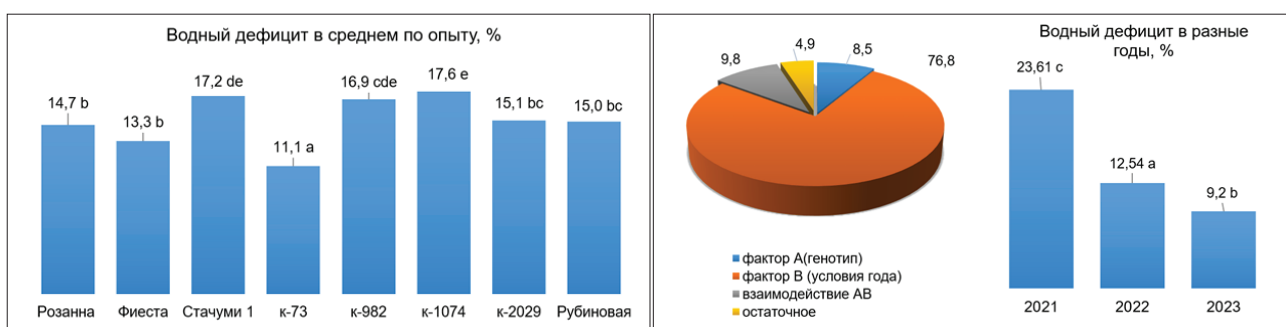


Рисунок 1. Климатические условия за «десять дней» до цветения чумизы



$F_{05(A)}=2,61^*$ ;  $HCP_{05(A)}=1,84$ ;  $F_{05(B)}=150,76^*$ ;  $HCP_{05(B)}=1,13$ ;  $F_{05(AB)}=3,46^*$ ;  $HCP_{05(AB)}=3,19$

Рисунок 2. Оводненность тканей листьев чумизы в зависимости от климатических условий вегетации, среднее за 2021-2023 гг.



$F_{05(A)}=10,97^*$ ;  $HCP_{05(A)}=1,93$ ;  $F_{05(B)}=349,14^*$ ;  $HCP_{05(B)}=1,18$ ;  $F_{05(AB)}=6,37^*$ ;  $HCP_{05(AB)}=3,34$

Рисунок 3. Водный дефицит листьев чумизы в зависимости от климатических условий вегетации, среднее за 2021-2023 гг.

Научно-агрономический журнал 4 (123) 2023 = Scientific Agronomy Journal 4 (123) 2023

Стоит отметить, что за период проведения исследований согласно шкале оценки по параметрам водного режима листьев все сортообразцы чумизы отнесены к группе средней засухоустойчивости. При этом у сортообразца к-73 получены показатели, наиболее приближенные для получения оценки с высокой засухоустойчивостью, как по параметрам оводненности тканей листьев – 67,3%, так и по параметрам водного режима – 11,1%, а при проведении исследований в 2022 г. данный сортообразец выделен как засухоустойчивый по данной методике (рисунок 1, 2). Полученные данные подтверждаются результатами двухфакторного дисперсионного анализа.

Установлено, что в период проведения эксперимента в формирование признака оводненности тканей листьев наибольший вклад внес фактор В «условия среды», а вклад генотипического фактора оказался наименьшим (рисунок 2). Необходимо отметить, что условия года однозначно повлияли на оводненность тканей листьев: так, наибольшая засухоустойчивость растений чумизы по данной методике установлена в 2023 г., что скорее всего объясняется тем, что в течение вегетационного периода растения испытывали наибольший стресс, и погодные условия года отмечены неравномерным распределением осадков и резкими перепадами

дневных температур, хотя в период за «десять дней» до цветения гидротермический коэффициент оказался самым высоким за годы проведения исследований. По показателю «водный дефицит» листьев, т.е. того недостатка воды, который имеет место в растении при засухе, в среднем за период исследований сорта чумизы характеризовались средней засухоустойчивостью (рисунок 3).

При этом вклад генотипического фактора в проявление изучаемого признака составил менее 10%, а наибольшее влияние в формировании признака оказал фактор В – условия года проведения эксперимента. Установлено, что наименьший водный дефицит листьев наблюдался в условиях 2023 года, а в 2022 и 2021 г. данный показатель увеличился на 36,3 и 136,7% соответственно.

**Заключение.** В работе представлены итоги трехлетних испытаний методом диагностики основных параметров водного режима листьев при оценке чумизы на устойчивость к абиотическим факторам в период цветения культуры.

В целом 2023 год был более засушливым, отмечены резкие перепады температур и неравномерное выпадение осадков в течение вегетационного периода. Однако в сложившихся условиях отмечены наилучшие показатели засухоустойчивости чумизы как по параметрам оводненности тканей,

так и по водному дефициту листьев чумизы, хотя в период за «десять дней до цветения» гидротермический коэффициент был выше, чем в 2021 и 2022 гг., что в целом характеризует чумизу как засухоустойчивую культуру с высокой способностью к адаптации и регуляции своего водного обмена. Наилучшие адаптационные способности по параметрам, наиболее приближенным к высокой оценке засухоустойчивости, установлены у сортообразцов чумизы к-73 и Фиеста. Данные образцы рекомендуется включать в дальнейший селекционный процесс.

#### Литература:

1. Головина Е.В., Зайцев В.Н. Влияние погодных условий на водный режим, пигментный комплекс и продуктивность сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 2 (18). С. 111-116. EDN: WDCRUP
2. Гурин А. Г., Резвякова С. В. Оводненность и транспирация листьев саженцев плодовых и декоративных пород в зависимости от условий выращивания // Современное садоводство. 2014. № 1 (9). С. 45-51. EDN: SEIFLD
3. Ионова Е.В. Засуха и засухоустойчивость зерновых колосовых // Зерновое хозяйство России. 2011. № 2. С. 37-41. EDN: NYBHYZ
4. Кибальник О.П., Ларина Т.В., Каменева О.Б., Семин Д.С. Оценка засухоустойчивости ЦМС-линий сорго на основе различных источников стерильности // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. №182(4). С. 9-17. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-9-17
5. Кибальник О.П., Ларина Т.В., Каменева О.Б. Особенности потери воды листьями ЦМС-линий зернового сорго в засушливых регионах России // Agriculture and Environment. 2021. №4(20). DOI: 10.23649/jae.2021.4.20.2
6. Кибальник О.П., Ларина Т.В., Каменева О.Б. Кластерный анализ ЦМС-линий сорго в селекции на повышение засухоустойчивости // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2022. №30 (193). С.28-39. EDN: WEDUPK
7. Кибальник О.П., Ларина Т.В., Каменева О.Б. Селекционная ценность засухоустойчивых стерильных линий сорго // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. №24 (2). С. 187-193. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.2.187-193

8. Кочубей А.А., Заремук Р.Ш. Исследование засухоустойчивости гибридного материала сливы домашней в условиях юга России // Аграрная наука. 2020. № 6. С. 94-98. DOI:10.32634/0869-8155-2020-339-6-94-98

