

ISSN 2500-0047

# НАУЧНО-АГРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

---



SCIENTIFIC AGRONOMY  
JOURNAL

---

3 (122) 2023



**НАУЧНО-АГРОНОМИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

---

**SCIENTIFIC AGRONOMY  
JOURNAL**

**3 (122) 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  
Мелихов В.В., д.с.-х.н., член-корреспондент РАН, ВНИИОЗ, Волгоград  
Муқанов Б.М., д.с.-х.н., КазНИИЛХА, Республика Казахстан  
Сложенкина М.И., д.б.н., член-корреспондент РАН, «Поволжский НИИММП», Волгоград  
Турусов В.И., д.с.-х.н., академик РАН, «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева», Воронеж  
Чекмарев П.А., д.с.-х.н., академик РАН, заместитель президента РАН, Москва

### Редакционная коллегия:

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

Ответственный редактор Леонтьева Е.Е.

Перевод на английский: Хныкин А.С.

Адрес издателя и редакции: 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97

E-Mail: [info@vfanc.ru](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.2023.122.3.000

Печатается в копировально-множительном бюро ФНЦ агроэкологии РАН

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

Тираж 500 экз. Заказ 9, подписано в печать 28 сентября 2023 г. Дата выпуска 29 сентября 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

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

**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.F. 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@vfanc.ru](mailto:info@vfanc.ru) <https://vfanc.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.2023.122.3.000

Published by FSC of Agroecology RAS

Address: 400062, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97

Circulation 500 copies. Order 9, signed to print on 28 September 2023. Date of issue 29 September 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.

## **Научно-практическая конференция с международным участием «Агролесомелиорация и защитное лесоразведение – история и перспективы развития»**

Приглашаем принять участие в работе 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) от 20 октября 1948 года «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР» и 100-летию со дня рождения академика РАН Павловского Е.С.

Дата проведения – 19-21 октября 2023 года

На конференции планируются доклады ведущих специалистов и обсуждение актуальных вопросов опустынивания территорий, лесной мелиорации, изменений климата, сохранения биоразнообразия агролесоландшафтов по следующим направлениям:

1. Агролесомелиорация сельскохозяйственных земель и защитное лесоразведение
2. Проблема опустынивания территорий и борьба с ним
3. Проблемы агроэкологии и агролесоландшафтоведения в 21 веке
4. Комплексные мелиорации агроландшафтов
5. Сохранение и восстановление биоразнообразия агроэкосистем в современной парадигме устойчивого развития
6. Информационные технологии в агролесомелиорации, сельском и лесном хозяйстве
7. Селекция растений, семеноводство и питомниководство: методы, технологии, перспективы
8. Перспективы геномных технологий и биотехнологии в агролесомелиорации и лесоводстве
9. Эколого-гидрологические проблемы сельского и лесного хозяйства в условиях изменения климата

В рамках конференции будет проведен круглый стол по теме «Углерод в агроэкосистемах – мониторинг потоков парниковых газов в условиях юга России» и школа молодых ученых «Проблема опустынивания территорий в исследованиях молодых ученых».

Также в рамках работы конференции будет проведен конкурс им. А.В. Альбенского.

Конференция пройдет в здании ФНЦ агроэкологии РАН (г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 97).

Планируются пленарные, устные и стендовые доклады.

Организаторы:

Министерство науки и высшего образования РФ  
Отделение сельскохозяйственных наук РАН  
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций  
и защитного лесоразведения РАН

## Содержание

## Content

<i>Колонка редактора</i> .....6	<i>Editorial Column</i> .....6
<i>Агролесомелиорация</i>	<i>Agroforestry melioration</i>
<b>А.А. Васильченко.</b> Картографирование лесистости Волго-Ахтубинской поймы.....7	<b>A.A. Vasilchenko.</b> Mapping the Forest Cover of the Volga-Akhtuba Floodplain.....7
<b>А.Н. Берденгалиева.</b> Картографирование защитной лесистости пахотных угодий на севере Волгоградского Заволжья по данным дистанционного зондирования Земли.....15	<b>A.N. Berdengalieva.</b> Mapping of Protective Forest Cover of Arable Lands in the North of the Volgograd Trans-Volga Region According to Earth Remote Sensing Data.....15
<b>В.В. Дорошенко.</b> Воздействие пыльных бурь на пахотные земли на северо-востоке Ставропольского края в 2022 г. ....23	<b>V.V. Doroshenko.</b> The Impact of Dust Storms on Arable Land in the North-East of the Stavropol Region in 2022.....23
<b>Е.В. Калмыкова, П.А. Кузьмин, П.А. Крылов, К.А. Мельник.</b> Интродукция видов рода жимолость ( <i>Lonicera L.</i> ) на юге России.....29	<b>E.V. Kalmykova, P.A. Kuz'min, P.A. Krylov, K.A. Mel'nik.</b> Introduction of Honeysuckle ( <i>Lonicera L.</i> ) Genus Species in the South of Russia.....29
<b>М.М. Кочкар, О.М. Воробьева, А.В. Вдовенко, Н.М. Генералова.</b> Геоинформационный анализ рельефа водосбора р. Мышкова северной части Ергенинской возвышенности.....34	<b>M.M. Kochkar, O.M. Vorobieva, A.V. Vdovenko, N.M. Generalova.</b> Geoinformation Analysis of the Myshkova River Catchment Area Relief in the Northern Part of the Yergeninskaya Upland.....34
<b>А.В. Мелихова.</b> Картографирование процессов опустынивания в Астраханском Заволжье с применением ГИС-технологий.....40	<b>A.V. Melikhova.</b> Mapping of Desertification Processes in the Astrakhan Trans-Volga Region Using GIS-Technologies.....40
<b>Р.Н. Балкушкин, А.Н. Салугин, А.К. Кулик.</b> Особенности произрастания <i>Pinus sylvestris</i> в различных почвенных условиях Етеревского песчаного массива.....46	<b>R.N. Balkushkin, A.N. Salugin, A.K. Kulik.</b> Features of <i>Pinus Sylvestris</i> Growth in the Yeterevkiy Sand Massif Various Soil Conditions.....46
<i>Экология</i>	<i>Ecology</i>
<b>Е.М. Антипова.</b> Растения Красной книги Красноярского края (2022) в урбанофлоре г. Красноярска.....52	<b>E.M. Antipova.</b> Plants of the Red Book of the Krasnoyarsk Region (2022) in the Urban Flora of Krasnoyarsk.....52
<i>Селекция, семеноводство</i>	<i>Breeding, seed production</i>
<b>С.А. Егоров, С.Н. Крючков, А.В. Солонкин, А.С. Соломенцева, А.К. Романенко, Д.А. Горбушова.</b> Особенности адаптации древесных и кустарниковых видов в архиве популяций и клонов насаждений г. Волгограда.....60	<b>S.A. Egorov, S.N. Kryuchkov, A.V. Solonkin, A.S. Solomentseva, A.K. Romanenko, D.A. Gorbushova.</b> Tree and Shrub Species Adaptation Features in the Populations and Clones' Plantings Archive in Volgograd.....60
<b>Н.С. Шарко, А.А. Шатрыкин.</b> Изучение сортов суданской травы с целью подбора пар для скрещиваний.....68	<b>N.S. Sharko, A.A. Shatrykin.</b> Study of Sudan Grass Varieties in Order to Select Pairs for Breeding.....68
<b>Н.Г. Фоменко, О.О. Жолобова.</b> Оценка способности к каллусообразованию некоторых древесных растений в культуре in vitro.....75	<b>N.G. Fomenko, O.O. Zholobova.</b> Assessment of the Ability to Callus Formation of Some Woody Plants in "in vitro" Culture.....75

## 75 лет плану преобразования природы

### Уважаемые читатели и дорогие коллеги!

Истоки защитного лесоразведения в России лежат в степном лесоразведении, которое в XVII-XVIII вв. было связано с созданием лесонасаждений для выращивания товарной древесины. Мелиоративное и защитное значение лесонасаждений было выявлено лишь в начале XIX века. Древесно-кустарниковые посадки проводились преимущественно в защитных целях владельцами имений. В 40-х годах XIX века началась организация государственных степных лесничеств, в задачу которых входило также изучение гидроклиматической роли искусственных степных лесов. Первые массовые посадки в Прикаспийской низменности начались в середине XIX века. В конце XIX века ЗЛН были посажены на Кубани, в Саратовской, Самарской губерниях. До 1906 г. их было создано свыше 18 тыс га.

С 1892 г. начинается комплексное экологическое исследование степей и методов их облесения под руководством В. В. Докучаева. Впервые были научно обоснованы место и роль лесонасаждений в агроэкосистемах. В начале XX века организуются песчано-овражные партии под руководством А. Н. Котлякова. Ими проводятся работы по закреплению подвижных песков в области Войска Донского, Астраханской губернии, защите железных дорог от снежных и песчаных заносов, выращиванию леса в горах для предотвращения эрозии. Даже во время Первой мировой войны царское правительство выделяло ежегодно 1 млн рублей золотом для работы этих партий.

В советский период защитное лесоразведение становится планомерным государственным мероприятием по борьбе с засухой и эрозией почвы. В 1-ю пятилетку (1928-1932 гг.) было посажено 212 тыс га лесных полос, во 2-ю (1933-1937 гг.) – 278 тыс га. До 1941 г. в СССР было создано свыше 900 тыс га ЗЛН. Наибольший размах защитное лесоразведение получило в послевоенные годы. Тяжёлые последствия Великой Отечественной войны усугубились засухой в 1946 году, охватившей более 50% посевных площадей Советского Союза. Тогда на основе разработанной учеными Академии наук СССР системе мероприятий, по инициативе И. В. Сталина, Советом Министров СССР и ЦК ВКП(б) 20 октября 1948 г., было принято постановление «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». Эта программа коренного улучшения сельского хозяйства на период 1949-1965 гг. в засушливых регионах страны неофициально называлась «Сталинский план преобразования природы». Постановление ориентировало колхозы и совхозы степных и лесостепных регионов на планомерное и широкое внедрение системы мероприятий по подъему земледелия на

научной основе, подкрепленное организационными мерами и материально-техническими средствами. Из семи глав Постановления четыре были посвящены защитному лесоразведению и разработаны наиболее подробно, почти как технические инструкции по подбору пород, технологии выращивания посадочного материала и созданию лесонасаждений, их параметрам, условиям размещения на с.-х. территории и т.п. Планом на 1949–1965 гг. было установлено создание 5709 тыс га ЗЛН, в том числе силами и средствами колхозов с помощью государства – 3592,5 тыс га, создано Главное управление полезащитного лесоразведения при СМ СССР для контроля за его выполнением. Постановление обязывало создать дополнительно 50 степных лесхозов, 200 лесничеств, 230 лесопитомников, 570 лесозащитных станций с соответствующим оснащением техникой и кадрами специалистов.

Выполнение Постановления было приостановлено сразу же после смерти И. В. Сталина в 1953 году. Были ликвидированы организационные структуры и государственное планирование агролесомелиоративных 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.

В 1967 году, в период сильной засухи, было отмечено, что меньше всего от засухи и суховеев пострадали районы с хорошо устроенной системой ЗЛН, было решено возобновить мероприятия по созданию искусственных лесных насаждений, но их масштабы были несравнимы с началом 1950-х годов. 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. Неблагоприятные природные явления, в частности засухи и пыльные бури, которые обрушились на южные регионы европейской части нашей страны в 1960, 1963, 1969, 1972, 1974, 1984, 2010, 2015, 2018-2022 гг., нанесли значительный ущерб сельскому хозяйству.

ФНЦ агроэкологии РАН разработана «Стратегия развития защитного лесоразведения в Волгоградской области на период до 2025 года». Ее осуществление позволит решить задачи возрождения, устойчивого функционирования механизма планирования, проектирования и осуществления защитного лесоразведения в комплексе с другими средствами мелиорации земель на территории области в масштабах, объемах и темпах, продиктованных современным состоянием и опасным ухудшением экологии агросферы.

**Главный редактор К.Н. Кулик**

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

УДК 528.854

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.001.07-14

## Картографирование лесистости Волго-Ахтубинской поймы

Александр Анатольевич Васильченко✉, м.н.с., e-mail: vasilchenko-a@vfanc.ru, ORCID: 0000-0001-9591-6895

«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.** Многолетний нарушенный гидрологический режим Волго-Ахтубинской поймы, а также изменившиеся климатические особенности привели к деградации пойменных ландшафтов. Активное освоение верхней (Волгоградской) части поймы, недостаточное обводнение средней части, а также пожары привели к сокращению площадей лесных насаждений, данные о которых датируются 2006 г. (данные земельной статистики), а научные исследования ограничивались фрагментарными работами в различных частях поймы. В связи с этим возрастает актуальность в обновлении данных о площадях лесных насаждений и лесистости поймы в целом. С этой целью на тестовой территории (Волгоградская часть поймы: от Волгоградского гидроузла до дельты р. Волга) проведено экспертное дешифрирование материалов сверхвысокого пространственного разрешения для определения точности результатов картографирования на основе бисезонного индекса леса. Получены новые актуальные данные о пространственном распределении и площадях лесных насаждений. Общая точность составила 92,6%, точность пользователя – 89%, а производителя – 87%, относительная ошибка в зоне 50 метров от экспертных полигонов составила 8%. Показатели лесистости на тестовой территории имеют коэффициент корреляции  $R=0,94$ . Моделирование лесистости способом сеточной картографии (ячейка – 6,25 км<sup>2</sup>) позволило районировать пойму на три части в зависимости от процента лесистости. Выявлена отрицательная динамика лесных площадей на всей территории поймы с максимальными значениями в Светлоярском районе Волгоградской области и Енотаевском районе Астраханской области.

**Ключевые слова:** Волго-Ахтубинская пойма, лесные насаждения, лесистость, Bi-Seasonal Forest Index, 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.** Васильченко А.А. Картографирование лесистости Волго-Ахтубинской поймы // Научно-агрономический журнал. 2023. 3(122). С. 07-14. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.001.07-14

Поступила в редакцию: 10.08.2023

Принята к печати: 11.09.2023

**Введение.** Актуализация информации о пространственном размещении и площадях лесных насаждений является одной из важных задач современной геоинформатики и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Ввиду серьёзных проблем обводнения, что подтверждается исследованиями Конева С. В., Боканевой А. А, а также Кулика К. Н. и Заплавнова Д. М [10-12; 22], упадка сельского хозяйства по данным Бармина А. Н. и др. [2; 8], а также современных программ по экологическому оздоровлению Волги [16], Волго-Ахтубинская пойма как уникальный природный ландшафт привлекает пристальное внимание общественности и науки. Исследования лесных насаждений на этой территории производились локально на основе тестовых участков и были направлены на мониторинг лесных фитоценозов [17; 19], в их числе анализ состояния древесно-кустарниковой растительности (ДКР) [13; 18], анализ и картографирование лесных насаждений на основе материалов

ДЗЗ [5; 6; 21], а также анализ земельного фонда по статистическим материалам [2; 8].

Актуальность в мониторинге лесных насаждений Волго-Ахтубинской поймы обуславливается нарушенным гидрологическим режимом [11], наличием очагов распространения насекомых-вредителей [18; 20], вырубками [1; 27], пожарами [3; 4], а также активным строительством и заселением территорий, близких к городским агломерациям [26; 27]. Вышеперечисленные факторы создают серьёзную нагрузку на лесные насаждения поймы, что в итоге приводит к сокращению площадей лесной растительности. По данным проведенного анализа деградации лесов Волго-Ахтубинской поймы Юферевым В.Г. и Тарановым Н.Н. [27], с 2002 по 2014 на участке, близком к Волгоградской агломерации, площадь искусственных насаждений уменьшилась на 14,3%, а площади выпадов лесных насаждений увеличились на 5%. Ныне такие цифры будут значительно больше в связи с



освоением поймы на территории Волгоградской области. Проблемы Астраханской части поймы сосредоточены вокруг обводнения. В настоящее время только 30% территории Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги могут заливаться в период сброса [24]. Инвентаризация лесных насаждений в условиях ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы традиционными методами затруднена, а степень их изученности остается недостаточной, актуализация информации о площадях и лесистости является первоочередной задачей.

Цель исследования – картографирование лесных насаждений и моделирование лесистости Волго-Ахтубинской поймы с применением геоинформационных методов в совокупности с космическими снимками для оперативного мониторинга.

Новизна исследования состоит в использовании новых и перспективных инструментов картографирования лесных насаждений, основанных на разносезонных данных космической съемки, а также анализ точности в пойменных ландшафтах.

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследования выбрана Волго-Ахтубинская пойма в пределах верхней части поймы (от Волгоградского гидроузла до пос. Чёрный Яр), а также средней части (от пос. Чёрный Яр до с. Верхнелебяжье – начала р. Бузан). Дельта Волги и ильменно-бугровой район в исследовании не задействованы ввиду отсутствия необходимых космических снимков зимнего сезона. Основу исследования составляют данные высокого пространственного разрешения (10 м/пикс.) спутников Sentinel 2A/2B, полученные с помощью инфраструктуры Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» [14] и возможностей информационного сервиса «Вега» [29].

Территория исследования находится в пределах 6 тайлов Sentinel-2: T38UMU, T38UNU, T38UPU, T38TPT, T38TQT, T38TQS. База космических снимков состоит из безоблачных сцен за 2022-2023 г. (таблица 1). Уровень обработки данных ДЗЗ – BOA (Bottom of Atmosphere). Основной способ выделения лесных насаждений – бисезонный индекс леса BSFI (англ. Bi-Seasonal Forest Index), который с высокой точностью идентифицирует не только защитные лесные насаждения, но и естественные леса в пойменных ландшафтах при должной корректировке первичных результатов [25].

Суть расчета BSFI состоит в выявлении нормализованной разности между композитным изображением минимальных значений NDVI (англ. Normalized Difference Vegetation Index — нормализованный разностный вегетационный индекс) за вегетационный сезон и композитным изображением максимальных значений альбедо зимнего периода с наличием снежного покрова. Уточнение материалов также производилось на основе маски сельскохозяйственных угодий [7]: великовозрастные залежи с древесно-кустарниковой растительностью с итоговой маски удалялись с целью уменьшения ложных выделений лесных насаждений.

Композитные изображения для расчета BSFI составлялись с помощью последовательного сравнения разновременных данных в пределах одного тайла Sentinel-2. Пороговое значение леса подбиралось под каждый тайл отдельно ввиду разного набора разновременных данных ДЗЗ под конкретную территорию.

Вычисление лесистости проводилось методом сеточной картографии. На территорию исследования создавалась сетка с размером элемента в 2,5 км (6,25 км<sup>2</sup>). С помощью зональной статистики вычислялась площадь лесных насаждений в пределах каждого элемента сетки.

Для оценки точности результатов полуавтоматического картографирования лесных насаждений дополнительно составлялась маска лесных насаждений, выделенная экспертным путем в пределах пойменных ландшафтов на территории Волгоградской области. В качестве основы для экспертного картографирования использовались данные сверхвысокого пространственного разрешения с платформы Google Earth Engine. Временной интервал картографирования: осень 2021 – лето 2022 года. Рабочие масштабы экспертного картографирования находились в пределах от 1:1000 до 1:2500.

Так как территория исследования имеет лесные земли только в пределах пойменных ландшафтов, то дополнительно проводилось сравнение результатов с данными земельной статистики [9], а также с данными Global Forest Change [28]: маска лесов за 2000 г., пороговое значение для леса – >30% проективного покрытия.

Таблица 1. Исходные данные ДЗЗ территории исследования

Тайл	Весна	Лето	Зима
T38UMU	21.04.2022	21.06.2022 08.07.2022	24.01.2023
T38UNU	21.04.2022	13.06.2022 08.07.2022	24.01.2023
T38UPU	21.04.2022	15.07.2022 24.08.2022	21.01.2023
T38TPT	21.04.2022	15.07.2022 24.08.2022	21.01.2023
T38TQT	21.04.2022	15.07.2022	21.01.2023
T38TQS	24.03.2022 31.05.2022	20.06.2022 15.07.2022	10.02.2023

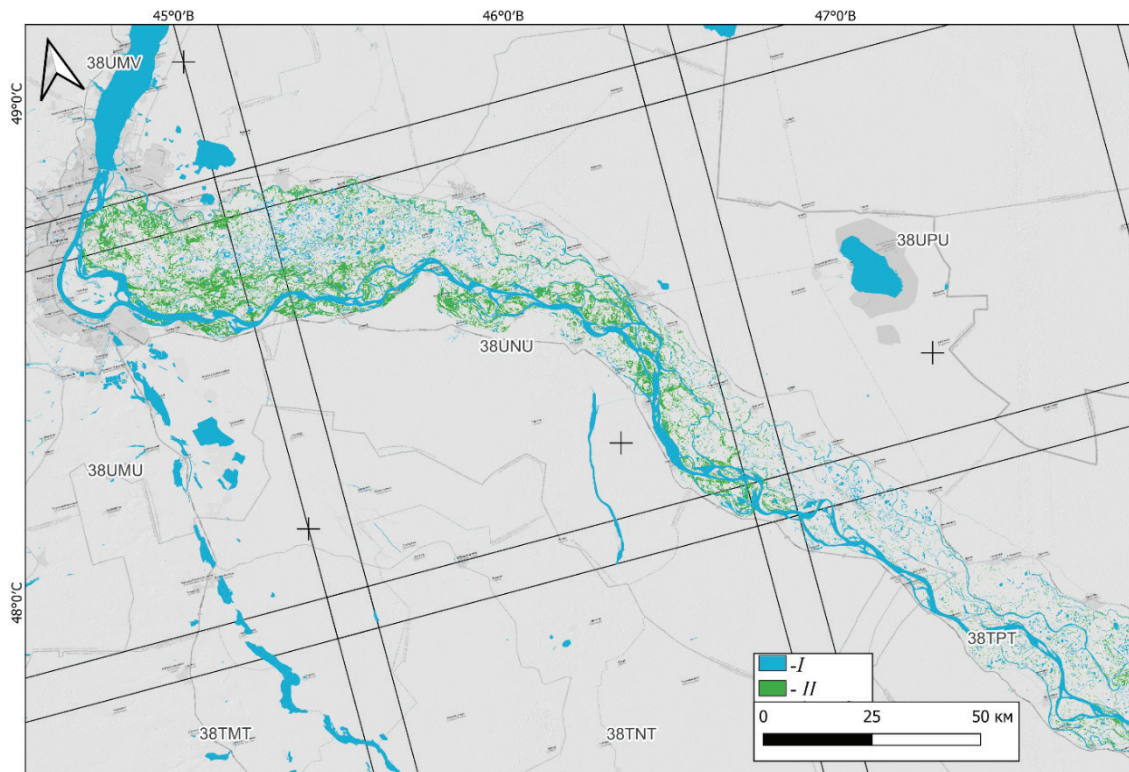


Рисунок 1. Лесные насаждения в пределах Волго-Ахтубинской поймы: I – водные объекты, II – лесные насаждения

**Результаты и обсуждение.** На территорию Волго-Ахтубинской поймы (от Волгоградского гидроузла до дельты р. Волга) составлена маска лесных насаждений с помощью BSFI. Общая площадь лесных насаждений составила 79238,41 га (рисунок 1). Для определения точности данного способа картографирования уточнена маска лесных насаждений Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области, созданная в 2020 г. [6], и использовалась как реальные классы в матрице ошибок. Общая точность картографирования лесных насаждений в пойменных ландшафтах составила 92,6%. Точность производителя – 89%, точность пользователя 87%. Сравнительный анализ лесистости территории Волгоградской части поймы, рассчитанной на основе материалов BSFI и материалов экспертного дешифрирования показал наличие тесной связи, которая характеризуется коэффициентом корреляции  $R=0,94$ .

Так как BSFI создавался как способ выделения защитных лесных насаждений (ЗЛН), оценка точности его использования при картографировании лесных насаждений в пойменных ландшафтах показала хорошие результаты. Следует заметить, что пороговое значение BSFI для лесных насаждений определялось для каждого тайла отдельно, в зависимости от высоты снежного покрова. Чем больше снежный покров в пределах тайла, тем больше пороговое значение BSFI, однако диапазон при этом составлял от 0 до 0,15. Высота снежного покрова также влияла на ложные определения околоводной растительности: в наиболее освоенных территориях поймы (верхняя часть и прибрежные

территории Волги и Ахтубы) высоты снежного покрова было недостаточно для разделения, поэтому на тестовой территории 2135 га лесных насаждений идентифицировались ошибочно, а 1695 га лесных насаждений не идентифицировались вовсе: относительная ошибка по площадям лесных насаждений в зоне 50 метров от экспертных полигонов составила 8%.

На основе полученных данных о лесных насаждениях с помощью BSFI, вычислена лесистость в пределах Волго-Ахтубинской поймы (рисунок 2). Общая лесистость составила 11,7%, 63% ячеек имеет лесистость до 10%. Значения лесистости варьируются от 0,02% в малолесных районах средней поймы с большим количеством водотоков до 71% в верхней части поймы (Ленинский район). В пределах поймы в зависимости от лесистости отчетливо выделяются три зоны: зона с максимальной концентрацией лесных насаждений (от Волгоградского гидроузла до с. Никольское на правом берегу Волги) с значениями лесистости более 10%; зона с минимальной концентрацией лесных насаждений (от с. Никольское до с. Владимировка на правом берегу р. Волга) с значениями лесистости до 5 %; зона с средней концентрацией лесных насаждений (от с. Владимировка до начала дельты Волги) с значениями лесистости в пределах 5-10%.

На основе расчета площадей лесных насаждений в пределах поймы, источником которых являлись результаты картографирования, земельная статистика на 1 января 2006 года [9] (по данным федерального государственного статистического наблюдения за земельными ресурсами, осуществ-

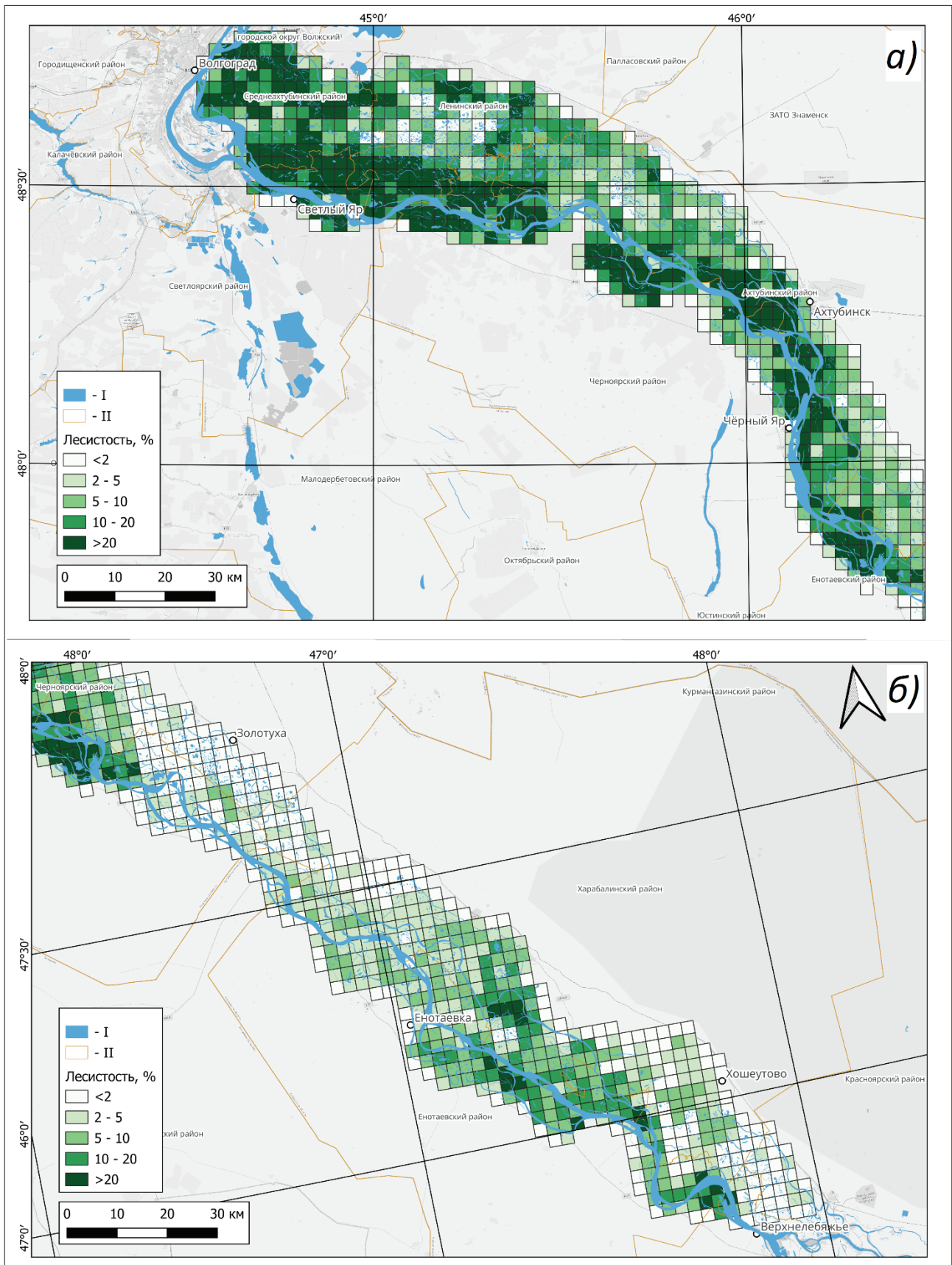


Рисунок 2. Карта лесистости Волго-Ахтубинской поймы: I – водные объекты; II- границы муниципальных образований; а) верхний участок поймы, б) средний участок поймы

ляемого Федеральным агентством кадастра объектов недвижимости), а также материалов GFC 2000 выявлена лесистость поймы в пределах 7

административных районов: двух районов Волгоградской области, пяти – Астраханской области (таблица 2).

Таблица 2. Лесистость поймы в пределах муниципальных районов

Муниципальное образование	Площадь пойменной части, га	Площадь ЛН - BSFI, га / лесистость, %	Площадь ЛН - BD-Soil, га / Лесистость, %	Площадь ЛН GFC 2000, га / Лесистость, %
Среднеахтубинский район	63848,1	10770,1 / 16,8%	11773 / 18,4%	12970,22 / 20,3%
Ленинский район	75795,6	9878,59 / 13%	10159 / 13,4%	12342,6 / 16,3%
Харабалинский район	142681,9	7881,83 / 5,5%	8807 / 6,2%	19042,52 / 13,4%
Ахтубинский район	173800,7	17538,41 / 10,09%	18452 / 10,6%	23577,18 / 13,6%
Енотаевский район	147787,9	15751,19 / 10,6%	20919 / 14,2%	39923,46 / 27%
Светлоярский район	20525,1	6847,9 / 33,3%	9111 / 44,4%	12233,7 / 59,6%
Черноярский район	75355,8	13239,71 / 17,5%	14964 / 19,9%	16445,1 / 21,8%

Различия площадей картографируемых лесных насаждений с данными земельной статистики составляют от 3% до 25%. Лесистость по пойме, в пределах муниципальных районов, в динамике снижается во всех исследуемых районах (рисунок 3). Этот факт объясняется деградацией пойменных ландшафтов, в том числе и лесных насаждений, что не раз доказано в исследованиях с опубликованием причин и направлений деятельности по их устранению [15]. Наиболее высокие значения сокращения лесистости замечены в Светлоярском районе Волгоградской области (с 59,6% до 33,3%) и Енотаевском районе Астраханской области (с 27% до 10,6%).

**Закключение.** Таким образом, данный способ картографирования лесных насаждений и моделирования лесистости позволяет оперативно и точно выполнять задачи мониторинга территории. Анализ динамики сокращения площадей лесных насаждений и лесистости в пределах пойменных частей муниципальных районов показал отрицательную тенденцию во всех территориальных образованиях. Использование экспертных пороговых значений BSFI для каждого тайла Sentinel-2 позволило добиться точности в 92,6% при коэффициенте корреляции  $R=0,94$  на тестовом участке Волгоградской части поймы. Однако при условии недостаточности годовых материалов ДЗЗ способ требует корректировки значений по иным индексам.



Рисунок 3. Лесистость по пойме в пределах Харабалинского района

**Литература:**

1. Бармин А. Н., Иолин М. М., Занозин В. В. Пойменные леса Волго-Ахтубинской поймы и проблема рекреации // Южно-российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. 2005. № 2(11). С. 62-65.
2. Бармин А. Н., Иолин М. М., Шарова И. С., Голуб В. Б. Структура и динамика землепользования в Астраханской области // Геология, география и глобальная энергия. 2011. № 3(42). С. 143-149.
3. Берденгалиева А. Н. Анализ горимости пойменных ландшафтов нижней Волги по данным информационных продуктов спутникового детектирования активного горения и выгоревших площадей // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Т. 28, № 1. С. 346-358. DOI 10.35595/2414-9179-2022-1-28-346-358 – EDN IYORTV
4. Берденгалиева А. Н. Динамика пожарного режима ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы // Грани познания. 2023. № 1(84). С. 5-8.
5. Бодрова В. Н. Картографирование лесистости острова Сарпинский Волгоградской области // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2018. № 3. С. 47-54.
6. Васильченко А. А., Грицюк А. А. Оценка лесистости Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области // Грани познания. 2020. № 2(67). С. 9-12.
7. Васильченко А. А., Юферев В. Г. Пространственное распределение и использование сельскохозяйственных угодий в Волго-Ахтубинской пойме: Свидетельство о государственной регистрации базы данных (RU) 2023622170, дата регистрации: 29.06.2023.
8. Зайцев В. Ф., Мельник И. В., Филиппова А. А. Современное состояние земельного фонда Астраханской области // Антропогенные вызовы качеству окружающей среды Северного Прикаспия. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет. 2017. С. 71-111.
9. Картографический блок. Информационная система «Почвенно-географическая база данных России». URL: <https://soil-db.ru/map/agristat>
10. Конев С. В., Боканева А. А. Современное состояние водной экологической системы Волго-Ахтубинской поймы как результат антропогенного воздействия / Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: Сборник материалов Международной научно-практической конференции: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия. 2018. С. 356-362.
11. Кривошей В. А. Река Волга (проблемы и решения). М.: ООО Журнал «РТ». 2015. 92 с.
12. Кулик К. Н., Заплавнов Д. М., Кищенко А. А. Деградация уникальных ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы и Астраханской области под прессом техногенных нагрузок // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 4(28). С. 6-11.
13. Кулик К. Н., Заплавнов Д. М., Кищенко А. А. Состояние и проблемы сохранения дубрав Волго-Ахтубинской поймы Черноярского района Астраханской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 4(28). С. 11-15.
14. Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Балашов И.В., Барталев С.А., Ефремов В.Ю., Кашницкий А.В., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Суднева О.А., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. Центр коллективного пользования си-

- стемами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263-284.
15. Манаенков А. С. Актуальные проблемы науки и практики лесного сектора на Юге России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 2(38). С. 59-63.
16. Павлова В. Обводнение Волго-Ахтубинской поймы – важнейший проект по оздоровлению Волги // Гидротехника. 2020. № 2(59). С. 36-37.
17. Русакова Е. Г., Заболотная М. В. Основные древесные породы лесного фонда Астраханской области // Естественные науки. 2011. № 1(34). С. 22-31.
18. Рыбашлыкова Л. П., Конев С. В. Анализ состояния древесно-кустарниковой растительности Волго-Ахтубинской поймы // Вестник Прикаспия. 2017. № 3(18). С. 47-51.
19. Рыбашлыкова Л. П., Конев С. В. Мониторинг лесного фитоценоза прибрежной территории Волго-Ахтубинской поймы // Аграрный вестник Урала. 2017. № 10(164). С. 7.
20. Рыбашлыкова Л. П., Лепеско В. В. Современное состояние лесного фитоценоза в Волго-Ахтубинской пойме / Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию окончания Сталинградской битвы. Том 4. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет. 2018. С. 303-306.
21. Таранов Н. Н. Дистанционное зондирование и экологическое картографирование лесного фонда Волго-Ахтубинской поймы / Антропогенная трансформация геопространства: история и современность: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный университет. 2014. С. 415-417.
22. Тютюма Н. В., Туз Р. К., Конев С. В. Значение Волго-Ахтубинской поймы в сохранении устойчивости экологической системы Северного Прикаспия // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1(45). С. 175-181.
23. Шарова И. С., Крыжановская Г. В., Безуглова М. С. Геоинформационные мониторинговые наблюдения на территории Астраханской области / Современные проблемы географии: Межвузовский сборник научных трудов. Выпуск 5. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет». 2021. С. 13-15.
24. Шинкаренко С. С., Барталев С. А., Богодухов М. А. [и др.] Классификация пойменных земель Нижней Волги на основе многолетних данных дистанционного зондирования и гидрологической информации // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 3. С. 119-135. DOI 10.21046/2070-7401-2023-20-3-119-135
25. Шинкаренко С. С., Барталев С. А., Васильченко А. А. Метод картографирования защитных лесных насаждений на основе разновременных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения и бисезонного индекса леса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19, № 4. С. 207-222. DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-4-207-222

26. Юферев В. Г., Таранов Н. Н. Геоинформационная оценка и моделирование деградации лесных насаждений Волго-Ахтубинской поймы // Грани познания. 2015. № 4(38). С. 90-93.

27. Юферев В. Г., Таранов Н. Н. Ретроспективный анализ деградации лесов Волго-Ахтубинской поймы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3(43). С. 66-72.

28. Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S.V., Goetz

S. J., Loveland T.R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C.O., Townshend J.R.G. High Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*. 2013. V. 342. P. 850-853. DOI: 10.1126/science.1244693

29. Loupian E.A., Bourtsev M.A., Proshin A.A., Kashnitskii A.V., Balashov I.V., Bartalev S.A., Konstantinova A.M., Kobets D.A., Radchenko M.V., Tolpin V.A., Uvarov I.A. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System. *Remote Sensing*. 2022. Vol. 14. No. 1. 77 p. DOI: doi.org/10.3390/rs14010077

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.001.07-14

## Mapping the Volga-Akhtuba Floodplain Forest Cover

**Alexander A. Vasilchenko**✉, Junior Researcher, e-mail: vasilchenko-a@vfanc.ru, ORCID: 0000-0001-9591-6895  
“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 multiannually disturbed hydrological regime of the Volga-Akhtuba floodplain, as well as the changed climatic features, led to the degradation of floodplain landscapes. Active development of the upper (Volograd) part of the floodplain, as well as insufficient watering of the middle part and fires led to area of forest plantations reduction, data on which date back to 2006 (land statistics data). At the same time scientific research in various parts of the floodplain was fragmentary. In this regard, the relevance of updating data on the forest plantations areas and the floodplain forest cover as a whole increases. For this purpose, expert interpretation of ultra-high spatial resolution materials was carried out on the test sites (Volograd part of the floodplain: from the Volograd hydroelectric power plant to the Volga River delta) to determine the accuracy of mapping results based on the bi-seasonal forest index. New up-to-date data on the spatial distribution and areas of forest plantations have been obtained. The overall accuracy was 92.6%, the user's accuracy was 89%, and the producer's was 87%, the relative error in the area of 50 meters from the expert polygons was 8%. Indicators of forest cover in the test area have a correlation coefficient of  $R = 0.94$ . Modeling of forest cover using grid cartography (6.25 km<sup>2</sup> per cell) allowed the floodplain to be zoned into three parts depending on the percentage of forest cover. The negative dynamics of forest areas throughout the floodplain with maximum values in the Svetloyarsky district of the Volograd Region and the Yenotaevsky district of the Astrakhan Region was revealed.

**Keywords:** Volga-Akhtuba floodplain, forest plantations, forest cover, Bi-Seasonal Forest Index, remote sensing

**Funding.** The work was carried out within the framework of the state task for the FSC of agroecology RAS No. 122020100311-3 “Theoretical foundations of the functioning and natural-anthropogenic transformation of agroforestry complexes in transitional natural-geographical zones; patterns

and forecast of their degradation and desertification based on geoinformation technologies, aerospace methods and mathematical cartographic modeling in contemporary conditions”.