9. Лохова А.И., Бескопильная В.В. Водный режим интродуцированных сортов рода *Pyrus* L. в условиях степной зоны южного Урала // Научные труды Северо-Кавказского Федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2020. Т. 29. С. 154-159. DOI: 10.30679/2587-9847-2020-29-154-159

10. Мельник С.В., Жолобова О.О. Оценка влияния осмотического стресса на прорастание семян кустарниковых растений в культуре *in vitro* // Научно-агрономический журнал. 2023. № 1 (120). С. 10-15. DOI: 10.34736/FNC.2023.120.1.002.10-15

11. Ожерельева З.Е., Красова Н.Г., Галашева А.М. Изменение водного режима листьев яблони в течение вегетации // Современное садоводство. 2015. № 1 (13). С. 87-92. EDN: TPYBTV

12. Ожерельева З. Е., Богомолова Н. И. Изучение водного режима листьев малины красной в условиях Орловской области // Современное садоводство. 2014. № 2 (10). С. 70-75. EDN: SHPKDV

13. Ожерельева З. Е., Гуляева А. А. Изучение параметров водного режима вишни в условиях засухи и теплового шока // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 8. С. 46-48. EDN: ZHRFWN

14. Родина Т.В., Асташов А.Н., Сафронов А.А. Оценка засухоустойчивости пайзы по набуханию семян в условиях осмотического стресса // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 3 (47). С. 108-113. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-108-113

15. Садыгова М.К., Шьюрова Н.А., Башинская О.С., Кузнецова Л.И., Асташов А.Н., Родина Т.В. Технологический потенциал зерна чумизы: расширение ресурсного потенциала и ассортимента продуктов повышенной пищевой ценности: монография. ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Саратов: ООО «Амирит». 2022. 206 с. EDN: WGUXQQ

16. Emendack Y., Burke J., Sanchez J., Laza H.E., Hayes C. Agro-morphological characterization of diverse sorghum lines for pre- and post-flowering drought tolerance // Australian Journal of Crop Science. 2018; 12(01). P. 135-150. DOI:10.21475/ajcs.18.12.01.pne790

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.015.100-104

## Assessment of the *Setaria Italica* Subsp. *Italica* Cultivars Water Regime in the Lower Volga Region Conditions

Tatiana V. Rodina<sup>✉</sup>, Cand. Sci. (Agr.), e-mail: rodina008@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6670-417X

Alexander N. Astashov, Cand. Sci. (Agr.), ORCID ID: 0000-0002-2744-9428

Olga V. Kireeva, Cand. Sci. (Agr.), ORCID ID: 0000-0002-2091-4729

Galina A. Maslova, ORCID ID: 0009-0000-7714-5804

Russian Research, Design and Technology Institute of Sorghum and Corn Federal State Government-Funded Scientific Institution, e-mail: rossorgo@yandex.ru, 410050, 1-st Institutsky proezd, 4, Saratov, Russia

**Abstract.** The relevance of the research is due to global changes in climatic conditions, which leads to the frequent manifestation of adverse factors and, as a result, a decrease in the productivity of agricultural plants. Creation and selection of adapted varieties for arid territories of the Russian Federation is very relevant in the current conditions. *Setaria italica* subsp.

*italica* is a promising crop for forage and food use. The article presents the results of the *Setaria italica* subsp. *italica* leaves water regime parameters assessment in the flowering phase of plants in the Saratov Region conditions. During the years of the experiment, weather conditions were typical for this region, which made it possible to fully assess the of *Setaria*



*italica subsp. italica* samples resistance degree to high temperatures. The study of the leaves water regime characteristics showed a fairly high level of *Setaria italica subsp. italica* drought resistance when grown in the Volga river right bank near Saratov conditions. According to the results of three-year studies, k-73 and Fiesta *Setaria italica subsp. italica* cultivars were identified according to the parameters closest to a high drought resistance: leaf tissue hydration – 67.3 and 66.3%, water deficiency – 11.1 and 13.3%, respectively. The data obtained made it possible to identify samples for the formation of a new gene pool and further inclusion in the breeding process in order to create new varieties.

**Keywords:** *Setaria italica subsp. italica*, tissues hydration, water regime of leaves, drought

**Funding.** The work was carried out within the framework of the topic of the state task of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 123011200032-3 “Physiological features of adaptation of the source material under conditions of abiotic stress for use in breeding to increase drought resistance”.

**Citation:** Rodina T.V., Astashov A.N., Kireeva O.V., Maslova G.A. Assessment of the *Setaria Italica Subsp. Italica* Cultivars Water Regime in the Lower Volga Region Conditions. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):100-104. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.015.100-104

Received: 27.10.2023

Accepted: 07.12.2023

#### References:

- Golovina E.V., Zajcev V.N. The influence of weather conditions on the soybean water regime, pigment complex and productivity. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and goat crops*. 2016;2(18):111-116. (In Russ.) EDN: WDCRUP
- Gurin A.G., Rezvyakova S.V. Hydration and transpiration of fruit and ornamental species seedlings leaves depending on growing conditions. *Sovremennoe sadovodstvo = Contemporary horticulture*. 2014;1(9):45-51. (In Russ.) EDN: SEIFLD
- Ionova E.V. Drought and drought resistance of grain spikes. *Zernovoe hoz'yajstvo Rossii = Grain farming of Russia*. 2011;2:37-41. (In Russ.) EDN: NYBHYZ
- Kibal'nik O.P., Larina T.V., Kameneva O.B., Semin D.S. Assessment of drought resistance of CMS sorghum lines based on various sources of sterility. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii = Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2021;182(4):9-17. (In Russ.) DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-9-17
- Kibal'nik O.P., Larina T.V., Kameneva O.B. Features of water loss by leaves of CMS-lines of grain sorghum in arid regions of Russia. *Agriculture and Environment*. 2021;4(20). (In Russ.) DOI: 10.23649/jae.2021.4.20.2
- Kibal'nik O.P., Larina T.V., Kameneva O.B. Cluster analysis of CMS sorghum lines in breeding for increasing the drought resistance. *Izvestiya sel'skohozyajstvennoj nauki Tavriy = Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2022;30(193):28-39. (In Russ.) EDN: WEDUPK
- Kibal'nik O.P., Larina T.V., Kameneva O.B. Breeding value of drought-resistant sterile sorghum lines. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2023;24(2):187-193. (In Russ.) DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.2.187-193
- Kochubej A.A., Zaremuk R.Sh. Study of domestic plum hybrid material drought resistance in the South of Russia conditions. *Agrarnaâ nauka = Agrarian science*. 2020;6:94-98. (In Russ.) DOI:10.32634/0869-8155-2020-339-6-94-98
- Lohova A.I., Beskopyl'naya V.V. Water regime of introduced varieties of the *Pyrus* L. genus in the conditions of the steppe zone of the southern Urals. *Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo Federal'nogo nauchnogo centra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya = Scientific works of the North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, winemaking*. 2020;29:154-159. (In Russ.) DOI: 10.30679/2587-9847-2020-29-154-159
- Mel'nik S.V., Zholobova O.O. Assessment of the osmotic stress effect on the shrub plant seeds germination in «in vitro» culture. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2023;1(120):10-15. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2023.120.1.002.10-15
- Ozherel'eva Z.E., Krasova N.G., Galasheva A.M. Changing the water regime of apple leaves during the growing season. *Sovremennoe sadovodstvo = Contemporary horticulture*. 2015;1 (13):87-92. (In Russ.) EDN: TPYBTB
- Ozherel'eva Z. E., Bogomolova N. I. Studying the water regime of red raspberry leaves in the conditions of the Orel region. *Sovremennoe sadovodstvo = Contemporary horticulture*. 2014;2(10):70-75. (In Russ.) EDN: SHPKDV
- Ozherel'eva Z. E., Gulyaeva A. A. Studying the parameters of the water regime of cherries in conditions of drought and heat shock. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of science and technology of the agro-industrial Complex*. 2017;31(8):46-48. (In Russ.) EDN: ZHRFWN
- Rodina T.V., Astashov A.N., Safronov A.A. Assessment of *Echinochloa frumentacea* drought resistance by seed swelling under osmotic stress. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and goat crops*. 2023;3(47):108-113. (In Russ.) DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-108-113
- Sadygova M.K., Shyurova N.A., Bashinskaya O.S., Kuznetsova L.I., Astashov A.N., Rodina T.V. Technological potential of *Setaria italica subsp. italica* grain: expansion of resource potential and increased nutritional value products assortment: monograph. Saratov. «Amirit» Publ. house; 2022, 206 p. (In Russ.) EDN: WGUXQQ
- Emendack Y., Burke J., Sanchez J., Laza H.E., Hayes C. Agro-morphological characterization of diverse sorghum lines for pre- and post-flowering drought tolerance. *Australian Journal of Crop Science*. 2018;12(01):135-150. DOI:10.21475/ajcs.18.12.01.pne790

**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.

## Оценка запасов углерода почв в засушливых условиях юга европейской части России

**Анна Владиславовна Федотова**✉, e-mail: fedotova-a@vfanc.ru, д.б.н., профессор, ORCID: 0000-0003-0241-1797  
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения  
Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), info@vfanc.ru,  
400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97, Россия

**Аннотация.** Включение засушливых территорий в углеродную повестку позволит более точно оценить секвестрационную способность почв в глобальном масштабе. В статье рассмотрены вопросы оценки запасов органического и неорганического углерода в почвах засушливых территорий (Астраханская и Волгоградская области). Приведены результаты исследований для 6 участков, различающихся по почвенно-климатическим условиям и степени деградации. Содержание углерода органического вещества почвы определяли методом окисления бихроматом калия по Тюрину с фотометрическим окончанием. Результаты показали, что запас органического углерода у гидроморфных почв выше, чем у автоморфных почв. Наименьшая секвестрационная способность выявлена у песчаных почв, подверженных дефляционным процессам, запас органического углерода в них оценен на уровне 5 т га<sup>-1</sup>. Наибольшие запасы органического углерода соответствуют очень сильно деградированной почве сульфидного грязевого солончака (более 100 т га<sup>-1</sup>). При полном отсутствии растительного покрова подобные участки являются очагами повышенной эмиссии CO<sub>2</sub>. Исследованные почвы имеют слабощелочную реакцию (рН>7), обусловленную наличием карбонатов. Оценка содержания неорганического углерода в засушливых почвах позволила установить, что его доля составляет от 5 до 25% от величины запасов органического углерода. Существует вероятность ускорения обмена между карбонатами и углекислым газом в почве на фоне климатических изменений, что увеличит скорость и объемы эмиссии.

**Ключевые слова:** органический углерод, неорганический углерод, почвы, органическое вещество почв, деградация, автоморфные почвы, гидроморфные почвы, солончаки.

**Финансирование.** Выполнено в рамках № 04/ВИП ГЗ (соглашение № 165-15-2023-004 от 01.03.2023 года) «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» по теме «Оценка экосистемных потоков парниковых газов и аккумуляции углерода в агролесоландшафтах, формирующихся в засушливых условиях юга России, для разработки адаптивных мероприятий в борьбе с опустыниванием и деградацией земель».

**Цитирование.** Федотова А.В. Оценка запасов углерода почв в засушливых условиях юга европейской части России // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 105-110. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.016.105-110  
Поступила в редакцию: 02.11.2023

Принята к печати: 07.12.2023

**Введение.** Более 40% площади суши Земли занимают засушливые почвы, содержащие 15,5% мирового запаса углерода [15]. Почвы засушливых территорий характеризуются прежде всего малой влагообеспеченностью и часто осложнены засолением почв. Дефицит почвенной влаги является следствием особенностей климата (высокая летняя температура воздуха, малое количество осадков). Из-за ограниченности почвенной влаги засушливые территории крайне восприимчивы к климатическим изменениям и экстремальным проявлениям, таким как засухи и пыльные бури. Имеются убедительные доказательства, демонстрирующие уязвимость почв в засушливых регионах к изменению климата [17]. Прогнозируется увеличение площади аридных почв на 13-23 % [18], что еще более усилит негативные природные явления. Процессы деградации, вызванные как природными факторами, так и антропогенными, развиваются в засушливых условиях значительно быстрее и могут вызвать необратимые изменения в состоянии экосистем, а в худшем случае приве-

сти к необратимому опустыниванию [9]. Климатические изменения связывают с увеличением содержания парниковых газов в атмосфере. Деградация почв снижает их способности секвестрировать углерод, и с увеличением степени деградации снижается содержание почвенного органического вещества [6]. Незначительное изменение запаса почвенного органического вещества может привести к видимым изменениям содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере, так как повышение средней температуры воздуха способствует разложению SOC [8].

Большинство исследований сфокусировано на территориях с влажным климатом [19; 22]. Для засушливых территорий исследований значительно меньше. Интерес к ним в углеродной повестке невелик. Понимание циклов углерода на засушливых территориях играют важную роль в характеристиках региональных пулов углерода в почве и балансе углерода, что в итоге имеет большое значение для глобального биогеохимического цикла [16].

Ряд исследований показали, что SIC отрицательно связан со средними величинами годовой тем-

пературы воздуха и среднегодовым количеством осадков [12]. Это связано с влиянием этих климатических показателей на почвообразование [10], глубину выщелачивания карбонатов в почвенном профиле [21] и растворимость  $\text{CaCO}_3$  [20]. Величина pH почвы также играет важную роль в пространственной вариабельности запасов SIC [11], так как более высокая величина pH способствует осаждению карбонатов [14]. При расчетах потоков и резервуаров углерода обычно не учитываются неорганические компоненты почв.

Экологическая обстановка на засушливых территориях постепенно ухудшается вследствие засух, малого количества осадков и значительных температурных годовых перепадов. Изучение особенностей секвестрации углерода в почве засушливых районов будет способствовать пониманию секвестрации углерода в глобальном масштабе.

Цель работы – провести оценку запасов органического углерода в засушливых почвах, в том числе при различных формах проявления деградации.