**Citation.** Vasilchenko A.A. Mapping the Volga-Akhtuba Floodplain Forest Cover. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;3(122):07-14. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.001.07-14

Received: 10.08.2023

Accepted: 11.09.2023

### References:

1. Barmin A.N., Iolin M.M., Zanozin V.V. Floodplain forests of the Volga-Akhtuba floodplain and the problem of recreation. *Yuzhno-rossijskij vestnik geologii, geografii i global'noj energii = Geology, geography and global energy*. 2005;2(11):62-65. (In Russ.)
2. Barmin A.N., Iolin M.M., SHarova I. S., Golub V. B. Structure and dynamics of land use in the Astrakhan Region. *Geologiya, geografija i global'naya energiya = Geology, geography and global energy*. 2011;3(42):143-149. (In Russ.)
3. Berdengalieva A.N. Analysis of the Lower Volga floodplain landscapes burnability according to the data of information products of active burning and burnt areas satellite detection. *Intercarto. Intergis*. 2022;28(1):346-358. (In Russ.) DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-346-358
4. Berdengalieva A. N. Dynamics of the Volga-Akhtuba floodplain landscapes fire regime. *Grani poznaniya*. 2023; 1(84):5-8. (In Russ.)
5. Bodrova V. N. Mapping of the Sarpinsky Island, Volgograd Region forest cover. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seria 5, Geografija*. 2018;3:47-54. (In Russ.)
6. Vasilchenko A. A., Gritsyuk A. A. Assessment of the forest cover of the Volga-Akhtuba floodplain in the Volograd region. *Grani poznaniya*. 2020;2(67):9-12 (In Russ.)
7. Vasilchenko A. A., Yuferev V. G. Spatial distribution and use of agricultural land in the Volga-Akhtuba floodplain: Certificate of the database state registration (RU) 2023622170, registration date: 29.06.2023.
8. Zajtsev V. F., Mel'nik I. V., Filippova A. A. The current state of the Astrakhan Region land fund. *Antropogennyye vyzovy kachestvu okruzhayushchej sredy Severnogo Prikaspiya*. Volgograd. FSBEI HE Volgograd SAU Publ. house. 2017. pp. 71-111. (In Russ.)

9. Cartographic block. "Soil-geographical database of Russia" information system. URL: <https://soil-db.ru/map/agri-stat> (In Russ.)
10. Konev S. V., Bokaneva A. A. The current state of the Volga-Akhtuba floodplain water ecological system as a result of anthropogenic impact. Itogi i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: Compilation of the International Scientific and Practical Conference materials: PNIIAZ Publ. house. 2018. pp. 356-362. (In Russ.)
11. Krivoshei V. A. Volga River (problems and solutions). M. RT Magazine LLC Publ. house. 2015. 92 p (In Russ.)
12. Kulik K. N., Zaplavnov D. M., Kischenko A. A. Degradation of the Volga-Akhtuba floodplain and the Astrakhan Region unique landscapes under the pressure of technogenic loads. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2012;4(28): 6-11 (In Russ.)
13. Kulik K. N., Zaplavnov D. M., Kischenko A. A. The state and problems of the Volga-Akhtuba floodplain oaks conservation in the Chernoyarsky district of the Astrakhan Region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2012;4(28):11-15. (In Russ.)
14. Lupyan E.A., Proshin A.A., Burtsev M.A. [et al.] Center for Collective Use of Archiving, Processing and Analysis Systems satellite data of the ICI RAS for solving problems of studying and monitoring the environment. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2015;12(5):263-284. (In Russ.)
15. Manaenkov A. S. Actual problems of science and practice of the forest sector in the South of Russia. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2015;2(38):59-63. (In Russ.)
16. Pavlova V. Watering of the Volga-Akhtuba floodplain as the most important project for the Volga recovery. *Gidrotekhnika = The Hydrotechnika*. 2020;2(59):36-37. (In Russ.)
17. Rusakova E. G., Zabolotnaya M. V. The main tree species of the Astrakhan Region forest fund. *Estestvennye nauki = Natural sciences*. 2011;1(34):22-31. (In Russ.)
18. Rybashlykova L. P., Konev S. V. Tree and shrub vegetation state analysis in the Volga-Akhtuba floodplain. *Vestnik Prikaspiya*. 2017;3(18):47-51. (In Russ.)
19. Rybashlykova L. P., Konev S. V. Monitoring of forest phytocenosis of the Volga-Akhtuba floodplain coastal territory. *Agrarnyj vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2017;10(164):7. (In Russ.)
20. Rybashlykova L. P., Lepesko V. V. The current state of forest phytocenosis in the Volga-Akhtuba floodplain. *Mirovye nauchno-tekhnologicheskie tendentsii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya APK i sel'skikh territorij*: Materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the end of the Battle for Stalingrad; Volgograd. Volgograd SAU Publ. house. 2018;4: 303-306. (In Russ.)
21. Taranov N. N. Remote sensing and ecological mapping of the Volga-Akhtuba floodplain forest fund. *Antropogennaya transformatsiya geoprostranstva: istoriya i sovremennost'*: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Volgograd. VolSU Publ. house. 2014. pp. 415-417. (In Russ.)
22. Tyutyuma N. V., Tuz R. K., Konev S. V. The significance of the Volga-Akhtuba floodplain in preserving the sustainability of the Northern Near-Caspian ecological system. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2017;1(45):175-181. (In Russ.)
23. Sharova I. S., Kryzhanovskaya G. V., Bezuglova M. S. Geoinformation monitoring observations on the territory of the Astrakhan Region. *Sovremennye problemy geografii*: Interuniversity compilation of scientific papers. Astrakhan. "Astrakhanskij universitet" Publ. house. 2021; 5:13-15. (In Russ.)
24. Shinkarenko S. S., Bartalev S. A., Bogodukhov M. A. [et al.] Classification of the Lower Volga floodplain lands on the basis of long-term remote sensing data and hydrological information. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2023;20(3):119-135. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-3-119-135
25. Shinkarenko S. S., Bartalev S. A., Vasilchenko A. A. Method of mapping protective forest stands based on multi-time satellite images of high spatial resolution and bi-seasonal forest index. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2022;19(4):207-222. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-4-207-222
26. Yuferev V. G., Taranov N. N. Geoinformation assessment and modeling of the Volga-Akhtuba floodplain degradation forest plantations. *Grani poznaniya*. 2015;4(38):90-93. (In Russ.)
27. Yuferev V. G., Taranov N. N. Retrospective analysis of the Volga-Akhtuba floodplain forest degradation. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2016;3(43):66-72. (In Russ.)
28. Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S.V., Goetz S. J., Loveland T.R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C.O., Townshend J.R.G. High Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*. 2013;342:850-853. DOI: 10.1126/science.1244693
29. Loupian E.A., Bourtsev M.A., Proshin A.A., Kashnitskii A.V., Balashov I.V., Bartalev S.A., Konstantinova A.M., Kobets D.A., Radchenko M.V., Tolpin V.A., Uvarov I.A. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System. *Remote Sensing*. 2022;14(1):77. DOI: 10.3390/rs14010077

**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 528.88

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.002.15-22

## Картографирование защитной лесистости пахотных угодий на севере Волгоградского Заволжья по данным дистанционного зондирования Земли

Асель Нурлановна Берденгалиева<sup>✉</sup>, м.н.с., e-mail: berdengalieva-an@vfanc.ru, 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

**Аннотация.** Значительные площади сельскохозяйственных земель подвержены негативному воздействию процессов дефляции и водной эрозии. Защитные лесные насаждения, в том числе полевые защитные лесные полосы, предназначены для снижения интенсивности этих процессов, улучшения микроклимата и повышения урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур. В то же время полевые защитные лесные полосы зачастую находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют ухода или реконструкции. Особенно это актуально для территории районов Заволжья, где лесорастительные условия наиболее сложные. Целью исследования являлось определение актуальных площадей полевых защитных лесных насаждений на севере Волгоградского Заволжья. Подобные работы выполнялись на основе экспертного дешифрирования спутниковых снимков, доступ к которым ограничен. Поэтому актуальным является применение методов, основанных на открытых спутниковых данных Sentinel-2. Новизна исследований заключается в применении бисезонного индекса леса BSFI для картографирования защитных лесных насаждений в условиях Волгоградского Заволжья, а также применении геоинформационных технологий для оценки соответствия линейных размеров отдельных сельскохозяйственных полей рекомендованным значениям. В результате проведенных работ для Старополтавского района Волгоградской области разработана электронная карта сельскохозяйственных полей, рассчитаны их фактические линейные размеры, картографированы существующие полевые защитные лесные полосы, определена защитная лесистость пашни в разрезе муниципальных образований, подтипов и комплексов почв. Установлено, что самая высокая лесистость пашни на темно-каштановых почвах (4,1%), на солонцах и солонцеватых почвах лесистость не превышает 1-1,5%. Большая часть полей имеет длину более 2 км, что в несколько раз превышает рекомендованную величину (400 м). Предложена схема размещения дополнительных полевых защитных лесных полос, что позволит увеличить лесистость пашни с фактических 2,6 тыс. га до 4,0 тыс. га. Используемые в работе методы могут широко применяться для оценки защитной лесистости пахотных земель в зоне недостаточного увлажнения.

**Ключевые слова:** агроландшафты, полевые защитные лесные насаждения, пахотные земли, дефляция, геоинформационные технологии, дистанционное зондирование.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР № 122020100406-6 «Теоретические основы и математико-картографические модели функционирования агролесомелиоративных систем в защите почв от дефляции».

**Цитирование.** Берденгалиева А.Н. Картографирование защитной лесистости пахотных угодий на севере Волгоградского Заволжья по данным дистанционного зондирования Земли // Научно-агрономический журнал. 2023. 3(122). С. 15-22. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.002.15-22

Поступила в редакцию: 30.06.2023

Принята к печати: 11.09.2023

**Введение.** В настоящее время в России около 65% пашни подвержены различным видам деградации: водной эрозии, дефляции, засолению или заболачиванию. Особенно остро проблема деградации пахотных земель проявляется в зоне недостаточного увлажнения. Интенсивная распашка территории усиливает процессы деградации и опустынивания, что может привести к резкому снижению продуктивности земель [9]. Защитные лесные насаждения (ЗЛН), призванные снижать воздействие неблагоприятных факторов, в засушливой и полусухой зоне находятся в очень сложных лесорастительных условиях. При отсутствии должного лесохозяйственного ухода, достижении

предельного возраста, повреждений пожарами, незаконными рубками и вредителями значительные площади насаждений находятся в неудовлетворительном состоянии, из-за чего их защитные функции снижаются [2; 19; 22]. Кроме защиты почв от водной и ветровой эрозии защитные лесные насаждения положительно влияют на микроклимат и способствуют повышению продуктивности агроценозов [1]. По этим причинам лесные полосы являются крайне важным компонентом агроландшафтов. В то же время почти отсутствуют актуальные сведения о состоянии полевых защитных лесных полос, особенно в сложных лесорастительных условиях, несмотря на то, что отмечается не-



обходимость в тщательном мониторинге и детальной оценке лесных насаждений. Это может быть связано со сложностью такой оценки, т.к. наземные лесотаксационные обследования требуют больших временных и финансовых затрат. Для мониторинга состояния лесных насаждений достаточно широко применяются различные данные дистанционного зондирования Земли, но защитные лесные насаждения имеют ряд особенностей [2; 13; 20; 24].

Из-за небольшой ширины полезащитных лесных полос спутниковый мониторинг их состояния затруднен, т.к. требуются данные сверхвысокого пространственного разрешения, отсутствующие в открытом доступе. По этим причинам исследования состояния полезащитных лесных полос по данным дистанционного зондирования опираются на технологии визуального дешифрирования спутниковых изображений, которые находятся в свободном доступе через широко распространенные картографические сервисы (например, Google Earth Pro) [16]. Тем не менее невозможность геоинформационной обработки таких данных в современных программах существенно ограничивает возможность применения этих систем. С появлением спутниковой системы Sentinel-2, которая позволяет получать данные пространственного разрешения 10 м, стала возможной разработка методов автоматизированного и полуавтоматического картографирования защитных лесных насаждений. Наиболее подходящим для этих целей является бисезонный индекс леса (BSFI), для расчета которого используются летние данные NDVI и зимние спутниковые изображения при наличии снежного покрова. Этот подход позволяет достаточно просто получать данные для картографирования защитных лесных насаждений, в том числе и полезащитных лесных полос. Бисезонный индекс леса применялся на территории правобережья Саратовской области [18], в Заволжье данный подход применяется впервые.

Территория Заволжья в Волгоградской области характеризуется наиболее сложными лесорастительными условиями, из-за чего большая часть полезащитных лесных полос здесь находится в неудовлетворительном состоянии. Также растениеводство здесь возможно либо в северной части на каштановых и темно-каштановых почвах, либо с применением орошения [5]. Согласно сведениям Базы данных муниципальных образований (<https://gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi>) за последние 10 лет посевная площадь в Старополтавском районе на севере Волгоградского Заволжья выросла почти вдвое с 76 тыс га (2012) до 131 тыс. га (2022). Распашка в условиях степных провинций Нижнего Поволжья при недостаточной защищенности угодий лесными насаждения может приводить к выносу от 2 до 20 т/га мелкозема за год [14]. Защитная лесистость пашни Старополтавского района недостаточна, а большинство существующих лесных полос требуют ухода [6]. Около 40% сельскохозяйственных угодий района

подвержено дефляции и засолению, также примерно 20% подвержены водной эрозии [23]. По этим причинам актуальной является задача определения площадей существующих полезащитных насаждений района, а также анализ защитной лесистости пахотных земель.

Целью исследования являлось определение облесенности пахотных земель полезащитными лесными полосами (ПЗЛП) на территории Старополтавского района с использованием геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли.

**Материалы и методы.** Исследование выполнено в границах Старополтавского района Волгоградской области, общая площадь которого составляет 407,7 тыс. га. Старополтавский район находится на севере Волгоградского Заволжья. Основной специализацией района является животноводство и выращивание зерновых культур. Согласно агроклиматическому районированию район относится к сухостепной зоне Заволжья. Территория исследования расположена в зоне разнотравно-типчачково-ковыльных степей, которые в настоящее время почти все распаханы [4]. Преобладающие почвы: каштановые, каштановые солонцеватые, каштановые с солонцами, солонцы каштановые, темно-каштановые [11; 12]. Климат района засушливый и выше среднего обеспечен теплом, отмечается пониженная биологическая продуктивность.

В данной работе использовались современные технологии исследования: геоинформационные системы (QGIS, Google Earth Pro) и данные дистанционного зондирования спутников Sentinel-2. Геоинформационный слой лесных полос был получен методом экспертного порога, примененного к растровому изображению бисезонного индекса леса BSFI [18]. Есть некоторые сложности полуавтоматического распознавания полезащитных лесных полос, так как ширина ПЗЛП составляет от 10 до 15 метров. Поэтому был использован метод подбора порога значений BSFI с контролем по изображению сверхвысокого разрешения Google Earth Pro. Бисезонный индекс леса – это отношение минимумов нормализованных разностных индексов за летние месяцы к красному каналу зимнего снимка спутниковых снимков Sentinel-2. Но есть некоторые особенности этого метода, т.к. могут присутствовать ошибочные определения лесной растительности, например, высокостебельные травы (тростник, рогоз и т.п.) [3; 8; 17; 18]. Для исключения ошибочных определений была проведена ручная проверка по данным сверхвысокого разрешения Google Earth Pro.

Использовалась маска полей, выполненная методом экспертного дешифрирования по мозаике спутниковых снимков Sentinel за 2022 год. Снимки Sentinel-2 второго уровня обработки загружены с помощью сервиса Vega-Science [10; 21]. Решение использованных спутниковых снимков составляет 10 метров. Для объединения спектро-

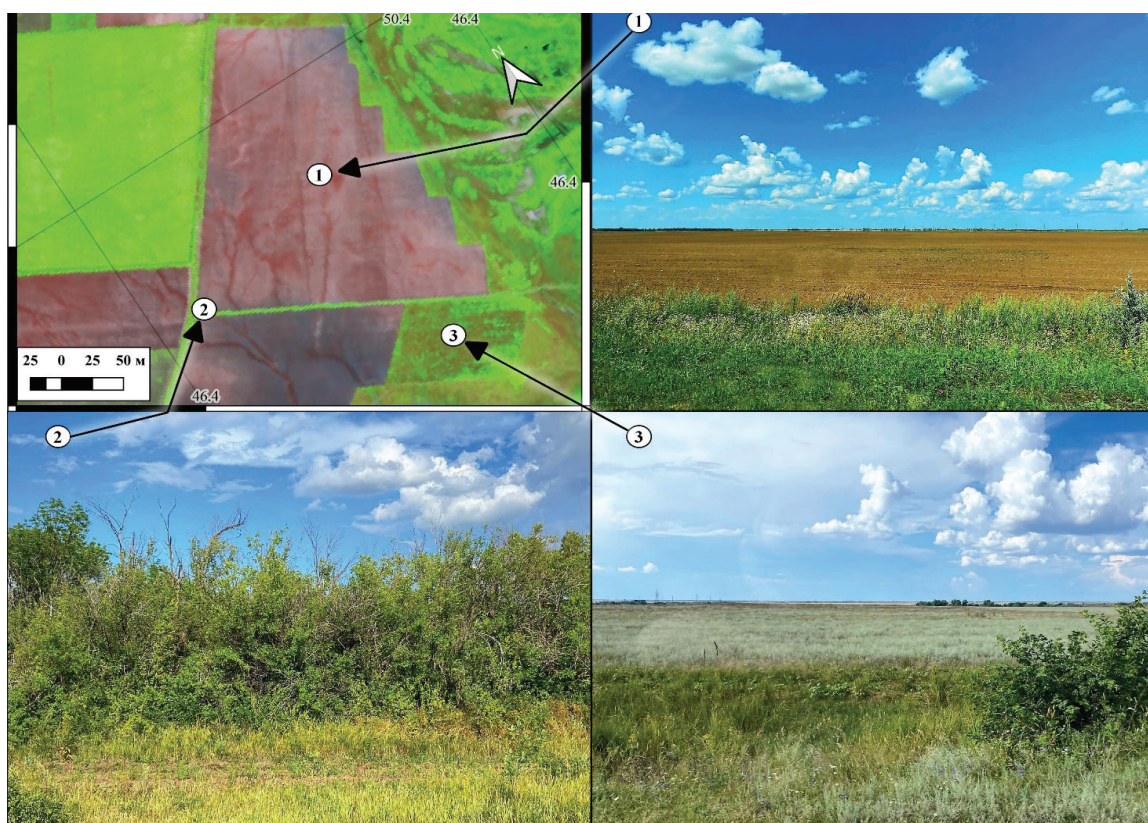


Рисунок 1. Верификация результатов дешифрирования на территории Старополтавского района (по состоянию на 26.07.2022; 50.51 с.ш., 45.941 в.д.; 1 – обрабатываемое поле, 2 – полезащитная лесная полоса, 3 – залежь)

зональных снимков в единый композит использовался инструмент «Объединение растров» в геоинформационной среде QGIS. По мозаике снимков Landsat 1986 года определены неиспользуемые земли, которые ранее распахивались. Также была проведена полевая верификация результатов дешифрирования спектрально-зональных снимков в августе 2022 г. (рисунок 1).

Для определения только полезащитных лесополос среди всей древесно-кустарниковой растительности была использована маска пахотных земель, вокруг которой была создана буферная зона 30 м. Подобный подход уже применялся для оценки защитной лесистости пашни в правобережной части Саратовской области [18]. С помощью инструмента пересечения тридцатиметровой зоны вокруг полей были выбраны только те лесные насаждения, которые попадают в эту зону. Таким образом, были картографированы только прилегающие к сельскохозяйственным полям ЗЛН, которые отнесены к ПЗЛП (рисунок 2). Также методами геоинформационной обработки определены линейные размеры полей, что позволило сопоставить их длину и ширину с рекомендованными для условий каштановых почв (400 м) [12; 14; 15].

**Результаты и обсуждение.** В результате дешифрирования спутниковых данных картографировано 634 сельскохозяйственных поля общей площадью 182,4 тыс. га, 622 залежи площадью 83,9 тыс. га, также по бисезонному индексу леса определено 2624,8 га полезащитных лесных полос.

Наиболее распаханы темно-каштановые почвы, в том числе солонцеватые и в комплексе с солонцами (70-93%), а также каштановые (84%) и светло-каштановые (78%), в том числе в комплексе с солонцами, если они представлены не более 25%, (60-70%). Залежи приурочены преимущественно солонцам каштановым, а также комплексам с участием солонцов более 25%.

По оценкам ФНЦ агроэкологии РАН (бывш. ВНИ-АЛМИ), для Старополтавского района рекомендовано 3680 га полезащитных насаждений и 9170 га всех видов защитных лесонасаждений [6; 13]. На рисунке 2 визуальное можно оценить распределение ПЗЛП. В восточной части района меньше всего лесных полос, возможно это связано с более сложными лесорастительными условиями, в том числе с распространением солонцов. Наибольшей лесистостью пашни характеризуются темно-каштановые почвы (1,5-4,1% в зависимости от солонцеватости) и каштановые в вариантах без солонцов (1,4%). Лесистость пашни на каштановых солонцеватых почвах и комплексах каштановых почв с солонцами не превышает 0,9-2,5%. На светло-каштановых почвах и солонцах доля ПЗЛП составляет не более 1% площади пашни.