Объекты и методы исследования. Район исследования располагался в засушливых условиях юга европейской части России и включал территории Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги. Это географический район с максимальными летними температурами воздуха выше  $40^\circ\text{C}$ , почвы – выше  $60^\circ\text{C}$  летом, малым количеством осадков (150-200 мм в год), высокой испаряемостью с поверхности почвы и длительными периодами (до нескольких недель) восточных ветров со скоростью более  $20 \text{ м с}^{-1}$ . Ветровой режим приводит к усилению испаряемости почвенной влаги и интенсивной дефляции почвенного покрова. Основные типы почв *Endosalic Calcisols Yermic*, *Endosalic Calcisols Sodic*, *Gleyic Solonchaks Aridic* и *Calcic Geysols Humic* содержат легкорастворимые соли и  $\text{pH} > 6$ . В почве преобладают фракции пыли, структурное состояние плохое и неудовлетворительное [7]. Опесчаненные зональные почвы В.Ф. Вальков с соавторами [2] называет *буропески*, отделяя их от собственно песчаных почв и развеваемых песков, также занимающих определённые площади на данной территории.

Были выбраны 6 объектов разной степени деградации, где были отобраны пробы почвы, чтобы изучить закономерности и факторы секвестрации органического (SOC) и неорганического углерода (SIC) в почве. Участки отбора проб почвы были дифференцированы по степени и проявлению деградации [3].

Была оценена вариабельность SOC и SIC по профилю почвы. Для этого образцы почвы отбирали на глубинах (0 – 10 см, 10 – 20 см, 20 – 30 см и 30 – 60 см).

На каждом объекте были выбраны участки 2 x 2 м, на которых были определены 5 точек для проведения исследований. Таким образом почвы были отобраны из 30 точек на 6 объектах исследования. Все образцы почв высушивали до воздушно-сухого состояния и затем просеивали сквозь сито 2 мм.

Мелкозем использовали для определения содержания органического углерода в почве.

Почвенные свойства определяли традиционными методами: плотность почв ( $\rho_b$ ) – буровым методом Качинского ( $V_{\text{бура}} = 100 \text{ см}^3$ ). При отборе проб для определения плотности почвы, влажную почву взвешивали сразу на месте отбора; при определении плотности почвы получали также величину полевой влажности почвы (W) [5]; содержание органического вещества ( $C_{\text{орг}}$ ) по ГОСТ 26213-91 с фотометрическим окончанием методом окисления бихроматом калия по Тюрину [1]; величину pH водной вытяжки на pH-метре Мультитест ИПЛ-102. Цифровая рентгенограмма получена при помощи передвижной рентгеновской установки ПРДУ-2 методом цифровой микрофокусной рентгенографии.

При определении SOC ( $\text{т га}^{-1}$ ) использовали известный расчет запасов вещества [15] по известным величинам мощности слоя (h, см), содержания общего углерода ( $C_{\text{орг}}$ , %) и плотности почвы ( $\rho_b$ ,  $\text{г см}^{-3}$ ), а – доля фракций более 2 мм.

$$\text{SOC} = \sum_{i=1}^4 \text{SOC}_i \cdot h \cdot \rho_b \cdot (1 - a_i)$$

Представлены результаты для 6 участков (30 точек отбора на каждом участке) засушливых почв различной деградации (рис. 1).

**Результаты и их обсуждение.** Способность почвы секвестрировать углерод определяется рядом почвенных свойств, среди которых важнейшими являются плотность почвы и гранулометрический состав. Проявления деградационных процессов влияют не эти параметры. Для каждого участка проведены определения плотности и влажности почвы (таблица 1), pH и содержание органического вещества почвы (таблица 2).

В среднем величина с глубиной влажности почвы имела тенденцию к уменьшению. Наибольший дефицит влаги наблюдается для песков и почв зонального ряда. Содержание влаги в поверхностных слоях почвы находится на уровне гигроскопической влажности (1–3 %). Величины плотности характеризуются высокими значениями. Максимальное значение ( $1,61 \text{ г см}^{-3}$ ) приурочено к осолонцованному слою бурой аридной почвы.

Обеспеченность почв органическим веществом в почвах очень низкая (до 3%). Наименьшие величины содержания органического вещества почв зафиксированы для развеваемого песчаного массива (на уровне 0,1%). Исключением является гидроморфный солончак участка № 3 (прибрежная зона замкнутого соленого водоема (ильмень)), где в 0-50 см слое почвы содержание органического вещества находится на уровне 7-8%. Почвы данного участка подвержены ежегодным затоплениям в связи с поднятием уровня грунтовых вод, представлены сульфидными иловыми гязями и содержат большое количество легкорастворимых солей (более 2% по плотному остатку).



Рисунок 1. Объекты исследования: участок № 1 – развеваемые песчаные почвы с полным отсутствием растительного покрова (*Arenosols*), степень деградации 4; участок № 2 – бурые солончаковатые солонцеватые почвы сильной степени деградации (*Endosalic Calcisols Sodic*), степень деградации 3; участок № 3 – солончак (*Haplic Solonchaks Aridic*), степень деградации 4; участок № 4 – луговой гидроморфный солончак (*Gleyic Solonchaks Aridic*), степень деградации 3; участок № 5 – зональные бурые аридные почвы (*Endosalic Calcisols Yermic*), степень деградации 3; участок № 6 – темнокаштановая постагрогенная (*Haplic Kastanozems Chromic*), степень деградации 1.

Таблица 1. Результаты определения плотности ( $\rho_b$ , г см<sup>-3</sup>) и влажности почвы (W, %)

Глубина, см	Участок № 1		Участок № 2		Участок № 3		Участок № 4		Участок № 5		Участок № 6	
	$\rho_b$	W	$\rho_b$	W	$\rho_b$	W	$\rho_b$	W	$\rho_b$	W	$\rho_b$	W
0-10	1,49	1,32	1,44	2,01	1,36	13,63	1,17	3,52	1,42	2,12	1,14	5,06
10-20	1,43	1,24	1,44	1,68	1,56	12,74	1,29	4,95	1,56	2,44	1,35	6,24
20-30	1,56	1,45	1,61	1,75	1,42	17,53	1,32	4,98	1,33	4,85	1,36	7,18
30-50	1,44	2,68	1,57	3,26	1,41	20,37	1,46	6,35	1,36	6,23	1,34	6,86

Таблица 2. Результаты определения pH и содержания органического вещества в почве (C, %)

Глубина, см	Участок № 1		Участок № 2		Участок № 3		Участок № 4		Участок № 5		Участок № 6	
	pH	C	pH	C	pH	C	pH	C	pH	C	pH	C
0-10	8,61	0,14	8,76	1,81	7,35	4,15	7,83	2,01	7,48	1,38	5,86	3,51
10-20	8,52	0,10	8,34	0,75	7,68	3,64	7,14	0,98	7,41	0,24	6,44	1,77
20-30	8,65	<0,10	8,75	0,21	8,52	3,56	6,81	0,25	7,68	0,16	6,51	0,85
30-50	8,06	<0,10	8,76	0,10	8,56	1,84	7,28	0,17	7,96	0,10	6,57	0,12

На участке № 3 полностью отсутствует растительный покров, однако большое количество органического вещества содержится на илстых частицах, ежегодно осаждаемых на поверхность почвы (рисунок 2).

На рентгенограмме хорошо видно, что песчаные частицы не заполнены полностью органическим веществом, так как имеют слабую сорбционную способность. Основными носителями являются в данном случае илстые частицы.

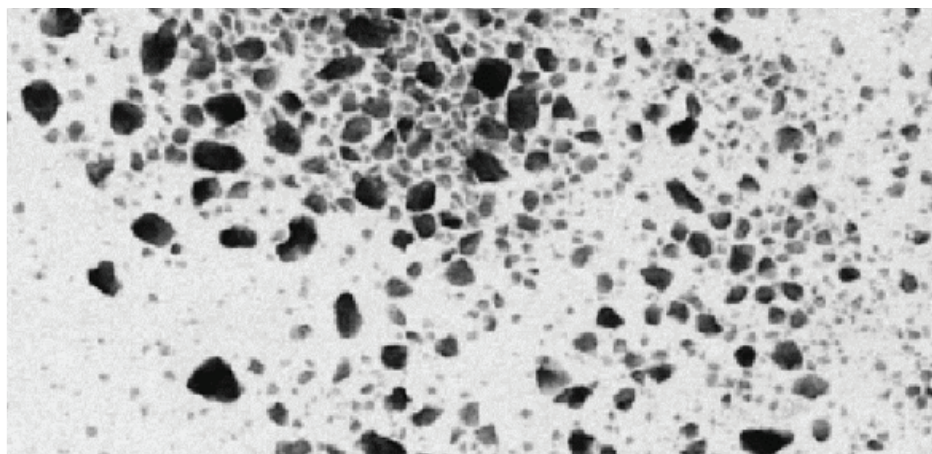


Рисунок 2. Цифровая рентгенограмма почвенных частиц в слое 0-5 см участка № 3

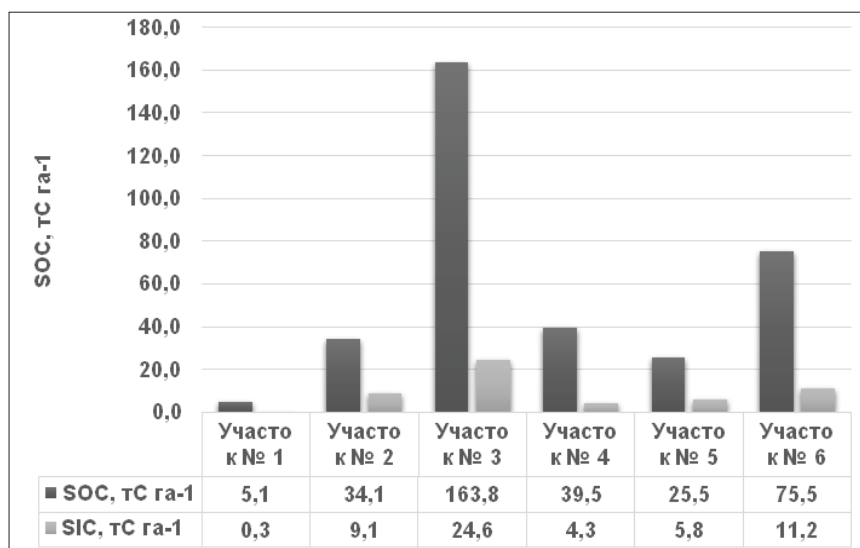


Рисунок 3. Оценка запасов органического (SOC) и неорганического (SIC) углерода в засушливых почвах

Результаты оценки запасов органического углерода в 0-30 см слое почвы представлены на рис. 3.

Результаты показали, что в целом величина SOC для засушливых почв незначительна. Почвенно-климатические условия аридных регионов имеют лимитирующие факторы для процессов гумификации крайне скудных растительных остатков. Для автоморфных почв (участки №№ 2, 5) – это прежде всего дефицит почвенной влаги, сопровождающийся засолением, осолонцеванием и часто переуплотнением почв. Запасы органического углерода составляют 34,1 и 25,5 т га<sup>-1</sup> соответственно. Полу-гидроморфные и гидроморфные почвы (участки №№ 3, 4) представлены солончаками и обеспечены влагой лучше, однако имеют большое количество солей, что также лимитирует возможность секвестрации углерода. Минерализованные грунтовые воды во время весенне-летних половодий поднимаются и выходят на поверхность. После спада воды почва быстро иссушается под воздействием высоких температур воздуха, и в профиле аккумулируются соли. Проектное покрытие луговых гидроморфных солончаков составляет около

50%. Содержание органического вещества в поверхностном слое около 2-3%, и оценочные запасы органического углерода составляют 39,5 т га<sup>-1</sup>. Результаты показали, что для участка № 3 величина SOC достаточно высокая (163,8 т га<sup>-1</sup>), что соответствует оторфованным почвам. Почвенные условия этого участка крайне агрессивны для растений, прежде всего за счет очень сильной степени засоления почвы, поэтому растительный покров отсутствует. Привнесение органического вещества происходит за счет ежегодно откладываемого наилка. Высокая температура поверхности почвы летом приводит к значительному испарению и эмиссии CO<sub>2</sub> в атмосферу.

Участок № 6 расположен в сухостепной зоне при среднем годовом количестве осадков 300 мм. Проектное покрытие 90-100%. Содержание органического вещества в поверхностном слое более 3%. Величина SOC оценивается в 75,5 т га<sup>-1</sup>.

Наименьший запас органического углерода (5,1 т га<sup>-1</sup>) приурочен к песчаным почвам, подверженным интенсивному опустыниванию. Процессы гумусообразования практически не происхо-

дят. Растительный покров отсутствует, и за счет дефляции постоянно происходит пересортировка гранулометрических фракций. Вследствие этого углерод в песчаных эоловых массивах подвержен значительным потерям.

Несмотря на значительно меньшие запасы SOC, по сравнению с лесостепной зоной, засушливые почвы содержат значимо большее количество карбонатов, что является интересным в плане оценки запасов неорганического углерода. Результаты определения pH водной вытяжки показали (таблица 2), что во всех почвах наблюдается слабощелочная реакция среды, кроме участка № 6, где реакция среды близка к нейтральной.

Реакцию среды определяет наличие в почве карбонатов и гидрокарбонатов. Предварительная оценка запасов неорганического углерода показала, что величина SIC для исследуемых почв в 30-сантиметровом слое значительно меньше (рисунок 2) и составляет 5-25% от SOC, однако с глубиной запасы неорганического углерода возрастают. Общий вклад неорганического углерода в эмиссию углекислого газа невелик сейчас, однако на фоне климатических изменений, особенно увлажненности и температуры воздуха, возможна интенсификация обмена и увеличение выбросов в атмосферу.