Важнейшей характеристикой устойчивости агроландшафтов является лесистость пахотных угодий. Согласно широко распространенным рекомендациям по организации адаптивно-ландшафтных систем земледелия для устойчивого природопользования удельный вес защитных лесных

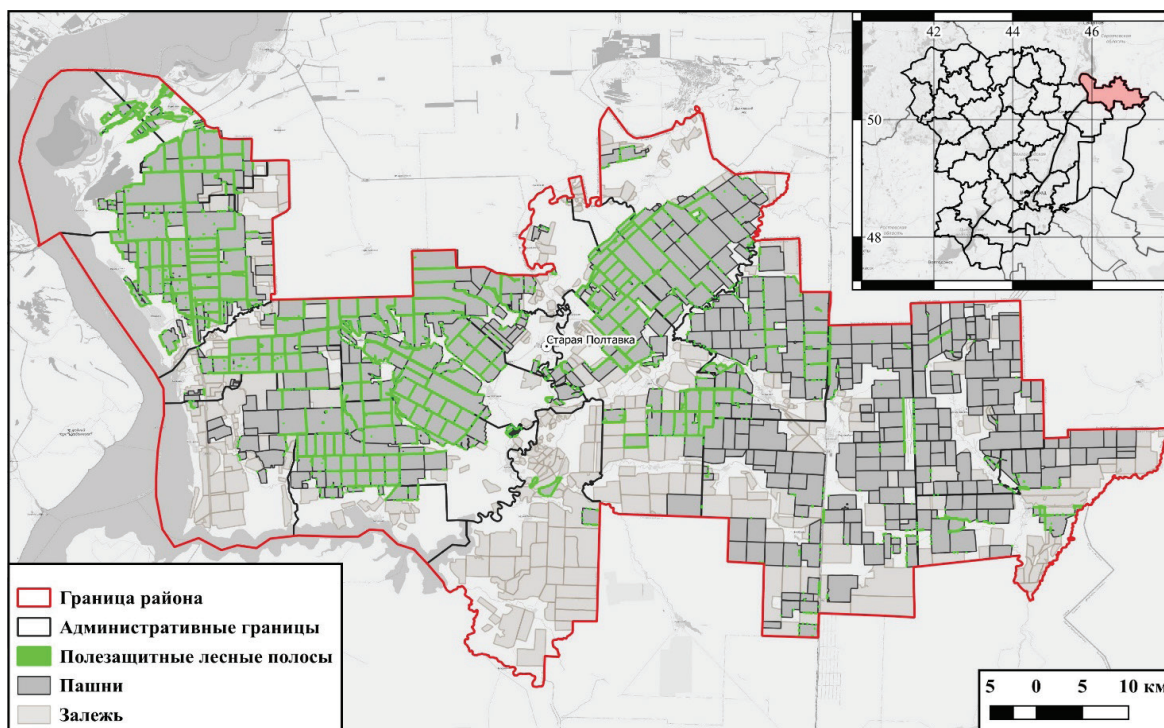


Рисунок 2. Расположение полей и полезащитных полос в границах Старополтавского района

насаждений должен быть в сухой степи не менее 7%, в степи – 5, в лесостепи – 4% [7; 9; 15]. С увеличением сухости климата защищаемые лесными полосами площади полей должны уменьшаться, что достигается сокращением расстояния между основными лесополосами. Защитная лесистость считается как отношение площади ПЗЛП к площади пашни в гектарах [1]. С помощью электронной векторной карты административных границ рассчитаны значения площади полезащитных лесополос и лесистость пашни в каждом муниципальном образовании (рисунок 3).

Максимальная лесистость пашни (более 4%) отмечается в западной части района в Черebaевском, Иловатском и Новотихоновском муниципальных образованиях. Минимальные значения (до 1%) отмечаются в 6 муниципальных образованиях. В целом лесистость пашни в муниципальных образованиях соответствует описанным выше закономерностям почвенно-климатических условий: в муниципальных образованиях, расположенных на темно-каштановых и каштановых почвах без солонцов, лесистость значительно выше по сравнению с солонцеватыми почвами и солонцами.

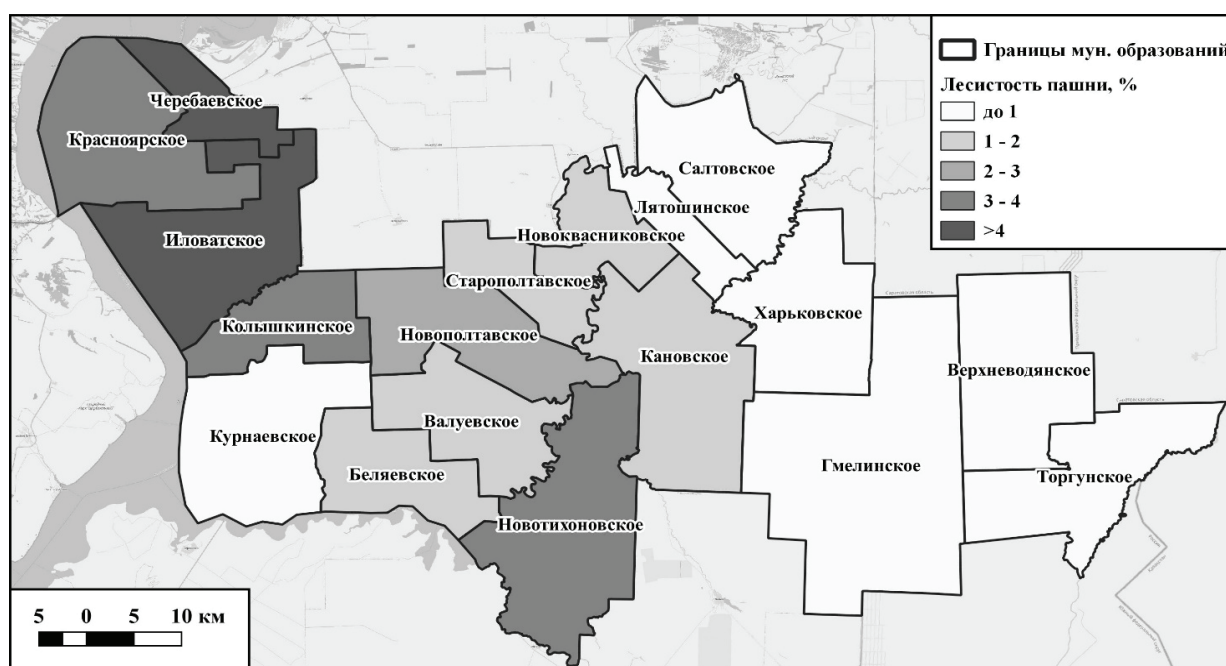


Рис. 3. Картограмма защитной лесистости пашни района исследования

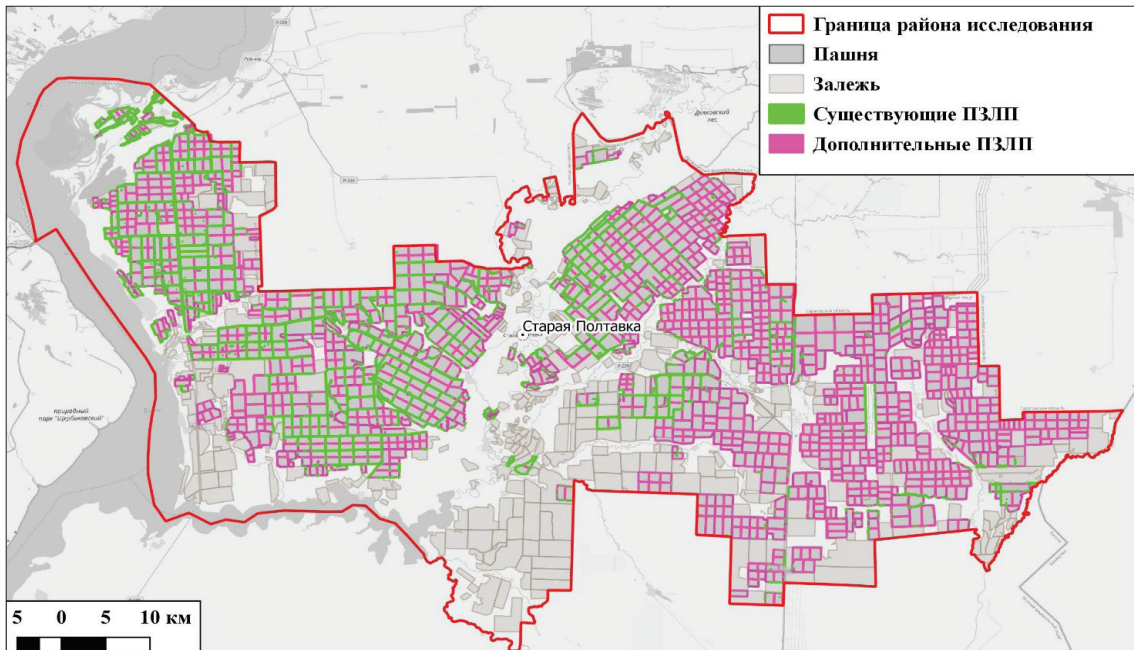


Рис. 4. Картограмма линейных размеров сельскохозяйственных полей а) по ширине, б) по длине

Для эффективной защиты пахотных земель от дефляции рекомендованные для каштановых почв межполосные расстояния составляют 400 м [1; 15]. С помощью инструментов анализа QGIS «Минимально охватывающая геометрия» были рассчитаны линейные размеры по ширине и длине полей (рисунок 4), что дает возможность оценить их соответствие рекомендованным нормативам. В Старополтавском районе преобладают поля с большей стороной более 2 км (346 объектов из 634) общей площадью 143,8 тыс. га из 182,4 тыс. га обрабатываемых пахотных земель района. Рекомендованному размеру 400 м соответствует менее 1% площади пахотных земель. Таким образом, защитная лесистость пахотных земель Старополтавского района значительно меньше рекомендованной, а размеры большей части сельскохозяйственных полей превышают оптимальные для каштановых почв 400 м.

Электронные карты сельскохозяйственных угодий и геоинформационные программы позволяют рассчитать потребность в ПЗЛП при соблюдении нормативов межполосных расстояний. Согласно агролесомелиоративному районированию суглинистые почвы севера Волгоградского Заволжья, на которых расположена большая часть пашни, относятся к устойчивым против дефляции – лесомелиоративному выделу IVб (земли с суглинистыми и глинистыми почвами устойчивыми против дефляции с ограниченно доступными грунтовыми водами) [16]. По этой причине расчет необходимых площадей ПЗЛП был проведен для размера большей стороны сельскохозяйственного поля 800-1000 м. При необходимости расчет может быть выполнен для любых рекомендованных размеров полей. Также не учитывались преобладающие направления ветров, рекомендованные ПЗЛП проводились только на основе существующей си-

стемы земледелия и границ севооборотов. Таким образом, была разработана карта потребности в создании ПЗЛП при существующей конфигурации севооборотов (рисунок 5).

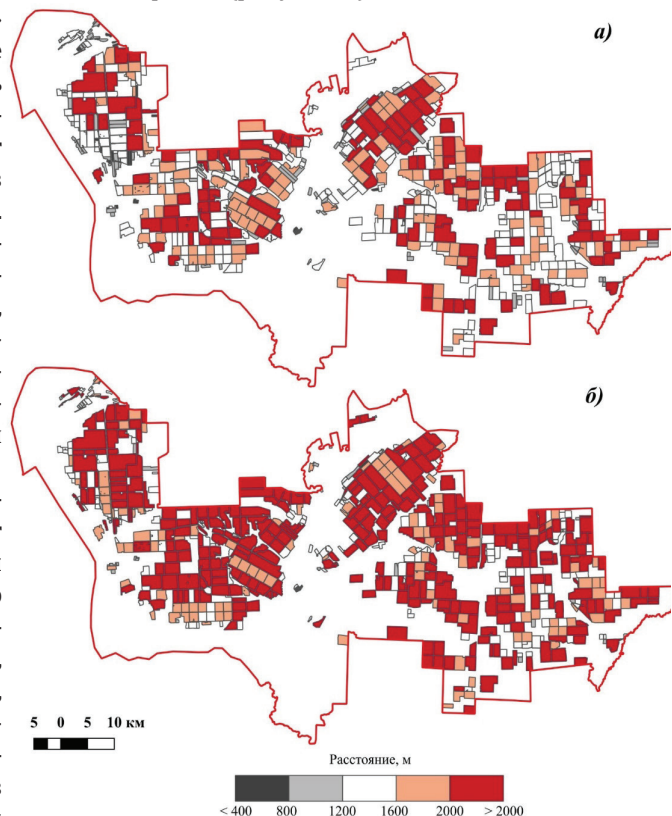


Рис. 5. Схема размещения дополнительных защитных лесных полос

Необходимо создать дополнительно примерно 1,6 тыс. км защитных лесных полос, что соответствует площади в 1,4 тыс. га, если принять ширину трехрядной ПЗЛП за 9 м, что позволит довести площадь ПЗЛП до 4,0 тыс. га, что сопоставимо

с величиной 3,7 тыс. га насаждений этого типа согласно рекомендациям ФНЦ агроэкологии РАН [6]. Тем не менее 4,0 тыс. га ПЗЛП позволят увеличить лесистость пашни только до величины 2,1%. Для достижения лесистости пашни в 4% необходимо 7,2 тыс. га ПЗЛП, т.е. требуется создать дополнительно 4,6 тыс. га насаждений.

Ширина ЗЛН определяется конструкцией, которая вместе с породным составом подбирается в зависимости от лесорастительных условий согласно рекомендациям [1; 7; 15]. Для этого требуется проведение дополнительных исследований, которые не входили в задачи данной работы. Поскольку большая часть используемых пахотных земель расположена на каштановых и темно-каштановых почвах с небольшим участием солонцов, то и потребность в создании ПЗЛП на таких почвах выше. Максимальные площади новых ПЗЛП должны быть созданы на каштановых с 10-25% солонцов каштановых (364 га), каштановых (297 га), каштановых с 25-50% солонцов каштановых (151 га) и темно-каштановых (146 га), что суммарно составляет около 70% всей площади дополнительных лесных насаждений. Среди муниципальных образований наиболее нуждаются в дополнительных ПЗЛП Гмелинское (268 га), Харьковское (172 га), Верхневодянское (168 га), а также Салтовское, Торгуновское и Иловатское, в каждом из которых требуется 100-110 га новых ПЗЛП.

**Выводы.** Разновременные данные дистанционного зондирования позволяют успешно разделять используемые и неиспользуемые пахотные угодья. Наличие данных Sentinel-2 и технологии картографирования ЗЛН на основе бисезонного индекса леса позволяет достаточно быстро и точно картографировать ПЗЛП, для чего ранее использовались трудоемкие методы экспертного дешифрирования спутниковых изображений сверхвысокого пространственного разрешения, которые зачастую отсутствуют в открытом доступе.

В результате исследования была выполнена оценка защищенности сельскохозяйственных полей лесными насаждениями и предпринята попытка разработки схемы размещения дополнительных ПЗЛП с учетом лесомелиоративной классификации и рекомендованных межполосных расстояний. Использованный подход определения защитной лесистости пашни, картографирования межполосных расстояний и автоматизированного расчета линейных размеров отдельных сельскохозяйственных полей может широко применяться не только в условиях Волгоградского Заволжья, но и во всей зоне недостаточного увлажнения.

Требуется дальнейшие исследования, которые позволят учитывать преобладающие направления дефляционных опасных ветров при картографировании дополнительных ПЗЛП, а также разработке рекомендаций по их конструкции и породному составу в соответствии с лесорастительными условиями.

## Литература:

1. Агроресомелиорация. 5-е изд., переработ. и доп. / под ред. А.Л. Иванова, К.Н. Кулика. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. 746 с.
2. Антонов С.А. Анализ пространственного положения защитных лесных насаждений на основе геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2020. Т. 26. Ч. 2. С. 408-420. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-408-420
3. Балынова В.В. Геоинформационный анализ параметров сохранности защитных лесных насаждений Котельниковского района Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2022. № 4(119). С. 66-71. DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.010.66-71
4. Воробьев А.В. Земельная реформа в Волгоградской области: монография / А.В. Воробьев. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, ИПК «Нива», 2014. 164 с.
5. Денисова Е.В. Оценка эффективности использования земельных ресурсов на основе геоинформационного обеспечения // Астраханский вестник экологического образования. 2022. № 2(68). С. 12-18. DOI: 10.36698/2304-5957-2022-2-12-18
6. Кулик К.Н., Барабанов А.Т., Манаенков А.С., Кулик А.К. Обоснование прогноза развития защитного лесоразведения в Волгоградской области // Проблемы прогнозирования. 2017. № 6(165). С. 93-100.
7. 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.
8. Мелихова А.В. Пространственный анализ защитных лесных насаждений северной части Ергенинской возвышенности // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3(118). С. 43-48. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.006.43-48
9. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявление засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)» (под редакцией Р.С.-Х. Эдельгериева). 2021. Том 3. М.: ООО «Издательство МБА», 700 с.
10. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») / Е.А. Лупян, А.А. Прошин, М.А. Бурцев [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 151-170. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170
11. Перекрестов Н.В. Почвенно-климатические агроландшафты Старополтавского района Волгоградской области // Вестник Прикаспия. 2016. № 1(12). С. 26-31.
12. Почвенная карта Волгоградской области. Киев: ПКО «Картография» ГУГК СССР, 1989. Масштаб 1:400 000.
13. Рулев А.С., Кошелева О.Ю., Шинкаренко С.С. Оценка лесистости агроландшафтов юга Приволжского возвышенности по данным NDVI // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4(44). С. 32-39.
14. Сажин А.Н., Кулик К.Н., Васильев Ю.И. Погода и климат Волгоградской области / 2-е изд., перераб. и доп. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 334 с.
15. Стратегия развития защитного лесоразведения в Волгоградской области на период до 2025 года / К.Н. Кулик [и др.]. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 39 с.

16. Ткаченко Н.А., Кошелев А.В. Картографирование защитной лесистости агроландшафтов Волгоградского Заволжья // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 2(26). С. 137-143.
17. Федорчук С.А., Матвеев Ш. Опыт электронного картографирования лесных насаждений западных муниципальных районов Саратовской области // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 3-2(66). С. 76-80.
18. Шинкаренко С.С., Барталев С.А., Васильченко А.А. Метод картографирования защитных лесных насаждений на основе разновременных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения и бисезонного индекса леса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 4. С. 207-222. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-4-207-222
19. Шинкаренко С.С., Кошелева О.Ю., Берденгалиева А.Н., Олейникова К.А. Мониторинг ландшафтных пожаров в Волгоградской области по данным очагов активного горения // Природные системы и ресурсы. 2018. №3. С. 59-66. DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2018.3.7
20. Begimova M. Climate indicators for forest landing and evaluation of forest shelterbelts. E3S Web Conf. 2021. V. 227. Art. No. 02004. DOI: 10.1051/e3sconf/202122702004
21. Loupian E., Burtsev M., Proshin A., Kashnitskii A., Balashov I., Bartalev S., Konstantinova A., Kobets D., Radchenko M., Tolpin V., Uvarov I. 2022. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System. Remote Sensing. Vol. 14(1): 77. DOI: 10.3390/rs14010077.
22. Rulev A.S., Pugacheva A.M. Formation of a New Agroforestry Paradigm. Herald of the Russian Academy of Sciences. 2019. V. 89. No. 5. P. 495-501. DOI: 10.1134/S1019331619050071
23. Tkachenko N.A., Rulev A.S. Prospects of the Agroecological Development of the Volgograd Trans-Volga Region. Studies on Russian Economic Development. 2020. Vol. 31. No. 4. P. 444-448. DOI: 10.1134/S1075700720040140
24. Yang X., Li F., Fan W., Liu G., Yu Y. Evaluating the efficiency of wind protection by windbreaks based on remote sensing and geographic information systems. Agroforestry Systems. 2021. V. 95. P. 353-365. DOI: 10.1007/s10457-021-00594-x

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.002.15-22

## Mapping of Protective Forest Cover of Arable Lands in the North of the Volgograd Trans-Volga Region According to Earth Remote Sensing Data

Asel' N. Berdengalieva ✉, e-mail: berdengalieva-an@vfanc.ru, 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.** Significant areas of agricultural land are subject to the negative effects of deflation and water erosion. Protective forest stands, including protective forest belts, are designed to reduce the intensity of these processes, improve the microclimate and increase the yield of cultivated crops. At the same time, protective forest belts are often in poor condition and require maintenance or reconstruction. This is especially true for the territory of the Trans-Volga region, where forest growing conditions are the most difficult. The purpose of the study was to determine the actual areas of protective forest plantations in the north of the Volgograd Trans-Volga region. Such work was carried out on the basis of expert decryption of satellite images, access to which is limited. Therefore, it is relevant to use methods based on open Sentinel-2 satellite data. The novelty of the research lies in the application of the biseasonal forest index BSFI for protective forest stands mapping in the conditions of the Volgograd Trans-Volga region. The geoinformation technologies are although used for the first time to assess the compliance of the linear dimensions of individual agricultural fields with the recommended values. As a result of the work carried out, a digital map of agricultural fields was developed for the Staropoltavsky district of the Volgograd region, their actual linear dimensions were calculated, existing protective forest belts were mapped, the protective

forest cover of arable land was determined in the context of municipalities, soil subtypes and complexes. It was found that the highest forest cover of arable land is on dark chestnut soils (4.1%), whereas the forest cover does not exceed 1-1.5% on saline and solonchaks soils. Most of the fields have a length of more than 2 km, which is several times higher than the recommended value (400 m). The scheme of additional protective forest belts placement is proposed, which will increase the forest cover of arable land from the current 2.6 thousand hectares to 4.0 thousand hectares. The methods used in the work can be widely used to assess the protective forest cover of arable lands in the zone of insufficient moisture.