Потенциал депонирования органического углерода засушливых почв ниже, чем у влажных тропических и лесных экосистем. Однако засушливые территории занимают немалые площади и их почвы имеют значительные возможности для секвестрации.

**Выводы.** 1. Запас органического углерода в засушливых почвах в абсолютной величине меньше, чем в районах с влажным климатом.

2. Гидроморфные почвы имеют более высокий секвестрационный потенциал по сравнению с автоморфными. Автоморфные почвы более уязвимы к процессам деградации и опустынивания и жесткий дефицит почвенной влаги является ключевым лимитирующим фактором.

3. Сильно деградированные гидроморфные солончаки, почвы которых представлены сульфидными глинами, имеют большой запас органического углерода (более  $100 \text{ т га}^{-1}$ ) и при высоких температурах воздуха при полном отсутствии растительного покрова представляют значительный источник выхода углекислого газа в атмосферу.

4. Запасы неорганического углерода в засушливых почвах определяются содержанием карбонатов и гидрокарбонатов и в поверхностном 0-30 см слое составляют в среднем от 5 до 25% от величины SOC. С глубиной величина SIC возрастает.

5. Изменение почвенно-климатических факторов, в том числе увеличение средней годовой температуры воздуха, может привести к усилению процессов эмиссии углерода в засушливых почвах

#### Литература / References:

1. ГОСТ 26213-91. Методы определения органического вещества. Госстандарт СССР, 29.12.1991. 8с.

GOST 26213-91. Soils. Methods for determination of organic matter. State Standard of the USSR. 29.12.1991. 8 p.

2. Вальков В.Ф., Жаркова М.Г. Дефляционные процессы и опустынивание приводят к образованию песчаных почв (Arenosols) Песчаные почвы Юга России // Научная мысль Кавказа. 2008. №3 (55). С. 48-52.

Val'kov V.F., Zharkova M.G. Deflationary processes and desertification lead to the formation of sandy soils (Arenosols) Sandy soils of Southern Russia. Scientific thought of the Caucasus. 2008; 3(55): 48-52. (In Russ.)

3. Методы оценки степени деградации сельскохозяйственных земель / Н.Г. Ковалев, Г.В. Ольгаренко, Ю.И. Митрофанов [и др.]. – Коломна: ИП Воробьев О.М., 2015. 32 с. ISBN 978-5-9906549-5-2. EDN: WGCNFB

Methods for assessing the degree of degradation of agricultural lands: scientific. publication. Institute "Raduga". Kolomna. IP Vorob'ev O.M., 2015. 32 p.

4. Полевой определитель почв России. – М., 2008. 182 с. Field guide to soils in Russia. Moscow, 2008. 182 p.

5. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв: Методическое руководство / Под ред. Е.В. Шеина. М.: Изд-во МГУ, 2001. 200 с. Field and laboratory methods for studying the physical properties and regimes of soils: Methodological manual. Ed. E.V. Shein. Moscow State University Publishing House, 2001. 200 p. (In Russ.)

6. Федотова А.В., Умарова А.Б., Шваров А. П., Яковлева Л.В. Динамика физических свойств почв и запасов гумуса в засоленных почвах в условиях опустынивания // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2023. № 115. С. 107-128. DOI: 10.19047/0136-1694-2023-115-107-128

Fedotova A.V., Umarova A.B., Shvarov A. P., Yakovleva L.V. Dynamics of physical properties of soils and humus reserves in saline soils under desertification conditions. Bulletin of the Soil Institute named after. V.V. Dokuchaev. 2023;115:107-128. (In Russ.) DOI 10.19047/0136-1694-2023-115-107-128

7. Федотова А.В., Умарова А.Б., Спасенков Э.В. Физическое состояние засоленных почв средней и сильной степени опустынивания в дельте Волги // Агрофизика. 2023. № 3. С. 1-8. DOI: 10.25695/AGRPH.2023.03.01

Fedotova A.V., Umarova A.B., Spasnikov E.V. Physical state of saline soils of moderate and severe desertification in the Volga delta. *Agrophysics*. 2023;3:1-8. (In Russ.) DOI: 10.25695/AGRPH.2023.03.01

8. Bayat O, Karimi A, May J-H, Fattahi M, Wiesenberger GLB, Egli M High-resolution record of stable isotopes in soil carbonates reveals environmental dynamics in an arid region (central Iran) during the last 32 ka. *Front. Earth Sci*. 2023. V11. Pp.1154544. DOI: 10.3389/feart.2023.1154544

9. Dai A. Increasing Drought under Global Warming in Observations and Models. *Nat. Clim. Chang*. 2013 V. 3. P. 52-58. DOI: 10.1038/nclimate1633

10. Dixon J.L, Chadwick O.A, Vitousek P.M. Climate-driven thresholds for chemical weathering in postglacial soils of New Zealand. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. 2016. V. 121. Pp. 1619-1634. DOI: 10.1002/2016JF003864

11. Du C., Gao Y. Opposite patterns of soil organic and inorganic carbon along a climate gradient in the alpine steppe of northern Tibetan Plateau. *Catena*. 2020. T. 186. C. 104366. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104366>

12. Han X, Gao G, Chang R, Li Z, Ma Y, Wang S, Wang C, Lü Y, Fu B Changes in soil organic and inorganic carbon stocks in deep profiles following cropland abandonment along a precipitation gradient across the Loess Plateau of China.

*Agric Ecosyst Environ.* 2018. V. 258. P.1–13 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.006>

13. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2006. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports №. 103. FAO, Rome. 2006. 132 p.

14. Li C, Li Q, Zhao L, Ge S, Chen D, Dong Q, Zhao X. Land-use effects on organic and inorganic carbon patterns in the topsoil around Qinghai Lake basin, Qinghai-Tibetan Plateau. *Catena*. 2016. V.147. pp. 345–355.

15. Li X., Yang T., Hicks L.C., Hu B., Li F., Liu X., Wei D., Wang Z., Bao W. Climate and soil properties drive soil organic and inorganic carbon patterns across a latitudinal gradient in southwestern China. *Journal of Soils and Sediments*. 2023. V. 23. №. 1. C. 91-102. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.07.040>

16. Li Z. P., Han F. X., Su Y., Zhang T. L., Sun B., Monts D. L., Plodinec M. J.. Assessment of soil organic and carbonate carbon storage in China. *Geoderma*. 2007. V. 138. №. 1-2. P. 119-126. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.11.007>

17. Mohammadzadeh A., Azimzadeh Y. The effect of climate change on the physical and chemical properties of arid and semi-arid soils. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*. 2023;12(3):139-152. DOI:

10.30495/WSRCJ.2023.71490.11347

18. Naorem A., Jayaraman S., Dang Y.P., Dalal R.C., Sinha N. K., Rao C.S., & Patra A.K. Soil constraints in an arid environment-challenges, prospects, and implications. *Agronomy*. 2023. № 13(1). P. 220. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010220>

19. Nie X. et al. Storage, patterns and controls of soil organic carbon in the alpine shrubland in the Three Rivers Source Region on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Catena*. 2019. V. 178. P. 154-162.

20. Raheb A, Heidari A, Mahmoodi S. Organic and inorganic carbon storage in soils along an arid to dry sub-humid climosequence in northwest of Iran. *Catena*. 2017;153:66-74. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.03.019>

21. Stevenson B. A. et al. The stable carbon isotope composition of soil organic carbon and pedogenic carbonates along a bioclimatic gradient in the Palouse region, Washington State, USA. *Geoderma*. 2005. T. 124. №. 1-2. pp. 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.006> Get rights and content

22. Yuan J, Zhang Y, You C, Cao R, Tan B, Li H, Jiang Y, Yang W. The three-dimension zonal pattern of soil organic carbon density in China's forests. *Catena*. 2021; 196:104950.

DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.016.105-110

## Assessment of Soil Carbon Reserves in the South of the European Part of Russia Arid Conditions

**Anna V. Fedotova**✉, e-mail: fedotova-a@vfanc.ru, Dr. Sci. (Biol.), Professor, ORCID: 0000-0003-0241-1797 Federal Scientific Center for Agroecology and Integrated Land Reclamation and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences (FSC Agroecology RAS), 400062, University Avenue, 97, Volgograd, Russia

**Abstract.** Drylands inclusion in the carbon agenda will make it possible to more accurately assess the sequestration capacity of soils on a global scale. The article considers the issues of organic and inorganic carbon reserves assessing in the soils of arid territories (Astrakhan and Volgograd Regions). The results of studies for 6 sites differing in soil and climatic conditions and degree of degradation are presented. The carbon content of soil organic matter was determined by the method of oxidation with potassium bichromate according Tyurin with photometric termination. The results showed that the organic carbon reserves in hydromorphic soils is higher than in automorphic soils. The lowest sequestration capacity was found in sandy soils subject to deflationary processes. The reserve of organic carbon in them was estimated at 5 t per ha. The largest reserves of organic carbon are corresponding to the very heavily degraded soil of the sulfide mud salt marsh (more than 100 t per ha). In the complete absence of vegetation, such areas are hotbeds of increased CO<sub>2</sub> emissions. The studied soils have a slightly alkaline reaction (pH>7) due to the presence of carbonates. The inorganic carbon content

assessment in arid soils allowed us to establish that its share ranges from 5 to 25% of the amount of organic carbon reserves. There is a possibility of accelerating the exchange between carbonates and carbon dioxide in the soil against the background of climate change, which will increase the rate and volume of emissions.

**Keywords:** organic carbon, inorganic carbon, soils, soil organic matter, degradation, automorphic soils, hydromorphic soils, saline soils

**Funding.** The work was carried out within the framework of No. 04/VIP GZ (agreement No. 165-15-2023-004 dated March 01, 2023) "Unified national system for monitoring climate-active substances" on the topic "Assessment of ecosystem fluxes of greenhouse gases and carbon accumulation in agroforestry landscapes emerging in arid conditions of southern Russia, to develop adaptive measures to combat desertification and land degradation."

**Citation.** Fedotova A.V. Assessment of Soil Carbon Reserves in the South of the European Part of Russia Arid Conditions. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;4(123):105-110. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.016.105-110

Received: 02.11.2023

Accepted: 07.12.2023

**Авторский вклад.** Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

**Conflict of interest.** Author declare no conflict of interest.

## \* Колебания уровня воды в Сарсангском водохранилище Азербайджана

Рафик Вердиев, к.г.н., Отдел экологической политики Министерства природных ресурсов Республики Азербайджан, АЗ 1073, г. Баку, ул. Бахрама Агаева, 100А

Сарсангское водохранилище регулирует сезонный и многолетний сток реки Тэртэрчай в западной части центрального Азербайджана. Водохранилище начало заполняться с 13 декабря 1975 года. Урез воды в полный уровень составляет 726 м, полная емкость – 560 миллионов кубических метров, а высота земляной плотины – 125 м.

Главными притоками Тэртэрчая слева являются реки Левчай (длина 36 км), Агдаванчай (длина 19 км), Турагайчай (длина 35 км) и Тутгунчай (длина 35 км) – справа. 14% его стока приходится на осадки, 28% – на снег, а 58% – на грунтовые воды.

Среднегодовой расход воды в уезде Кэльбэдждар составляет 5,11 м<sup>3</sup>/сек, годовой объем стока – 161 млн м<sup>3</sup>, в уезде Ван – 15,8 м<sup>3</sup>/сек, годовой объем стока – 499 млн м<sup>3</sup>, в створе плотины – 24,0 м<sup>3</sup>/сек, годовой объем стока – 758 млн м<sup>3</sup>. Из них 31% приходится на весну, 35% – на лето, 20% – на осень и 14% – на зиму.

В настоящее время количество воды, поступающей в водохранилище и выходящей из него, составляет 7 м<sup>3</sup>/сек. Объем воды в водохранилище составляет 277,9 млн м<sup>3</sup>, что составляет менее 50% от его полного объема (560 млн м<sup>3</sup>).

Для оценки стока реки Тэртэрчай в Сарсангское водохранилище Национальная гидрометеорологическая служба ETSN регулярно измеряла расход воды с помощью ZOMMER и других измерительных приборов в течение 2022–2023 годов. Для более точной и бесперебойной оценки уровня воды в реке во 2-й половине 2023 года на участках Тэртэрчай-Кэльбэдждар, Тутгунчай-Комард и Тэртэрчай-Ван установлены автоматические гидрологические приборы, а онлайн-подсчет расхода воды позволяет оценить сток в водохранилище в любой момент.

Расход воды, рассчитанный на основе измерений, проведенных в 2022–2023 годах на участке Тертерчай-Ван, приведен в таблице и на графике.

Как видно из графика, среднегодовой расход воды в 2022 году составил 75% от нормы, что составляет 11,9 м<sup>3</sup>/сек, а за 11 месяцев 2023 года (с середины 20 дней ноября) – 54% от нормы, что составляет 8,85 м<sup>3</sup>/сек.

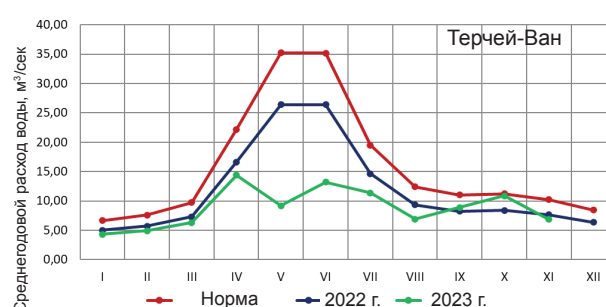
месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средний расход
Норма	6,69	7,61	9,75	22,2	35,2	35,2	19,5	12,4	11,0	11,2	10,2	8,46	15,8
2022 г.	5,04	5,73	7,34	16,7	26,5	26,5	14,7	9,34	8,28	8,44	7,68	6,37	11,9
2023 г.	4,35	4,95	6,34	14,4	9,20	13,2	11,4	6,92	8,90	10,9	6,84		8,85

С целью оценки водных ресурсов в марте 2023 года Министерством экологии и природных ресурсов были проведены снегомерные работы по 8 маршрутам в бассейнах рек Тэртэрчай, Левчай, Тутгунчай, Хакарчай, Гаргарчай, Кэндаланчай и Гуручай, протекающих в Кэльбэдждарском, Лачинском, Шушинском и Ходжавендском районах. Снежный покров в бассейне Тэртэрчай на высоте 1760–2500 метров при исследовании не наблюдался. А в 2022 году запасы снега по этому маршруту составили 51 процент от нормы.