**Keywords:** agrolandscapes, protective forest plantations, arable lands, deflation, geoinformation technologies, remote sensing

**Funding.** The work was carried out within the framework of the state task for the FSC of Agroecology RAS No. 122020100406-6 "Theoretical foundations and mathematical and cartographic models of the agroforestry systems functioning in soils protecting from deflation".

**Citation.** Berdengalieva A.N. Mapping of Protective Forest Cover of Arable Lands in the North of the Volgograd Trans-Volga Region According to Earth Remote Sensing Data. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;3(122):15-22. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.002.15-22

## 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. Antonov S.A. Protective forest stands spatial position analysis based on geoinformation technologies and remote sensing data of the Earth. *Intercarto. Intergis*. 2020;26(2): 408-420. (In Russ.) DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-408-420
3. Balynova V.V. The Kotelnikovskiy district of the Volgograd region protective forest plantations preservation parameters geoinformation analysis. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2022;4(119):66-71. (In Russ.) DOI 10.34736/FNC.2022.119.4.010.66-71
4. Vorobyev A.V. Land reform in the Volgograd region: monograph. Volgograd: FSBEI HE Volgograd SAU, "Niva" Publ. houses. 2014. 164 p. (In Russ.)
5. Denisova E.V. Evaluation of the land resources efficiency use on the geoinformation support basis. *Astrakhanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya = Astrakhan Bulletin of Ecological Education*. 2022;2(68):12-18. (In Russ.) DOI: 10.36698/2304-5957-2022-2-12-18.
6. Kulik K.N., Barabanov A.T., Manaenkov A.S., Kulik A.K. Justification of the protective afforestation development forecast in the Volgograd region. *Problemy prognozirovaniya = Studies on Russian Economic Development*. 2017;6(165): 93-100. (In Russ.)
7. Manaenkov A.S., Korneeva E.A. Biogeographic aspects of assessing the effectiveness of arable land protection by forest strips. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 5, Geografya*. 2021;3:48-54. (In Russ.)
8. Melikhova A.V. Spatial Analysis of Protective Forest Plantations in the Northern Part of the Ergeninskaya Upland. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2022;3(118):43-48. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.006.43-48.
9. National report «Global Climate and soil cover of Russia: drought manifestation, prevention and control measures, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry)» / edited by R.S.-H. Edelgeriev. 2021; 3. M. IBA Publishing House LLC. 700 p. (In Russ.)
10. Lupyan E.A., Proshin A.A., Burtsev M.A. [et al.] Center for collective use of systems for archiving, processing and analysis of satellite data (CCU «IKI-Monitoring») operation and development experience. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2019; 16(3):151-170. (In Russ.) DOI 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170
11. Perekrestov N.V. Soil and climatic agrolandscapes of the Staropoltavsky district of the Volgograd region. *Vestnik Prikaspiya*. 2016;1(12):26-31. (In Russ.)
12. Soil map of the Volgograd Region. Kyiv: PCA «Kartografiya» of the MDG and C of the USSR Publ. house, 1989. Scale 1:400 000. (In Russ.)
13. Rulev A.S., Kosheleva O.Yu., Shinkarenko S.S. Agricultural landscapes forest cover assessment in the south of the Volga upland according to NDVI data. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2016;4(44):32-39. (In Russ.)
14. Sazhin A.N., Kulik K.N., Vasilyev Yu.I. Weather and climate of the Volgograd region. 2nd ed., reprint. and additional. Volgograd. FSC of Agroecology RAS Publ. house; 2017. 334 p. (In Russ.)
15. Kulik K.N. [et al.]. Strategy for the development of protective afforestation in the Volgograd region for the period up to 2025. Volgograd. FSC of Agroecology RAS Publ. house; 2017. 39 p. (In Russ.)
16. Tkachenko N.A., Koshelev A.V. Mapping of the Volgograd Trans-Volga region agro-landscapes protective forest cover. *Vestnik APK Stavropol'ya = Agrarian Bulletin of the North Caucasus*. 2017;2(26):137-143. (In Russ.)
17. Fedorchuk S.A., Matveev Sh. Forest plantations in the western municipal districts of the Saratov Region digital mapping experience. *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2022;3-2(66):76-80. (In Russ.)
18. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Vasilchenko A.A. Protective forest stands mapping method based on multi-time satellite images of high spatial resolution and bi-seasonal forest index. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2022; 19(4):207-222. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-4-207-222
19. Shinkarenko S.S., Kosheleva O.Yu., Berdengalieva A.N., Oleinikova K.A. Monitoring of landscape fires in the Volgograd Region according to the data of active burning foci. *Prirodnye sistemy i resursy = Natural Systems and Resources*. 2018;3:59-66. (In Russ.) DOI 10.15688/nsr.jvolsu.2018.3.7.
20. Begimova M. Climate indicators for forest landing and evaluation of forest shelterbelts. *E3S Web Conf*. 2021; 227:02004. DOI: 10.1051/e3sconf/202122702004
21. Loupian E., Burtsev M., Proshin A., Kashnitskii A., Balashov I., Bartalev S., Konstantinova A., Kobets D., Radchenko M., Tolpin V., Uvarov I. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System. *Remote Sensing*. 2022;14(1):77. DOI: 10.3390/rs14010077
22. Rulev A.S., Pugacheva A.M. Formation of a New Agroforestry Paradigm. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2019;89(5):495-501. DOI: 10.1134/S1019331619050071
23. Tkachenko N.A., Rulev A.S. Prospects of the Agroecological Development of the Volgograd Trans-Volga Region. *Studies on Russian Economic Development*. 2020; 31(4):444-448. DOI: 10.1134/S1075700720040140
24. Yang X., Li F., Fan W., Liu G., Yu Y. Evaluating the efficiency of wind protection by windbreaks based on remote sensing and geographic information systems. *Agroforestry Systems*. 2021;95:353-365. DOI: 10.1007/s10457-021-00594-x

**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 631.95

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.003.23-28

## Воздействие пыльных бурь на пахотные земли на северо-востоке Ставропольского края в 2022 г.

Валерия Витальевна Дорошенко✉, м.н.с., doroshenko-vv@vfanc.ru, ORCID: 0000-0003-3253-1132  
«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.** Существует проблема оперативного выявления очагов дефляции пахотных земель после пыльных и песчаных бурь. В статье представлена методика определения очагов дефляции с учетом климатических данных. Представлены результаты камерального дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли, а также полевых исследований воздействия пыльных бурь в августе и сентябре 2022 г. на пашню в пределах северо-восточных районов Ставропольского края (Арзгирского, Левокумского, Нефтекумского). В рамках исследования проведено визуальное дешифрирование космических снимков «Landsat-8,9» (пространственное разрешение 30 м) с применением комбинации каналов, включающей ИК-диапазон, для определения последствий пыльных бурь на пахотных землях. В том числе измерены пылевые шлейфы, состоящие из развеваемых ветром верхних слоев почвы. При полевых исследованиях в сентябре 2022 г. проводились замеры толщины наносов песка для определения влияния полезащитных лесных насаждений на эоловый перенос минерального материала, проведена фото-фиксация. Получены данные о продолжительности и интенсивности пыльных бурь (всего 19 дней, наиболее продолжительная буря 20-28 августа). Составлена схема пространственного расположения зон активной дефляции и повреждений пашни с учетом почвенных контуров. Выявлено, что наиболее активно дефляция проявлялась в Левокумском районе, что соответствует данным о развитии процессов опустынивания на прилегающих территориях края и в соседних регионах; наименее пострадавшим является Арзгирский район. Оперативное картографирование последствий пыльных бурь позволит планировать мелиоративные мероприятия и в кратчайшие сроки выявлять наиболее пострадавшие участки. Использование материалов ДЗЗ для мониторинга последствий пыльных бурь позволяет увеличить повторяемость исследований без значительного увеличения трудозатрат.

**Ключевые слова:** Ставропольский край, пахотные земли, опустынивание, дефляция, пыльные бури, дистанционное зондирование, ГИС-технологии.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР № 122020100406-6 «Теоретические основы и математико-картографические модели функционирования агролесомелиоративных систем в защите почв от дефляции».

**Цитирование.** Дорошенко В.В. Воздействие пыльных бурь на пахотные земли на северо-востоке Ставропольского края в 2022 г. // Научно-агрономический журнал. 2023. 3(122). С. 23-28. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.003.23-28

Поступила в редакцию: 22.06.2023

Принята к печати: 11.09.2023

**Введение.** Восточная часть Ставропольского края в последние годы подвергается воздействию значительно участвовавших пыльных и песчаных бурь [10]. Они приводят к образованию очагов дефляции и массивов открытых песков на открытых участках и пастбищных землях [2; 9]. При этом ветровое воздействие на распаханые территории приводит к дефляции – выдуванию верхнего плодородного слоя почвы и формированию пыльных бурь. Почвы на востоке Ставропольского края имеют легкий гранулометрический состав, что способствует их развеванию [3; 7]. В условиях изменения частоты пыльных бурь актуальным является не только исследование незащищенных территорий, например, пастбищ, лишенных защитных насаждений, но и пашни, которая подвергается значительному эоловому воздействию даже при наличии полезащитных лесных полос [8].

По данным метеостанций, август и сентябрь 2022 г. прогнозировались и отмечались как месяцы с наибольшей продолжительностью и значительной интенсивностью пыльных бурь, приводящих как к развитию процессов опустынивания, так и к дефляции на распаханых территориях.

Цель исследования заключалась в выявлении воздействия пыльных бурь в августе и сентябре 2022 г. на пахотные земли на северо-востоке Ставропольского края с использованием данных дистанционного зондирования Земли.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось на территории трех административных районов Ставропольского края – Арзгирского, Левокумского и Нефтекумского. Данные районы располагаются на северо-востоке региона и подвергались наибольшему воздействию пыльных бурь в 2022 г. [2; 10]. Согласно агроклиматическому



районированию, территория районов относится к очень засушливому агроклиматическому району [1]. Значительная часть территории исследования (более 60%) занята пахотными землями, в основном тяготеющими к западной границе, остальная часть территории относится к пастбищам, за исключением территории соленых озер на севере зоны исследования и участков, на которых располагаются нефтедобывающие устройства [8]. Исследуемая территория располагается в пределах Прикаспийской низменности и характеризуется относительно плоским рельефом [4; 11]. Пашня на данной территории оснащена сетью полезащитных лесных насаждений [5].

Области активной дефляции и последствия пыльных бурь дешифрировались визуально с использованием мультиспектральных спутниковых снимков «Landsat-8,9» (пространственное разрешение 30 м) в искусственных цветах (зеленый, ближний ИК, коротковолновый ИК). Такая комбинация каналов позволяет более заметно выделить зоны, в которых минеральный материал поднимается ветром с поверхности земли. Использовались спутниковые снимки с номерами тайлов 170029 (таблица 1). Определение границ пашни по состоянию на 2022 г. проводилось с использованием мультиспектральных спутниковых снимков «Sentinel-2» (пространственное разрешение 10 м) в комбинации каналов «естественные цвета» (красный, зеленый, синий) и материалов сервиса «Google Earth».

Данные о типах почв и их пространственном расположении получены с помощью Национального атласа почв Российской Федерации [6]. Карта типов почв на северо-востоке Ставропольского края была векторизована для упрощения подсчетов и присвоения атрибутов путем оверлейных операций.

Определение участков, засыпанных песком или перенесенным минеральным материалом в результате пыльных бурь, проводилось путем сравнения цветовых характеристик и структуры пашни до и после бури.

Обработка растровых материалов космической съемки и векторных данных проводилась в геоинформационном ПО «QGIS 3.26», статистическая обработка данных проводилась в «MS Excel».

Данные о датах (таблица 1) и характеристиках пыльных бурь были получены с сайта «Погода и климат» (<http://www.pogodaiklimat.ru/>) для метеостанции в г. Арзгир, а также ближайших метеостанций в г. Буденновск и г. Зеленокумск.

**Результаты и обсуждение.** Использование данных ДЗЗ сокращает временные затраты на определение площади пашни и позволяет оперативно выявлять очаги дефляции, наблюдать состояние территории до и после бури, а при совпадении дат съемки и пыльной бури – оценивать интенсивность и дальность эолового переноса частиц. Поля, подвергшиеся дефляции или засыпанию песком, или перенесенным минеральным материалом, резко изменяют цвет на более светлый, приобретают более гладкую структуру, а также приобретают менее четкие границы.

Таблица 1. Даты спутниковой съемки и пыльных бурь

Даты пыльных бурь	Даты спутниковой съемки
-	02.08
10.08-15.08	18.08
18.08	
20.08-28.08	25.08 26.08
04.09	02.09
	03.09
	10.09
12.09	11.09
19.09	18.09
	26.09
-	13.10

В сентябре 2022 г. было проведено полевое исследование последствий пыльной бури 20-28 августа, в том числе, обследованы подвергшиеся эоловому воздействию поля (рисунок 1), проведены замеры длины осевшего шлейфа и толщины наносного слоя.



Рисунок 1. Полезащитная полоса (гледичия трехколючковая (*Gleditsia triacanthos*)), подвергшаяся воздействию пыльной бури (06.09.2022 г., Нефтекумский район, 44.98115° с.ш., 44.59457° в.д.)

Большое влияние оказывают полевые насаждения как препятствие для распространения ветров, что приводит к осаждению перед ними и в них минеральных частиц. Но это в том случае, если полевые полосы посажены в соответствии с рекомендованными нормами [5]. При пыльных бурях на незащищенной пашне происходит сдувание верхнего слоя почвы и перенос его на значительное расстояние.

На исследуемой территории (Нефтекумский район, 44.98115° с.ш., 44.59457° в.д.) полевые полосы не соответствуют нормам: полоса состоит из одного ряда (*Gleditsia triacanthos*) с расстояниями между деревьями от 3 до 20 метров и большим количеством выпавших деревьев.

В результате дешифрирования границ пахотных земель выделено 3900 полей, общей площадью 555,2 тыс. га. Пашня занимает наибольшую долю площади в Арзгирском районе, в то время как восточная часть Левокумского и северо-восточная часть Нефтекумского районов практически не распаханы.

Всего в результате дешифрирования выявлено 76 участков пашни с видимыми повреждениями: выдуванием частиц почвы на соседние поля и формированием наносов. Также по космическим снимкам от 25.08.2022 г. выявлено 10 зон дефляции с протяженными шлейфами поднятых в воздух минеральных частиц (рисунок 2). Дефляция на территориях, не занятых пашней, в данном исследовании не учитывалась (рисунок 3). При составлении схемы последствий пыльных бурь также учитывались почвенные контуры.

Наиболее активно дефляция проявлялась на полях Левокумского района, граничащих с нераспаханной частью территории края. Данная область подвергалась наиболее сильному воздействию пыльных бурь в 2022 г., которые привели к образованию крупных массивов песков, подверженных развеванию [9]. Пострадавшие поля располагаются преимущественно на светло-каштановых почвах.

Согласно данным сайта «Погода и климат», всего за август и сентябрь 2022 г. было зарегистрировано 6 пыльных бурь общей продолжительностью 19 дней, что составляет 65% от общей продолжительности пыльных бурь в течение года. При этом наиболее продолжительной и интенсивной была пыльная буря 20-28 августа, зарегистрированная на всех трех метеостанциях; в это время наблюдался восточный ветер 7-20 м/с, видимость по отметкам метеостанций составляла от «менее 2 км» до «менее 4 км» (рисунок 4). Длина видимых пылевых шлейфов, зарегистрированных космическим снимком от 25.08.2022 г., варьировалась от 3,8 до 109 км.

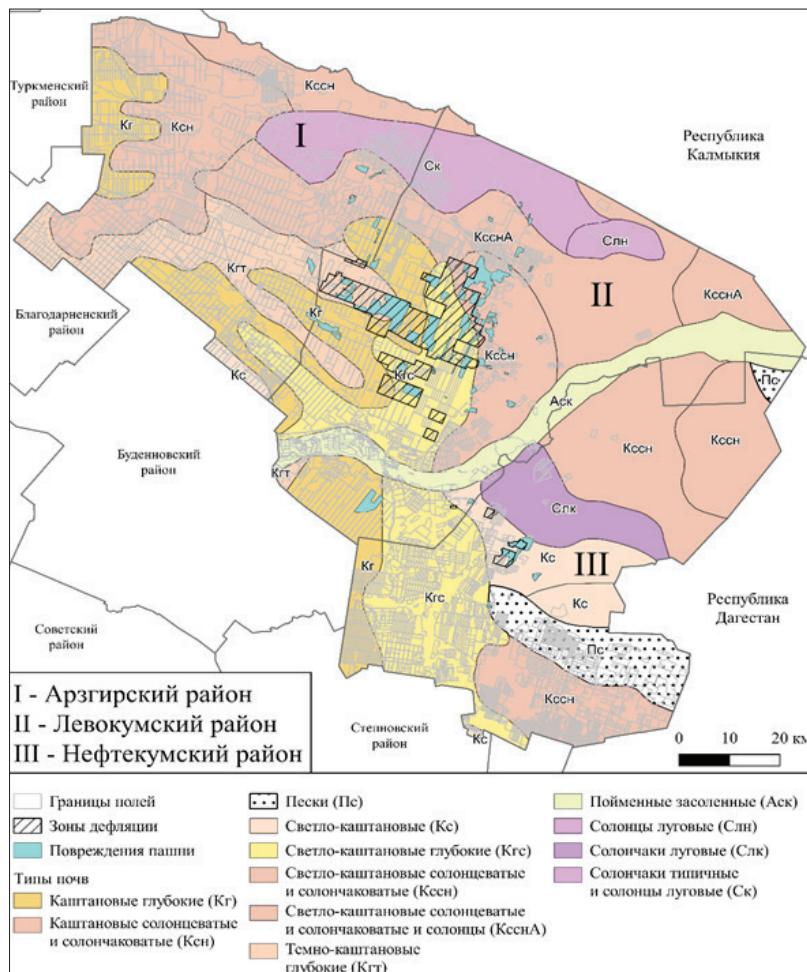


Рисунок 2. Схема расположения зон дефляции и поврежденных полей относительно почвенных контуров



Рисунок 3. Дефляция на территориях, не занятых пашней

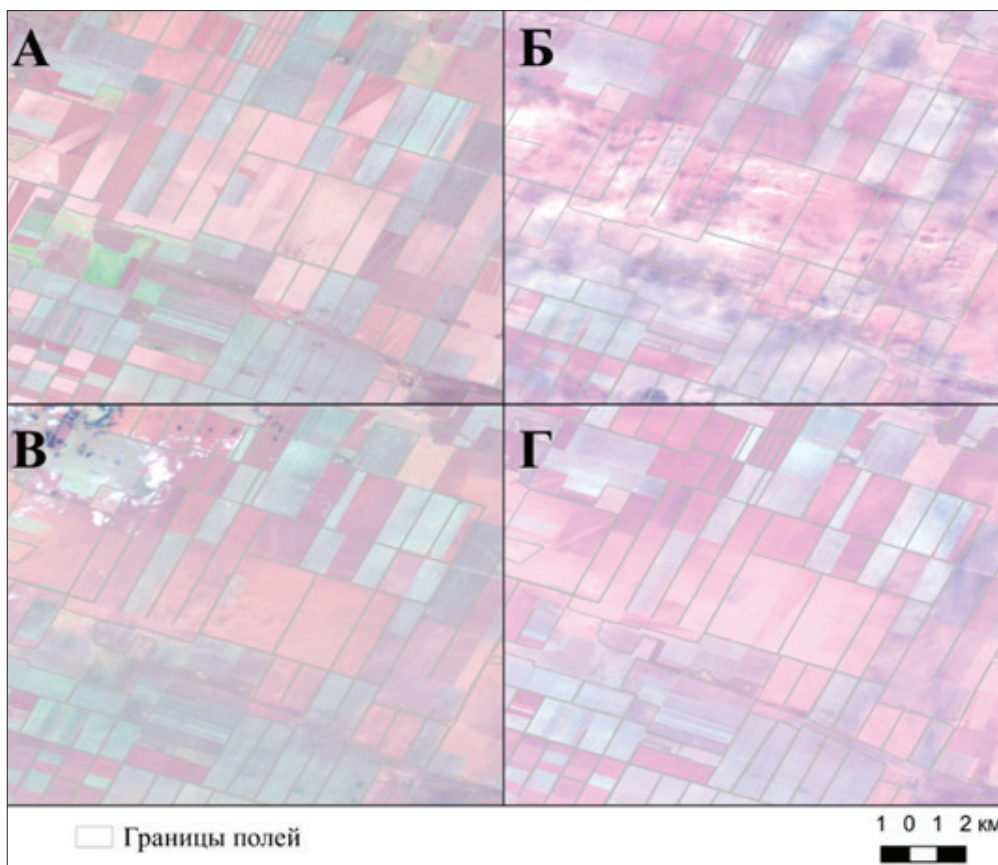


Рисунок 3. Состояние полей: А – до пыльной бури (02.08.2022 г.),  
 Б и В – во время пыльной бури (25.08.2022 г. и 03.09.2022 г.),  
 Г – после пыльной бури (18.09.2022 г.)  
 (Нефтекумский район, 44.6746° с.ш., 45.0618° в.д.)