Количество осадков, наблюдаемых в районе, за исключением февраля, было меньше нормы в январе (67%), марте (54%) и апреле (49%), а температура воздуха в марте и апреле была на 3–6 градусов выше климатической нормы. Анализ показывает, что климатические факторы и прогнозы не учитывались при управлении водохранилищами.

В течение последних 30 лет расход воды из Сарсангского водохранилища целенаправленно и должным образом не регулировался. В связи с этим возникли проблемы с обеспечением поливной водой почти 100 тысяч гектаров земель 6 районов республики (Тэртэр, Агдам, Барда, Гэранбой, Евлах, Агдажабеди) и целый ряд экологических угроз для населения и природы. Например, сброс воды из водохранилища в зимние месяцы без учета сезонных потребностей местности привел к затоплению населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий и линий связи. А в жаркое летнее время сброс воды в гораздо меньших количествах вызвал острую нехватку воды и серьезные проблемы с орошением посевных площадей. Таким образом эксплуатируя Сарсангское водохранилище, был нанесен значительный ущерб окружающей среде. Неправильное управление водохранилищем создает гуманитарные и экологические проблемы для граждан Азербайджана.

Надо отметить, что отсутствие регулярных ремонтных работ на Сарсангском водохранилище более двадцати лет представляет опасность для всего региона. Непригодность плотины может привести к серьезной катастрофе с человеческими жертвами и новому гуманитарному кризису.



\* Доклад на научно-практической конференции с международным участием «Агроресомелиорация и защитное лесоразведение – история и перспективы развития», 19–21 октября 2023 года, Волгоград



## Редакция научно-практического журнала «Научно-агрономический журнал»

благодарит уважаемых авторов за сотрудничество и выражает надежду на дальнейшую популяризацию результатов фундаментальных и прикладных исследований отечественных и зарубежных ученых по научному обеспечению сельского, лесного и мелиоративного хозяйства с освещением проблем рационального природопользования и адаптации агроэкосистем к меняющимся климатическим условиям.

В журнале публикуются научные статьи, обзоры, требующие обязательного рецензирования и регистрации DOI. Для публикации статей в журнале приглашаются научные и научно-педагогические работники, докторанты, аспиранты, а также практические работники и руководители организаций сферы АПК.

К публикации принимаются статьи, отражающие наиболее значимые научные труды, нигде ранее не опубликованные, соответствующие тематике журнала, обладающие научной новизной и содержащие

материалы собственных научных исследований автора. Предоставляемые материалы должны быть актуальными, иметь новизну, научную и практическую значимость. Оригинальность текста – не менее 75% (проверка с помощью сервиса [www.antiplagiat.ru](http://www.antiplagiat.ru)), подтвержденные отчетом с указанного сервиса.

Статьи, представленные к публикации, направляются редколлегией журнала на обязательное рецензирование. Рецензирование осуществляется в строгом соответствии с порядком рецензирования и этическими принципами, опубликованными на официальном веб-сайте [https:// zhurnal.vfanc.ru/](https://zhurnal.vfanc.ru/)

Главный и ответственный редакторы принимают решение о возможности принятия рукописи к печати на основании рецензий и собственной оценки качества материала, авторских ответов на замечания и исправлений рукописи, при необходимости консультируясь с другими членами Редакционной коллегии.

### Требования к оформлению статей

Редакционная коллегия оставляет за собой право не включать в журнал статьи, не соответствующие предъявляемым требованиям.

В начале статьи на русском языке указываются:

- номер по Универсальной десятичной классификации (УДК);
- название статьи;
- инициалы и фамилия автора(ов);
- название организации, в которой выполнялась работа, город;
- E-mail;
- аннотация – 150-250 слов;
- ключевые слова и словосочетания.

Далее в той же последовательности информация приводится на английском языке. Если статья подана не на русском языке, то данные о статье, авторах, аннотация и ключевые слова приводятся сначала на языке оригинала, а затем обязательно на русском языке.

Научная статья должна обязательно включать:

- Введение (содержит актуальность, цель и задачи исследования, критический анализ достижений и публикаций);
- Материалы и методы исследования;
- Результаты исследования и их обсуждение;
- Заключение. Выводы;
- Список литературы на языке оригинала и References (английская транслитерация оригинального списка).
- Сведения об авторе (авторах) на русском и английском языках (для каждого автора): Ф.И.О. полностью, учёная степень, звание; ORCID, место работы; должность, город; E-mail.

В обзорной статье после Материалов и методов следует Основная часть, которая состоит из разделов.

Материал статьи должен быть изложен кратко, в научно-информационном стиле, без повторений данных таблиц и рисунков в тексте; на литературу, таблицы и рисунки следует давать ссылки в тексте.

Ссылки на литературу оформляются в виде номера, в соответствии с положением источника в библиографическом списке, номер ссылки заключается в квадратные скобки.

Статья представляется в редакцию журнала «Научно-агрономический журнал» по электронной

почте [nwzhurnal@mail.ru](mailto:nwzhurnal@mail.ru), набранная в формате Word Windows, книжная ориентация. Материал для публикации набирается с установками: поля – 2 см, стиль обычный, шрифт Times New Roman, размер шрифта 14, межстрочный интервал 1,5, расстановка переносов автоматическая. Абзацный отступ одинаковый по тексту 1,25 см. Ограничения по количеству рисунков и таблиц – не более восьми.

Таблицы и диаграммы выполняются в редакторе MS Word (не рисунками), нумеруются, если их более одной и располагаются по смыслу текста статьи. Используемые в статьях физические, химические, технические, математические термины, единицы измерения и условные обозначения должны быть общепринятыми. Размерность всех величин, принятых в статьях, должна соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ). Фотографии предоставляются в электронном виде в формате jpg или tif. Формулы записываются в стандартном редакторе формул MS Word.

Не допускается нумерация страниц, использование в тексте разрывов страниц, использование автоматических постраничных ссылок, использование разреженного или уплотненного межбуквенного интервала.

Объем научной статьи 6–15 страниц машинописного текста.

В список литературы добавляются только те источники, на которые есть ссылки в тексте статьи (для тезисов это правило не применяется). Допускается не более 20 % самоцитирования любых работ, опубликованных в других печатных источниках. Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 в алфавитном порядке. В списке литературы ссылка на каждый источник приводится на том языке, на котором он опубликован.

В статье рекомендуется использовать не менее 10 литературных источников, раскрывающих проблему исследования, в обзорной статье – от 30 источников.

С уважением, редакционная коллегия