Наиболее длинный пылевой шлейф протянулся от полей на каштановых глубоких и светло-каштановых глубоких почвах в центре Левокумского района на запад через Арзгирский, Благодарненский, Туркменский районы Ставропольского края [6, 7]. Зоны дефляции имеют протяженную форму и ориентированы на восток, в соответствии с направлением ветра во время пыльной бури. Также зарегистрированы шлейфы выносимого материала с восточной части района, где располагаются массивы открытых песков [2], но в подсчетах площадей зон активной дефляции данные территории не учитывались. При этом занятые песками участки могут служить источниками минерально-

го материала, в связи с чем большое значение имеет расстояние от поврежденных дефляцией полей до песчаных массивов. Если в Левокумском и Нефтекумском районах расстояние до песчаных массивов составляет от 8 до 45 км, в зависимости от пространственного положения поля, то в Арзгирском районе расстояние от поврежденных полей до песчаных массивов 41 км и более.

Необходимо отметить, что 03.09.2022 г. по данным сайта «Погода и климат» пыльная буря не наблюдалась, но на космическом снимке видна активная дефляция.

Согласно проведенным полевым исследованиям на территории Левокумского и Нефтекумско-

го районов, полезащитные лесные полосы даже при наличии повреждений и выпадов оказывают значительное влияние на перенос и накопление минерального материала во время пыльных бурь. Переносимые частицы почвы и песка аккумулируются в лесных полосах. Так, при восточном ветре толщина наносов восточнее лесополос составляла от 10 до 22 см, непосредственно в лесополосе – от 30 до 45 см, западнее лесополосы – 20-35 см. Длина «языков» выноса частиц почвы с полей при наличии полезащитных насаждений составляла от 4 до 10 м с быстрым убыванием толщины наносов, тогда как без полезащитных насаждений или при широких промежутках между деревьями минеральные частицы выносились на расстояние до 50 м. В Арзгирском районе обследованная лесная полоса (44.25005° с.ш., 45.35419° в.д.) выгорела в мае 2022 г., но после пыльной бури наблюдалась схожая картина – толщина наносов восточнее лесополосы составляла 2-3 см, в лесополосе до 10 см. Замеры толщины наносов западнее лесополосы осложнялись тем, что при расчистке занесенной песком дороги на этом месте скопился слой песка толщиной до 47 см, в связи с чем оценить толщину слоя песка эолового происхождения не представлялось возможным.

**Выводы.** Использование дистанционных методов оценки последствий пыльных бурь сокращает трудозатраты, связанные с поиском активных зон дефляции и нарушений почвенного покрова, а также временные затраты на анализ состояния выявленных участков. В результате дешифрирования определены зоны активной дефляции и повреждения пашни – заносы минеральным материалом, переносимым ветром, и выдувание верхнего слоя почвы.

Данные полевых обследований и материалы дистанционного зондирования показывают, что наиболее сильной дефляции подвергалась пашня на территории Северокумского района, менее выражены данные процессы были на территории Нефтекумского района. В Арзгирском районе практически не отмечались зоны активной дефляции, а накопление переносимых ветром минеральных частиц было более слабым, чем в других районах территории исследования. Такое распределение может быть связано с пространственным положением, более удаленным от основного источника минерального материала – песчаных массивов, сформировавшихся в результате воздействия климатических и антропогенных факторов на паст-

бищах Северокумского и Нефтекумского районов, а также Ногайского района Республики Дагестан, которые располагаются восточнее исследуемой территории.

Выявление постоянных зон активной дефляции с помощью ретроспективного анализа позволит планировать создание и модернизацию сети полезащитных лесных полос.

#### Литература:

1. Антонов С.А., Каторгин И.Ю. Картографирование характеристик изменения климата в Ставропольском крае // ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС. 2021. Т. 27. №3. С. 171-182. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-3-27-171-182
2. 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
3. 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. EDN: MZIEHX
4. 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. EDN: TJYXNB
5. Лошаков А.В., Хасай Н.Ю. Мониторинг качественного состояния защитных лесных насаждений Ставропольского края // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 5. С. 13. DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10219
6. Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель: АСТ. 2011. 632 с.
7. Цховребов В.С., Фаизова В.И. Почвы и климат Ставрополья // Вестник АПК Ставрополья. 2015. № S2. С. 21-34. EDN: TSLIIP
8. Шаповалов Д.А., Ключин П.В., Савинова С.В. Экологические проблемы сельскохозяйственного землепользования в Ставропольском крае // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2(83). С. 57-62. EDN: HQLAFJ
9. Шинкаренко С.С., Барталев 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
10. Шинкаренко С.С., Барталев С.А. Последствия пыльных бурь на юге европейской части России в сентябре-октябре 2020 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. №7. С. 270-275. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-7-270-275
11. Юферев В.Г., Мелихова А.В., Балынова В.В. Геоинформационный анализ рельефа Кумо-Манычской впадины // Природные системы и ресурсы. 2022. Т. 12. № 2. С. 67-76. DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.9

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.003.23-28

## The Impact of Dust Storms on Arable Land in the North-East of the Stavropol Region in 2022

Valeria V. Doroshenko<sup>✉</sup>, Junior Researcher, doroshenko-vv@vfanc.ru, ORCID: 0000-0003-3253-1132, “Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences” (FSC of Agroecology of the RAS), e-mail: info.vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt, 97, Volgograd, Russia

**Abstract.** There is an urgent need to promptly identify the arable land deflation foci after dust and sand storms. The article presents a method for determining the deflation foci taking into account climatic data. The Earth remote sensing materials desk interpretation results, as well as the impact of dust storms in August and September 2022 on arable land within the north-eastern districts of the Stavropol Territory (Arzgirsky, Levokumsky, Neftekumsky) field studies results are presented. The visual decoding of «Landsat-8,9» satellite images (spatial resolution of 30 m) was carried out to determine the effects of dust storms on arable land using a combination of channels, including the IR range, as part of the study. In particular, dust trails consisting of upper layers of soil blown by the wind were measured. During field studies in September 2022, measurements of the sand deposits thickness were carried out to determine the effect of protective forest plantations on the aeolian transfer of mineral material. Photo documentation was carried out. Data on the duration and intensity of dust storms were obtained (19 days in total, the longest dust storm was on August 20-28). A map of the zones of active deflation spatial arrangement and damage to arable land, taking into account soil contours, has been compiled. It was revealed that deflation was most active in the Levokumsky district, which corresponds to the desertification processes development data in the adjacent territories of the region and in neighboring regions. Arzgirsky district was the least affected. Promptly mapping of the dust storms consequences will allow planning land reclamation measures and identifying the most affected areas in shortest time. The use of remote sensing materials for monitoring the dust storms effects makes it possible to increase the repeatability of studies without significantly increasing of labor costs.

**Keywords:** Stavropol Region, arable lands, desertification, deflation, dust storms, 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 No 122020100406-6 "Theoretical foundations and mathematical-cartographic models of agroforestry systems functioning in soil protection from deflation".

**Citation.** Doroshenko V.V. The Impact of Dust Storms on Arable Land in the North-East of the Stavropol Region in 2022. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;3(122): 23-28. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.003.23-28

Received: 22.06.2023

Accepted: 11.09.2023

## References:

1. Antonov S.A., Katorgin I.Yu. Mapping the characteristics of climate change in the Stavropol Region. *Intercarto. Intergis*. 2021; 27(3): 171-182. (In Russ.) DOI: 10.35595/2414-9179-2021-3-27-171-182
2. Doroshenko V.V. Geoinformation analysis of the desertification processes development in the Stavropol Region. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2022; 3(118): 31-36. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.004.31-36
3. 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 = Izvestiya Vuzov. Severo-Kavkazskii Region. Natural Science*. 2010; 5(159): 83-85. (In Russ.) EDN: MZIEHX
4. Kulik K.N., Petrov V.I., Yuferev V.G. et al. Geoinformation analysis of desertification in the North-Western Near-Caspian Region. *Aridnye ekosistemy = Arid Ecosystems*. 2020; Vol 26, 2(83): 16-24. (In Russ.) EDN: TJYXNB
5. Loshakov A.V., Khasaj N.Yu. Monitoring of the qualitative state of protective forest plantations in the Stavropol Region. *International Agricultural Journal*. 2020; 63(5): 13. (In Russ.) DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10219
6. National Atlas of Soils of the Russian Federation. M. "Astrel": AST" Publ. house. 2011: 632.
7. Tskhovrebov VS, Faizova VI. Soils and climate of Stavropol Region. *Vestnik APK Stavropol'ya = Agricultural Bulletin of Stavropol Region*. 2015; (S2): 21-34. (In Russ.) EDN: TSLIIP
8. Shapovalov D.A., Klyushin P.V., Savinova S.V. Ecological problems of agricultural land use in the Stavropol Region. *Aridnye ekosistemy = Arid Ecosystems*. 2020. Vol. 26, 2(83): 57-62. (In Russ.) EDN: HQLAFJ
9. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Berdengalieva A.N., Doroshenko V.V. Satellite monitoring of desertification processes in the South of 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
10. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A. Consequences of dust storms in the south of the European part of Russia in September-October 2020. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2020; 17(7): 270-275. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-7-270-275
11. 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. DOI: 10.15688/nr.jvolsu.2022.2.9 (In Russ.) EDN: TDGQVF

**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 582.971.1(470.44/.47)

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.004.29-33

## Интродукция видов рода жимолость (*Lonicera* L.) на юге России

Елена Владимировна Калмыкова<sup>✉</sup>, д.с.-х.н., г.н.с., зав. лаб., e-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8530-9995

Петр Анатольевич Кузьмин, к.с.-х.н., в.н.с., ORCID: 0000-0001-5127-8844

Павел Андреевич Крылов, к.б.н., в.н.с., ORCID: 0000-0001-9587-5886

Кристина Андреевна Мельник, м.н.с., ORCID: 0000-0002-7103-6436

«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.** Поиск новых растений с полезными свойствами и адаптация их в культуру остается одной из самых сложных задач для агролесомелиорации и озеленения урбанизированных территорий. Одними из важных факторов интродукции древесных растений являются экстремально стрессовые условия. Следует отметить, что родовой комплекс *Lonicera* характеризуется высокой зимостойкостью, обильным цветением и плодоношением, может успешно культивироваться на южных территориях РФ. Цель исследования – оценить перспективность интродукции некоторых древесных пород рода *Lonicera* на юге России. Объектами исследований являлись различные виды родового комплекса *Lonicera*: *L. korolkowii* Stapf., *L. tatarica* L., *Lonicera rupicola* var. *syringantha* Maxim, произрастающие в кластерных дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН. Оценивая биоэкологические стресс-факторы древесных растений на юге России, пришли к выводу, что род *Lonicera* является наиболее приспособленным древесным растением для повышения биоразнообразия и обогащения дендрофлоры. Установлено, что каждый из видов *L. tatarica* L и *L. korolkowii* Stapf имеют акклиматизационное число 40, это наивысший показатель по сравнению с другими исследуемыми объектами, что говорит об успешности их интродукции на юге России.

**Ключевые слова:** *Lonicera tatarica* L., *Lonicera korolkowii* Stapf., *Lonicera rupicola* var. *syringantha* Maxim., *Lonicera morrii* Gray., оценка перспективности, адаптация, интродукция.

**Финансирование.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00273, «Создание биоресурсной коллекции видов растений для борьбы с деградацией аридных регионов России» <https://rscf.ru/project/23-26-00273/>

**Цитирование.** Калмыкова Е.В., Кузьмин П.А., Крылов П.А., Мельник К.А. Интродукция видов рода жимолость (*Lonicera* L.) на юге России // Научно-агрономический журнал. 2023. 3(122). С. 29-33. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.004.29-33

Поступила в редакцию: 30.07.2023

Принята к печати: 20.09.2023

**Введение.** В настоящее время степень антропогенного воздействия значительно повышается на юге России – площадь лесных территорий уменьшилась, усилилась деградация растительности, все более сложной становится экологическая ситуация: изменение климата, исчезновение видов и уникальных форм растений [6; 12]. Опыт интродукции многих ученых в области растениеводства показывает, что разнообразие видового состава местных и интродуцированных деревьев и кустарников обогащает флору на юге России [2;3]. Инвазивные виды вносят значительный вклад в экосистему по сравнению с местными видами за счет быстрого связывания углерода и накопления биомассы. Эти растения также обеспечивают эффективную фиксацию азота для лесовосстановления деградированных земель [13; 15]. Условия окружающей среды, а именно изменение климата значительно влияют на обогащение и сохранение древесных растений. За 10 лет произошло неизбежное катастрофическое обеднение биоразнообразия на южных территориях страны [4; 9]. Для

озеленения малолесных регионов и урбанизированных территорий необходимо учитывать устойчивость к неблагоприятным факторам (к холоду в зимнее время), класс роста, генеративное развитие и репродуктивные характеристики [1; 5]. Засушливость губительно влияет на растения, так как рост и развитие зависят от количества осадков и доступности воды с весны до начала лета [7].

Род *Lonicera* L. имеет множество различных видов (до 200), с разными природными ареалами распространения, в основном большинство таксонов жимолости встречается в умеренных и субтропических районах северного полушария. Обычно они произрастают в хвойных, широколиственных, кустарниковых и смешанных равнинных лесах Евразии и Северной Америки; некоторые виды встречаются в тропических лесах Юго-Восточной Азии [8].

Род *Lonicera* L. имеет потенциальное значение для борьбы с деградацией аридных регионов России, 140 видов изучают в дендрологических коллекциях ботанических учреждений за рубежом.

Около 30 видов получили массовое распространение на территории РФ [10].

Представители рода *Lonicera* L. – это крупные кустарники. Разнообразие видов *Lonicera* L. по размеру и форме куста, окраске цветков и плодов позволяет использовать их в различных композициях. Их выращивают отдельно в качестве бордюров и кустарников, реже смешанными группами, в виде опушек и подлеска. Жимолость является одним из перспективных представителей для создания живых изгородей. Для монокультур выбирают виды, отличающиеся высокой декоративностью во время обильного цветения и плодоношения. Это в первую очередь жимолости татарская и альпийская. Их можно высаживать также в сложных смешанных миксбордерах. Необходимо иметь в виду, что при организации агротехнических мероприятий: посадке и уходе за насаждениями жимолости, следует учитывать, что насаждения должны выдерживать острую конкуренцию за питательные компоненты почвы и влагообеспеченность [14].

Представители рода *Lonicera* L. могут произрастать в различных почвенных условиях. Жимо-

лость благоприятно переносит тень, но интенсивнее развивается в местах, где больше света. Видовое разнообразие рода *Lonicera* L. ценится высокой декоративностью. Соцветия имеют очень яркие цвета (розовые, фиолетовые и т.д.), которые гармонично смотрятся в парках и садах [11].

Цель работы – оценка перспективности интродукции некоторых древесных пород рода *Lonicera* на юге России.

**Материалы и методы исследования.** Объектами исследований за 2022–2023 годы являлись четыре вида родового комплекса *Lonicera* в возрасте 15 лет: *L. korolkowii* Stapf., *L. tatarica* L., *Lonicera rupicola* var. *syringantha*, произрастающие в кластерных дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (рисунок 1).

Интродукцию древесного комплекса рода *Lonicera* оценивали по методике Н.А. Кохно. Акклиматизационное число определялось по формуле с учетом коэффициента:

$A$  [Акклиматизационное число] =  $2H$  [класс высоты] +  $5F$  [генеративное развитие] +  $1Z$  [зимостойкость].

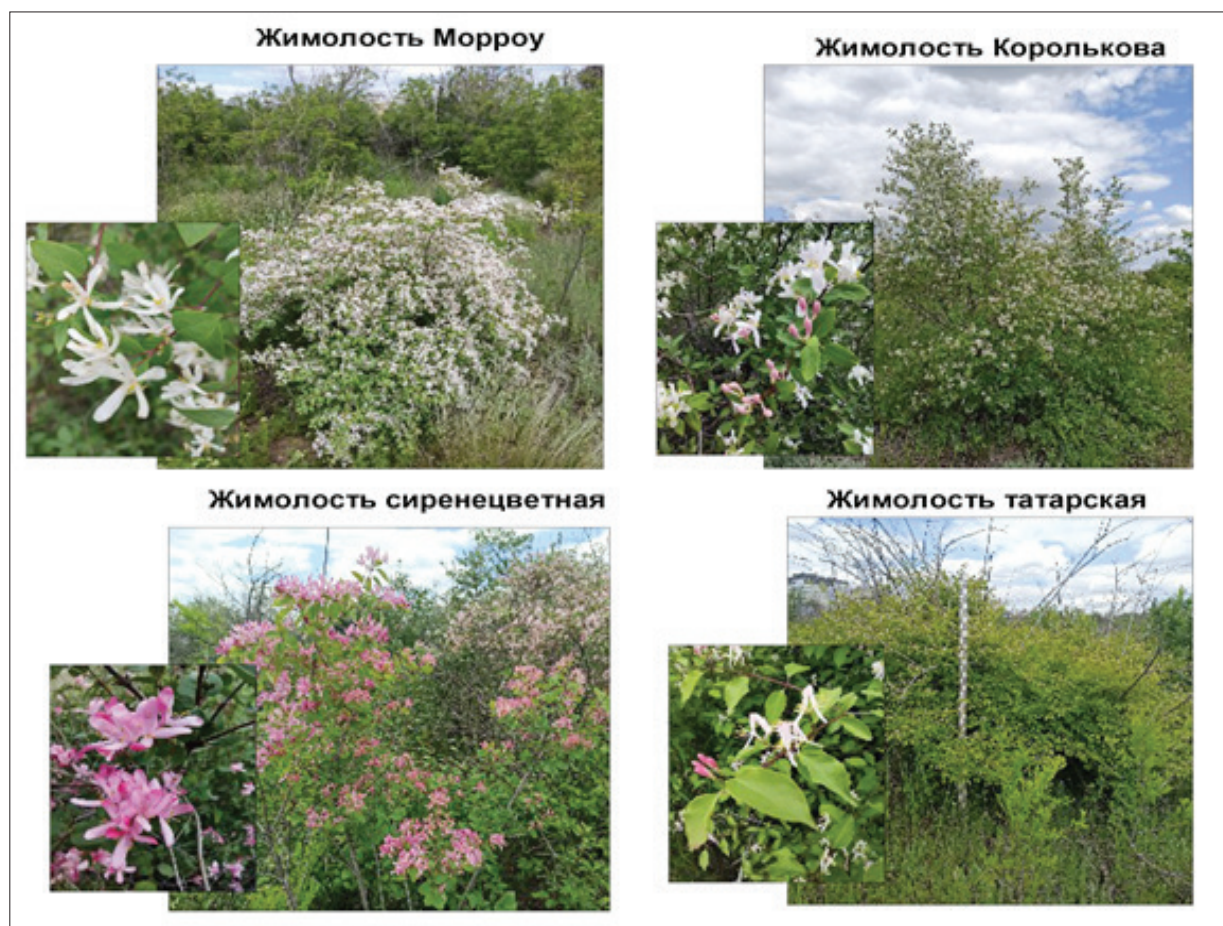


Рисунок 1. Виды родового комплекса *Lonicera* на объектах ФНЦ агроэкологии РАН

К генеративному развитию относится интенсивность цветения и плодоношения. Изучение генеративного развития, сезонного роста и зимостойкости проводилось по методикам ФНЦ агроэкологии РАН. Шкала оценки интродуцентов

представлена в таблице 1. Для оценки интродукции древесных растений принимали следующую шкалу: 5 баллов – адаптация полная; 4-3 балла – хорошая; 2 балла – удовлетворительная; 0-1 балл – адаптация очень слабая.

Таблица 1. Шкала оценки интродукции кустарниковых древесных растений

Баллы	Класс высоты	Генеративное развитие		Зимостойкость
		Цветение	Плодоношение	
I	до 0,5	Не цветет	Не плодоносят	Полностью повреждаются многолетние побеги
II	от 0,5 до 1,0	Очень слабое цветение	Плоды на деревьях в ничтожных количествах	Повреждаются многолетние побеги
III	от 1,0 до 2,0	Среднее цветение	Плоды примерно у половины в достаточном количестве	Полностью повреждаются однолетние побеги
IV	от 2,0 до 3,0	Хорошее цветение	Большинство деревьев обильно цветут или плодоносят	Частично повреждаются однолетние побеги
V	более 3,0	Цветет каждый год	Плодоносят каждый год	не повреждаются в холодный период времени

**Результаты исследований и их обсуждение.**

Для повышения биоресурсного потенциала лесомелиоративных комплексов практический и теоретический интерес на южной части России представляет род *Lonicera*, так как его виды являются ценными декоративными и лесомелиоративными растениями. *L. morriwii* Gray. имеет необычное ветвление побегов, различную форму кроны желателно применять в зеленом обустройстве населенных мест. Жимолость *Lonicera rupicola* var. *syringantha* рекомендуется для уличных насаждений, так как цветовая гамма ярко выраженная и имеет декоративный вид. Из видов *L. korolkowii* Stapf. и *L. tatarica* L. быстро создаются полезационные и овражно-балочные насаждения в виде живой изгороди (таблица 2).

Хороший рост на южных территориях РФ отмечен у *L. korolkowii* Stapf. Средний показатель высоты растения составляет 4 м (5 баллов). Экземпляры вида *L. tatarica* L. имеют высоту более 3 метров (5 баллов). Вид *L. syringantha* Maxim. не требователен к почве и может достигать до 3 метров высоты

(4 балла). *L. morriwii* Gray. – светолюбивое растение до 2 м (таблица 3).

Древесный комплекс *Lonicera* стабильно формирует плоды. За 2022–2023 годы меньше всего плодов было обнаружено у *L. syringantha* Maxim., так как цветение у данного вида менее обильное. Для адаптации видов следует учесть отрицательную температуру воздуха на юге России (-37°C). Такую температуру зимой может выдержать каждый из видов рода *Lonicera* (5 баллов), которые представляют интерес для лесомелиоративных комплексов на юге России (таблица 4). Совокупность экстремальных факторов: жесткие условия зимы, возвращающиеся весенние заморозки и летняя засуха образуют стрессовую ситуацию, которая замедляет рост и развитие древесных кустарников, особенно для вида *L. morriwii* Gray. на юге России. *L. tatarica* L. и *L. korolkowii* Stapf. показали наиболее высокий показатель акклиматизации, чем остальные исследуемые виды, это говорит об успешности интродукции (5 баллов) и высокой декоративности.

Таблица 2. Применение и распределение видов рода *Lonicera* по типам озеленительных посадок

Видовое название растения	Тип насаждений	Применение
Жимолость Королькова ( <i>L. korolkowii</i> Stapf.)	полезационные, овражно-балочные, озеленительные, пастбищные	одиночные посадки, группы, опушки, живая изгородь
Жимолость татарская ( <i>L. tatarica</i> L.)		
Жимолость сиренцеватная ( <i>Lonicera rupicola</i> var. <i>syringantha</i> )	озеленительные	
Жимолость Морроу ( <i>L. morriwii</i> Gray.)		

Таблица 3. Адаптационные возможности видов рода *Lonicera*

Видовое название растения	Адаптационные возможности				Декоративные достоинства			
	требования к свету	требования к почве	класс высоты	дымо- и газоустойчивость	крона свободнорастущего растения		окраска листьев	
					форма	густота	летом	осенью
Жимолость Королькова ( <i>L. korolkowii</i> Stapf.)	среднесветолюбивая	малая	I более 3 м	устойчива	яйцевидная, раскидистая	густая	темно-зеленая	желтая
Жимолость татарская ( <i>L. tatarica</i> L.)	среднесветолюбивая	малая	IV до 1 м	устойчива	яйцевидная, раскидистая	средняя	сизо-зеленая	желтая
Жимолость сиренцеватная ( <i>L. syringantha</i> Maxim.)	среднесветолюбивая	малая	II от 2 до 3 м	устойчива	округлая	средняя	темно-зеленая	желтая
Жимолость Морроу <i>L. morriwii</i> Gray.	светолюбивая	средняя	III от 1 до 2 м	устойчива	широкая, раскидистая	густая	темно-зеленая	желтая



Таблица 4. Оценка интродукции видов рода *Lonicera* (балл)

Вид	Зимостойкость (Z)	Генеративное развитие (F)	Класс высоты (H)	Акклиматизационное число (A)	Оценка интродукции
<i>L. korolkowii</i> Stapf.	5	5	5	40	5
<i>L. morrii</i> Gray.	5	5	3	36	4
<i>L. syringantha</i> Maxim.	5	4	4	38	4
<i>L. tatarica</i> L.	5	5	5	40	5

Родовой комплекс *Lonicera* показал высокую адаптационную способность в новых условиях произрастания. Исследуемые виды обладают высокой зимостойкостью, так как способны восстанавливаться при обмерзании однолетних и частично многолетних ветвей, имеют высокие показатели вегетативного и генеративного развития, могут быть рекомендованы для широкого применения в повышении долговечности и устойчивости защитных лесных насаждений разного целевого назначения.

**Заключение.** В результате проведенных исследований установлено, что виды рода *Lonicera* L. весьма адаптированы для технологий реабилитации деградированных ландшафтов на юге России. Они являются перспективными для выбора экологически важного ассортимента древесных растений. Каждый вид имеет уникальную биологическую особенность, которая представляет практический и теоретический интерес для формирования защитных лесных насаждений разного целевого назначения в степи и полупустыне.

#### Литература:

1. Александров Д.С., Сорокопудов В.Н., Трусов Н.А. Декоративные качества видов рода *Lonicera* L. в зимний период в средней полосе России // Современное садоводство. 2022. №1. С.27-36. DOI: 10.52415/23126701\_2022\_0103
2. Винокуров А.А. Интродукционный анализ древесно-кустарниковых растений дендрария Алтайского ботанического сада // Вестник Карагандинского университета. Серия Биология. Медицина. География. 2021. №4. С.14-21
3. Гордеева Г.Н. Успешность интродукции редких растений в дендрарии Хакасии // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. №3 (381). С. 24-36. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-24-36
4. Езиев, Л. Х. Методика оценки результатов интродукции древесных растений (на примере Южного Узбекистана) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2020. № 191. С. 218-222. DOI: 10.14258/pbssm.2020043
5. Anh Tuyet Duong, T. Forest site types of the Saint-Petersburg area. IOP Conference Series: Earth and Environmental

Science. St. Petersburg. Institute of Physics Publ. house. 2019; 316: 012067. DOI: 10.1088/1755-1315/316/1/012067

6. Araujo da Costa H.J., Gurgel E. S.C., do Amaral D.D., Vasconcelos L.V., Rebelo L.G. B., and Teodoro G.S. CSR ecological strategies, functional traits and trade-offs of woody species in Amazon sandplain forest. *Flora*. 2020; 273: 151710. DOI: 10.1016/j.flora.2020.151710

7. Camarero J.J., Rubio-Cuadrado A. Relating climate, drought and radial growth in broadleaf mediterranean tree and shrub species. *A new approach to quantify climate-growth relationships*. 2020; 11(12): 1-22.

8. Kazemzadeh Chakusary M., Mohammadi H., Khodaparast S.A. Diversity and pathogenicity of Botryosphaeriaceae species on forest trees in the north of Iran European. *Journal of Forest Research*. 2019; 138(4): 685-704.

9. Koropachinskii I.Y., Vstovskaya T.N. and Tomoshevich M.A. Immediate tasks of introduction of woody plants in Asian Russia. *Contemp. Probl. Ecol*. 2011; 4: 107-125. DOI: 10.1134/S1995425511020019

10. Mammadov Tofiq, Gulmammadova Shalala, Seyidli Aisel Sustainability of introduced *Lonicera* l. species to absheron conditions. *Bulletin of Science and Practice*. 2022; 3: 39-44.

11. Mammadov Tofik, and Seyidli Aisel. Features of the *lonicera* l. shoots growth under the absheron conditions. *Bulletin of Science and Practice*. 2021; 7(7): 100-105.

12. Shumi, G., Rodrigues, P., Hanspach, J., Härdtle, W., Hylander, K., Senbeta, F., Fischer, J., Schultner, J. Woody plant species diversity as a predictor of ecosystem services in a social-ecological system of southwestern. *Ethiopia Landscape Ecology*. 2021; 36(2): 373-391.

13. Singh M.S., Tripathi O.P., Yadav H.S. Assessment of non-woody alien and invasive plant species along the altitudinal gradients of Indo-Burma biodiversity hotspot in Manipur. India. *Vegetos*. 2023; 1-20. DOI:10.1007/s42535-023-00649-7

14. Tsarenko O., Bulakh O., Kolesnichenko O., Hrysiuk S. Carpological features of *Lonicera* L. (Caprifoliaceae Juss.) of the flora of Ukraine. *Plant Introduction*. 2020; 85(86): 109-123. DOI:10.46341/PI2020012

15. Vyshegurov S.K., Belanova A.P., Ponomarenko N.V., Palchikova E.V., Ivanova N.V., Eremena A.A., Sergeeva A.S. Ecological and biological aspects of assessing woody plants in the landscaping of Novosibirsk. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2021; 1: 17-26. DOI:10.31677/2072-6724-2021-58-1-17-26

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.004.29-33

## Introduction of Honeysuckle (*Lonicera* L.) Genus Species in the South of Russia

Elena V. Kalmykova ✉, e-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru, Dr. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0001-8530-9995

Petr A. Kuz'min, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0001-5127-8844

Pavel A. Krylov, Cand. Sci. (Biol.), ORCID: 0000-0001-9587-5886

Kristina A. Mel'nik, Junior Researcher., ORCID: 0000-0002-7103-6436

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

**Abstract.** The search for new plants with useful properties and their adaptation to culture remains one of the most difficult tasks for agroforestry and urbanized territories greening. One of the important factors in the introduction of woody plants are extremely stressful conditions. It should be noted that the *Lonicera* generic complex is characterized by high winter hardiness, abundant flowering and fruiting, and can be successfully cultivated in the southern territories of the Russian Federation. The aim of the study is to evaluate the prospects of the *Lonicera* genus some tree species introduction in the south of Russia. The objects of research were various species of the *Lonicera* generic complex: *L. korolkowii* Stapf., *L. tatarica* L., *Lonicera rupicola* var. *syringantha* Maxim., growing in cluster dendrological collections of the FSC of Agroecology RAS. While assessing the bioecological stress factors of woody plants in the south of Russia, we came to the conclusion that the *Lonicera* genus is the most adapted woody plant for increasing biodiversity and enriching the dendroflora. It is established that each of the species *L. tatarica* L. and *L. korolkowii* Stapf. have an acclimatization number of 40, this is the highest indicator compared to other studied objects, which indicates the success of their introduction in the south of Russia.

**Keywords:** *Lonicera tatarica* L., *Lonicera korolkowii* Stapf., *Lonicera rupicola* var. *syringantha* Maxim., *Lonicera morrii* Gray, evaluation of prospects, adaptation, introduction

**Funding.** The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 23-26-00273, «Creation of a bioresource collection of plant species to combat the degradation of arid regions of Russia» <https://rscf.ru/project/23-26-00273/>

**Citation.** Kalmykova E.V., Kuz'min P.A., Krylov P.A., Mel'nik K.A. Introduction of Honeysuckle (*Lonicera* L.) Genus Species in the South of Russia. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;3(122):29-33. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.004.29-33

Received: 30.07.2023

Accepted: 20.09.2023

#### References:

1. Aleksandrov D.S., Sorokopudov V.N., Trusov N.A. Decorative qualities of the *Lonicera* L. genus species in winter in central Russia. *Sovremennoe sadovodstvo = Contemporary horticulture*. 2022;1:27-36. (In Russ.) DOI: 10.52415/23126701\_2022\_0103
2. Vinokurov A.A. Introduction analysis of the Altai Botanical Garden arboretum tree and shrub plants. *Vestnik Karagandinskogo universiteta. Seriya Biologiya. Meditsina. Geografiya = Bulletin of the Karaganda university. Biology. Medicine. Geography series*. 2021;4:14-21 (In Russ.)

3. Gordeeva G.N. The success of the rare plants introduction in the arboretum of Khakassia. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Lesnoj zhurnal = Bulletin of Higher Educational Institutions. Lesnoj Zhurnal*. 2021;3(381):24-36. (In Russ.) DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-24-36

4. Eziev L. Kh. Methodology for evaluating the woody plants introduction results (on the example of Southern Uzbekistan). *Problemy botaniki Yuzhnoj Sibiri i Mongolii = Problems of botany of South Siberia and Mongolia*. 2020;191: 218-222. (In Russ.) DOI: 10.14258/pbssm.2020043

5. Anh Tuyet Duong, T. Forest site types of the Saint-Petersburg area. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. St. Petersburg. *Institute of Physics Publ. house*. 2019; 316: 012067. DOI: 10.1088/1755-1315/316/1/012067

6. Araujo da Costa H.J., Gurgel E. S.C., do Amaral D.D., Vasconcelos L.V., Rebelo L.G. B., and Teodoro G.S. CSR ecological strategies, functional traits and trade-offs of woody species in Amazon sandplain forest. *Flora*. 2020;273:151710. DOI: 10.1016/j.flora.2020.151710

7. Camarero J.J., Rubio-Cuadrado A. Relating climate, drought and radial growth in broadleaf mediterranean tree and shrub species. *A new approach to quantify climate-growth relationships*. 2020;11(12):1-22.

8. Kazemzadeh Chakusary M., Mohammadi H., Khodaparast S.A. Diversity and pathogenicity of Botryosphaeriaceae species on forest trees in the north of Iran European. *Journal of Forest Research*. 2019;138(4):685-704.

9. Koropachinskii I.Y., Vstovskaya T.N. and Tomoshevich M.A. Immediate tasks of introduction of woody plants in Asian Russia. *Contemp. Probl. Ecol*. 2011;4:107-125. DOI: 10.1134/S1995425511020019

10. Mammadov Tofiq, Gulmammadova Shalala, Seyidli Aisel Sustainability of introduced *Lonicera* l. species to absheron conditions. *Bulletin of Science and Practice*. 2022;3:39-44.

11. Mammadov Tofiq, and Seyidli Aisel. Features of the *Lonicera* l. shoots growth under the absheron conditions. *Bulletin of Science and Practice*. 2021;7(7):100-105.

12. Shumi, G., Rodrigues, P., Hanspach, J., Härdtle, W., Hylander, K., Senbeta, F., Fischer, J., Schultner, J. Woody plant species diversity as a predictor of ecosystem services in a social-ecological system of southwestern. *Ethiopia Landscape Ecology*. 2021;36(2):373-391.

13. Singh M.S., Tripathi O.P., Yadav H.S. Assessment of non-woody alien and invasive plant species along the altitudinal gradients of Indo-Burma biodiversity hotspot in Manipur. India. *Vegetos*. 2023;1-20. DOI:10.1007/s42535-023-00649-7

14. Tsarenko O., Bulakh O., Kolesnichenko O., Hrysiuk S. Carpological features of *Lonicera* L. (Caprifoliaceae Juss.) of the flora of Ukraine. *Plant Introduction*. 2020;85(86): 109-123. DOI:10.46341/PI2020012

15. Vyshegurov S.K., Belanova A.P., Ponomarenko N.V., Palchikova E.V., Ivanova N.V., Eremena A.A., Sergeeva A.S. Ecological and biological aspects of assessing woody plants in the landscaping of Novosibirsk. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2021;1:17-26. DOI:10.31677/2072-6724-2021-58-1-17-26

**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 630.232.22

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.005.34-39

## Геоинформационный анализ рельефа водосбора р. Мышкова северной части Ергенинской возвышенности

Максим Михайлович Кочкарь✉, e-mail: mmk\_7@mail.ru, к.с.-х.н., ORCID: 0000-0003-1458-0731

Ольга Михайловна Воробьева, к.с.-х.н., ORCID: 0000-0001-6299-4977

Анастасия Васильевна Вдовенко, к.с.-х.н., ORCID: 0000-0003-2253-3783

Наталья Михайловна Генералова, соискатель

Волгоградский государственный аграрный университет,

e-mail: volgau@volgau.com, пр. Университетский 26, г. Волгоград, Россия

**Аннотация.** Статья касается проблемы создания устойчивых агролесоландшафтов, способствующих сохранению и повышению плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных угодий северной части Ергенинской возвышенности. Актуальность темы обусловлена высокой долей агроландшафтов с неоднородностью рельефа и почвенных условий на данной территории. Цель исследования заключалась в выявлении с помощью геоинформационного анализа характеристик рельефа и оценке опасности развития деградации почв. Это необходимо при планировании агроландшафтов, безопасных с точки зрения водной эрозии. Новизна исследования заключалась в применении методики геоинформационного картографирования рельефа, на основе фотограмметрического анализа космоснимков водосборов северной части Ергенинской возвышенности. При геоинформационном анализе и картографировании рельефа использовались космоснимки высокого разрешения и цифровая модель местности SRTM 3 с размером ячейки 3 секунды по координатам. Объектом исследований являлся водосбор реки Мышкова. Выявлены пространственные характеристики данного водосбора, распределение высотных отметок и крутизны, построена карта экспозиции склонов. Дана оценка хозяйственного освоения данных земель. Разработаны электронные тематические карты, позволяющие осуществлять проектные работы по лесомелиорации агроландшафтов. Комплексная агролесомелиорация ландшафтов обеспечит сокращение почвенных потерь от воздействия природных и антропогенных факторов.

**Ключевые слова:** агролесоландшафт, водосбор, геоинформационные системы, карта, рельеф, эрозия.

**Цитирование.** Кочкарь М.М., Воробьева О.М., Вдовенко А.В., Генералова Н.М. Геоинформационный анализ рельефа водосбора р. Мышкова северной части Ергенинской возвышенности // Научно-агрономический журнал. 2023. 3(122). С. 34-39. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.005.34-39

Поступила в редакцию: 01.08.2023

Принята к печати: 07.09.2023

**Введение.** Актуальность проводимых исследований связана с зависимостью факторов хозяйственного использования ландшафтов от существующих форм рельефа. Рельеф как наиболее стабильный компонент ландшафта оказывает влияние на состояние других компонентов: латеральный массоперенос и развитие процессов деградации. В зависимости от уровня воздействия природных факторов и условий хозяйственного использования ландшафтов изменяется их устойчивость и условия функционирования.

Северная часть Ергенинской возвышенности расположена в междуречье Волги и Дона и является естественным продолжением Приволжской возвышенности. Общая площадь территории 850,1 тыс. га. Доля сельскохозяйственных угодий северной части Ергенинской возвышенности приближается к 80% при распаханности 54%. Лесистость региона очень мала – 2,5%. Площади полезащитных лесных полос значительно ниже нормативных показателей, они не образуют законченных систем, тем самым снижается их средозащитное и мелиоративное влияние [1]. Часть защитных лесонасаждений находится в неудов-

летворительном состоянии, нуждается в реконструкции и восстановлении [6].

Основными формами деградации агроландшафтов региона является водная эрозия почв [2; 9]. Высока доля почв, подверженных засолению. Процессы дефляции на сельскохозяйственных угодьях не получили значительного распространения. Однако периодически происходит обострение дефляционной активности на пашне, во многом связанное с неблагоприятным сочетанием природных и антропогенных факторов [4; 8].

Современные методы оценки состояния ландшафтов заключаются в задействовании геоинформационных технологий, обработке геокодированной информации. Комплексный анализ компонентов ландшафта с точной географической привязкой к объектам исследований реализуется методами математического моделирования и компьютерного картографирования [3; 7].

Цель исследований заключалась в выявлении характеристик рельефа и оценке деградации агроландшафтов от проявления эрозионных процессов. В задачи исследований входили геоинформационный анализ рельефа водосборного бассейна

р. Мышкова с получением расчетных показателей высотных отметок, крутизны и экспозиций склонов. Впервые в среде ГИС для агроландшафтов северной части Ергенинской возвышенности на основе фотограмметрического анализа космоснимков были составлены тематические картографические слои характеризующие рельеф местности. Разработанные электронные тематические карты рельефа водосбора р. Мышкова послужат

основой научного обеспечения опытных и проектных работ по лесомелиорации деградированных земель сельскохозяйственного назначения.

**Материалы и методика исследований.** Северная часть Ергенинской возвышенности включает водосборы малых рек Донская Царица, Мышкова, Аксай Есауловский, 2 суходольных водосбора реки Дон и водосбор Сарпинских озер (рисунок 1).

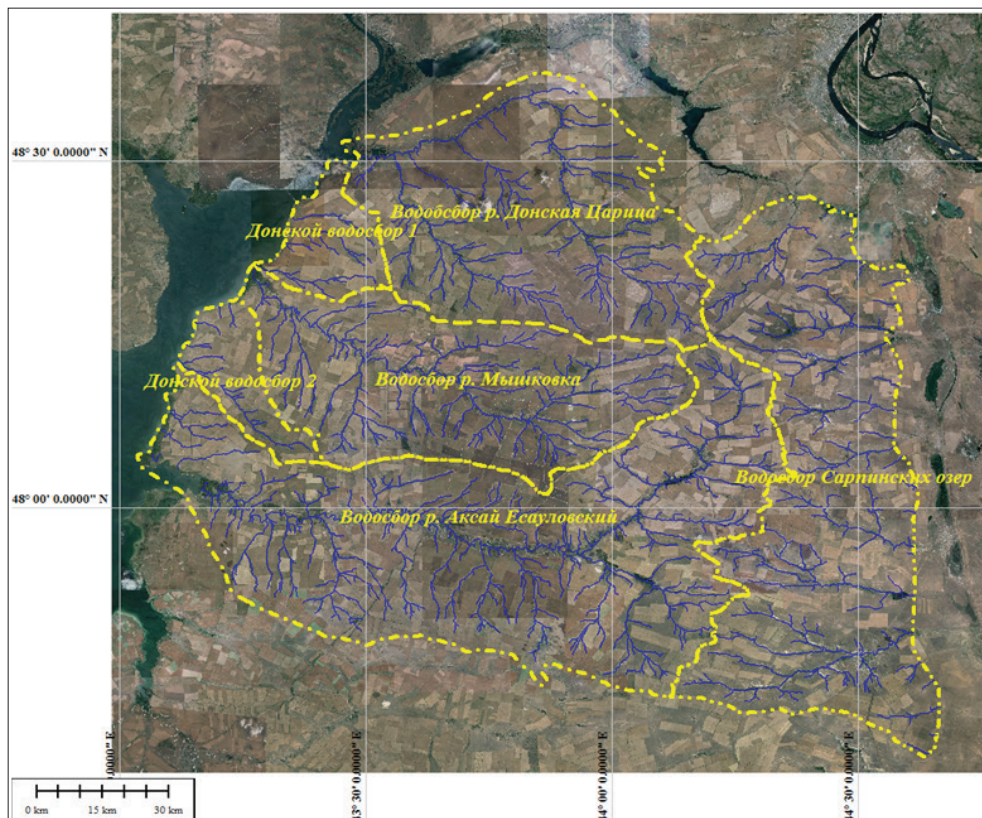


Рисунок 1. Космокарта основных притоков водосборов северной части Ергенинской возвышенности (М 1:1250000)



Рисунок 2. Линейная эрозия склонов водосбора р. Мышкова

В качестве тестового полигона выбран водосбор р. Мышкова, который является частью водосбора реки Дон, расположенный между 48°22' и 48°01' с.ш. и 43°14' и 44°11' в.д. и протянувшийся на запад на 137,8 км. Площадь водосборного бассейна р. Мышкова составляет 142,9 тыс. га, что равно 17% от общей площади северной части Ергенинской возвышенности. Базис эрозии – 153 м. Максимальная крутизна склона на водосборе 9,20°. Для рельефа рассматриваемого водосбора характерно общее понижение в северо-западном направлении.

На склоновых землях водосбора возможно возникновение больших почвенных потерь в виде смыва и размыва, что подтверждается присутствием линейных форм эрозии (рисунок 2).

При геоинформационных исследованиях рельефа используются данные о высотных отметках в виде текстовых описаний с географическими координатами, данными GPS (ГЛОНАСС) и геодезических обследований. Совокупность данных обрабатывается в среде геоинформационных программных комплексов с получением цифровой модели рельефа (ЦМР).

Методика изучения характеристик рельефа основана на использовании геоинформационной системы как основы и создании базы данных из космоснимка исследуемого участка поверхности, тематических карт, а также присоединения баз данных других геоинформационных систем, внесение результатов GPS обследования модельных

точек, с указанием топографических координат и их высотных отметок [1; 5].

С использованием данных дистанционного зондирования Земли выявляются высотные характеристики рельефа. При компьютерной обработке дискретных отметок высот в основном используется интерполяционный метод универсального кригинга. На основе ЦМР разрабатываются тематические картографические слои для оценки компонентов ландшафта [7; 10].

Программные картографические комплексы, в том числе и «Талка 3.3», имеют встроенные системы конвертации данных во внутренние форматы, что значительно сокращает время на ввод и обработку данных. Изолинейное картографирование позволяет получить аналитические данные характеризующие рельеф исследуемой местности. Результатом анализа рельефа является разработка изолинейных карт (распределения высот, крутизны и экспозиций склонов).

При геоинформационном анализе и картографировании рельефа использовали космоснимки высокого разрешения и цифровую модель местности SRTM 3 с размером ячейки 3 секунды по координатам.

**Результаты и их обсуждение.** Для анализа рельефа тестового полигона было выделено 692 водотока, общей протяженностью 1278,7 км.

Типичный профиль водосбора в направлении с запада на восток показан на рисунке 3.

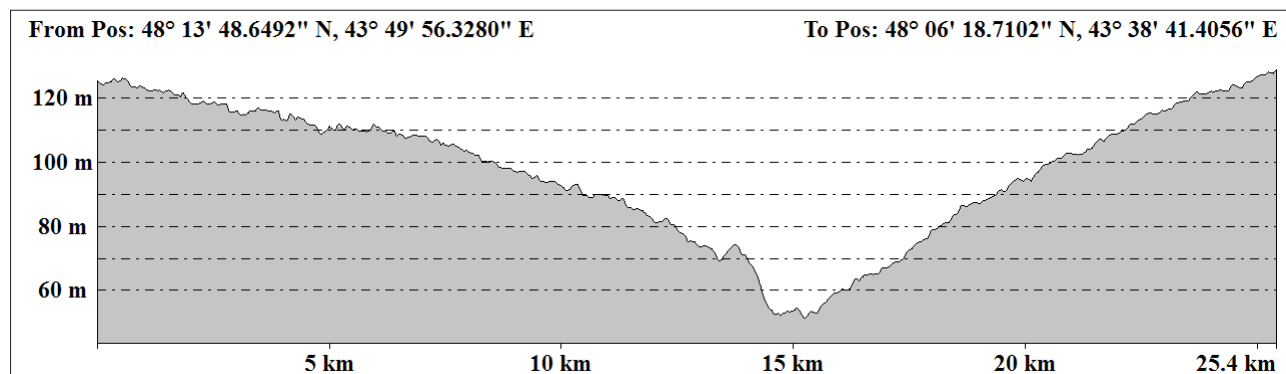


Рисунок 3. Профиль рельефа водосбора р. Мышкова

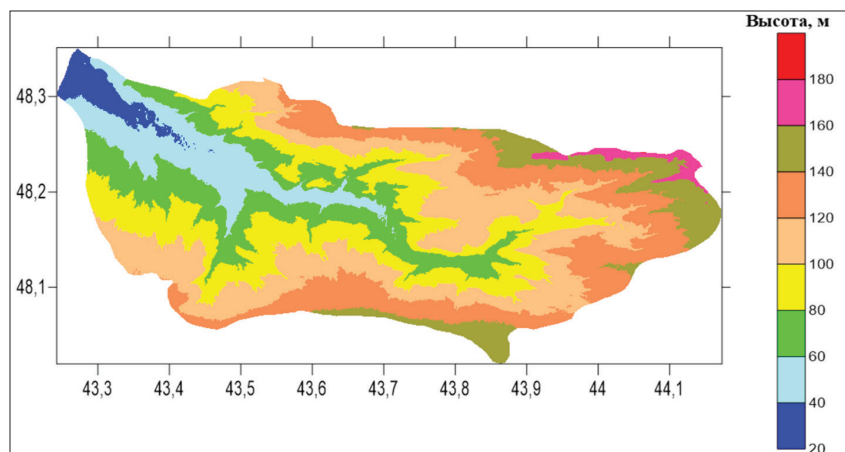


Рисунок 4. Изолинейная карта высот водосбора реки Мышкова

Длина профиля составила 25,4 км, перепад высот – 77,4 м. Минимальная высота на профиле – 51,3 м, максимальная высота – 128,7 м. Средняя крутизна склона по профилю – 0,01°, максимальная – 3,52°.

В целом водосбор реки Мышкова имеет рельеф с расчлененностью территории 0,90 км/км<sup>2</sup>, склоны водосборов низшего порядка очень пологие и пологие. На склонах необходима организация лесомелиоративной противоэрозионной системы, защищающей ландшафт от возможных проявлений водной эрозии.

Для рельефа водосбора р. Мышкова разработаны и проанализированы картографические слои (высотных отметок, крутизны и экспозиций склонов). На рисунке 4 приведена изолинейная карта рельефа водосбора р. Мышкова. На рисунке 5 приведена гистограмма – Распределение площади водосбора р. Мышкова по высотам.

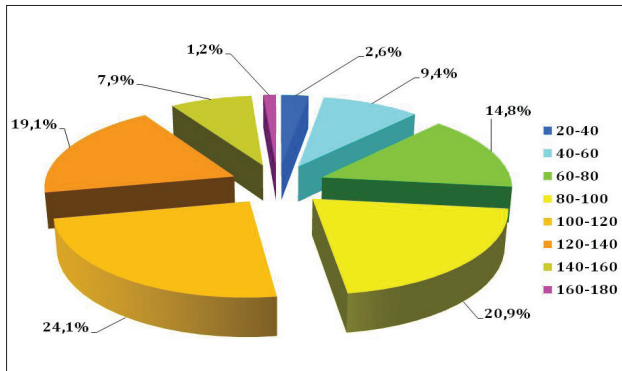


Рисунок 5. Распределение площади водосбора р. Мышкова по высотам

Анализ выявил преобладание по площади поверхностей с высотами от 100 до 120 м (24,1%). Доля поверхностей с высотами от 80 до 100 м составляет 20,9%.

Показатели крутизны важны при оценке потенциальной эрозионной опасности, выборе севооборотов. Изолинейная карта крутизны склонов (рисунок 6) позволила определить распределение углов наклона склонов по площади водосбора р. Мышкова.

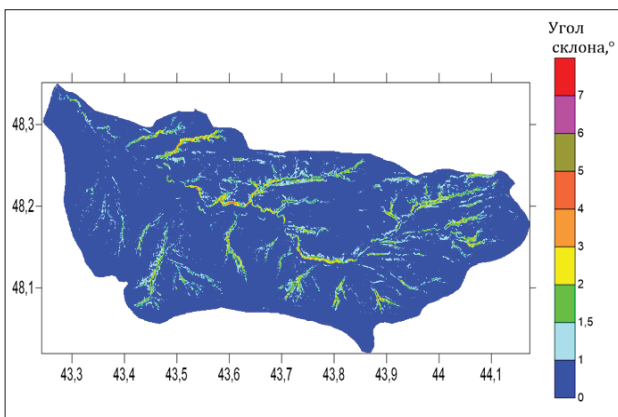


Рисунок 6. Изолинейная карта крутизны склонов водосбора р. Мышкова

На рисунке 7 приведена гистограмма распределения крутизны склонов водосбора р. Мышкова.

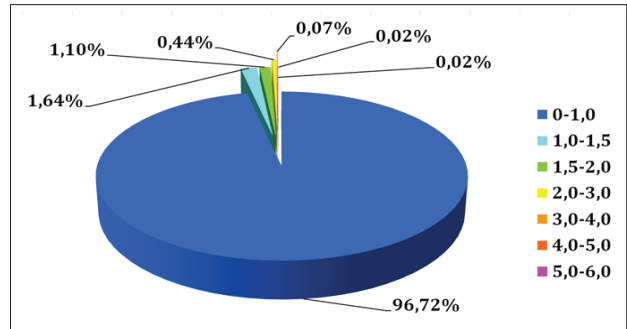


Рисунок 7. Распределение крутизны склонов по площади водосбора р. Мышкова

Согласно проведенной оценке на водосборе преобладают склоны с крутизной от 0 до 1,5° (98%). Максимальная крутизна склона на землях гидрографического фонда равна 9,20°. В общем рельеф водосбора р. Мышкова является типичным равнинным, субгоризонтальным.

Экспозиция склона учитывается при агроэкологической оценке территории, зачастую определяя интенсивность и объемы почвенных потерь [5]. Для водосбора р. Мышкова составлена карта экспозиции склонов (рисунок 8), на основании которой рассчитаны занимаемые площади по четырем румбам (по 90°) север, восток, юг и запад.

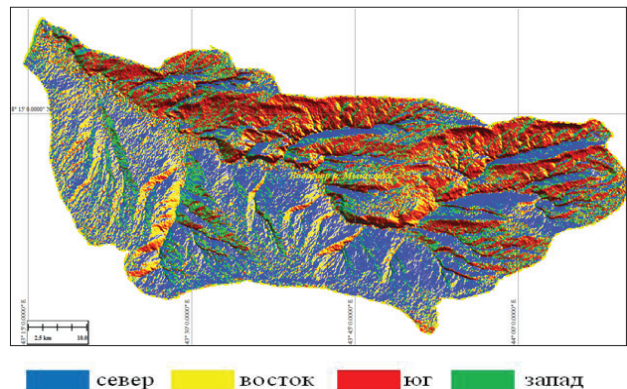


Рисунок 8. Экспозиция склонов водосбора р. Мышкова

Проведенная оценка рельефа позволила установить, что склоны и водотоки водосбора правого берега р. Мышкова ориентированы в большей части на северо-восток, а левого берега разнонаправлено на юг, юго-восток и юго-запад. При этом на правом берегу преобладают склоны южной экспозиции, а на левом – северной.

На рисунке 9 приведена гистограмма распределения склонов водосбора р. Мышкова по экспозиции.

Анализ распределения экспозиции склонов показал, что большинство склонов водосбора имеет северную и южную экспозиции, что составляет 57,8% от общей площади водосборного бассейна.

На рисунке 10 приведена визуализация трехмерной модели рельефа водосбора реки Мышкова

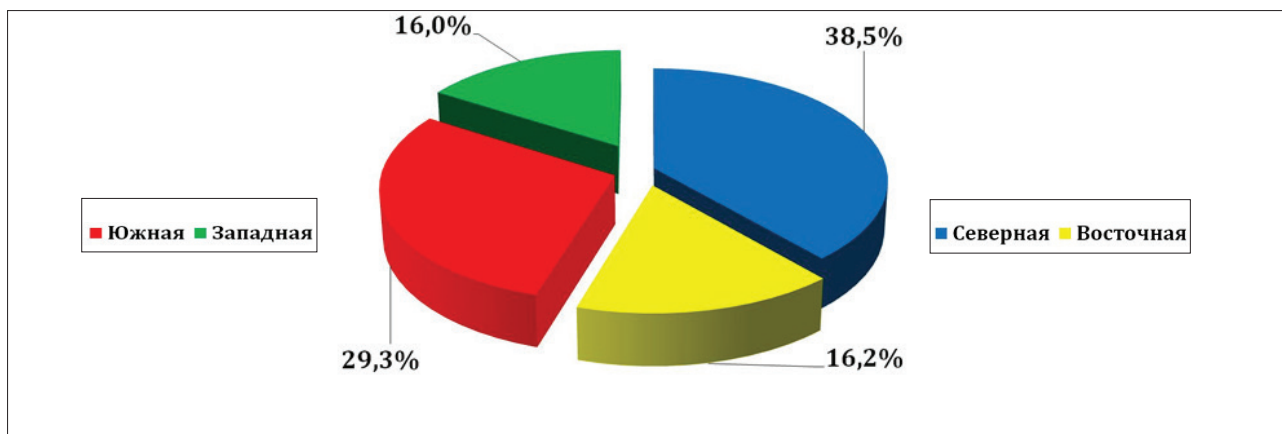


Рисунок 9. Распределение склонов водосбора р. Мышкова по экспозиции

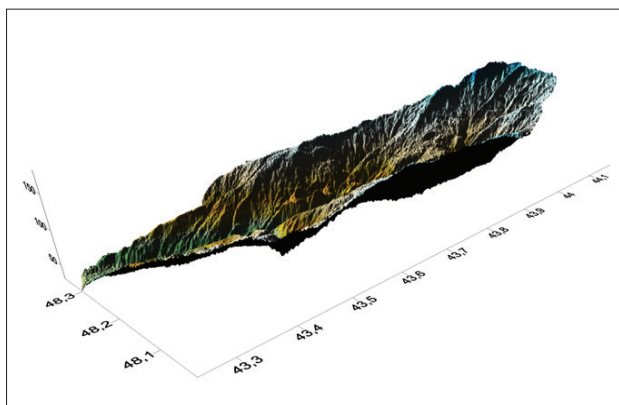


Рисунок 10. Трехмерная карта рельефа водосбора р. Мышкова

Таким образом, в результате проведенных исследований для водосбора р. Мышкова были разработаны геоинформационные картографические слои: изолинейная карта высот, карта крутизны склонов, карта экспозиции склонов, а также трехмерная карта рельефа. Характеристики рельефа водосбора р. Мышкова, полученные в результате геоинформационного анализа, послужат основой для оценки опасности деградации, планирования и проектирования эрозийнобезопасных агроландшафтов.

**Заключение.** Значительные площади агроландшафтов в пределах северной части Ергенинской возвышенности подвержены процессам деградации, остро нуждаются в мероприятиях по сохранению и восстановлению плодородия почв, созданию новых агролесомелиоративных комплексов. Применение комплексной системы геоинформационной оценки состояния агроландшафтов и разработанные в процессе геоинформационного анализа тематические карты рельефа могут использоваться для агролесомелиоративного обустройства сельскохозяйственных земель на территории северной части Ергенинской возвышенности общей площадью более 850 тыс. га.

### Литература:

1. Агролесомелиорация / изд. 5-е дораб. и доп. / под ред. академиков РАСХН А.Л. Иванова и К.Н. Кулика; ВНИАЛМИ. – Волгоград, 2006. 746 с.
2. Кочкарь, М.М., Воробьева О.М., Вдовенко А.В. Дистанционная ландшафтно-эрозийная оценка и агролесомелиоративная обеспеченность водосборов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. №4 (48). С. 91-99.
3. Кулик К.Н., Петров В.И., Юферев В.Г., Ткаченко Н.А. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. №2(83). С. 16-24.
4. Рулев А.С., Беляков А.М., Сарычев А.Н. Исследование проявления дефляции почв в условиях Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2(42). С. 101-107.
5. Рулев А.С., Литвинов Е.А., Кочкарь М.М., Воробьева О.М. Методология оценки эрозийного состояния агроландшафтов по материалам дистанционного зондирования // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2011. №4. С. 51-57.
6. Рулев А.С., Юферев В.Г. Геоинформационный анализ рельефа южной части Ергенинской возвышенности // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 41-46.
7. Рулев А.С., Юферев В.Г., Юферев М.В. Геоинформационное картографирование и моделирование эрозийных ландшафтов – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2015. 150 с.
8. Шинкаренко С.С., Барталев 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
9. Kulik K.N., Rulev A.S., Yuferev V.G. Geoinformation analysis of desertification hotspots in Astrakhan oblast. *Arid Ecosystems*. 2013;3:184-190. DOI:10.1134/S2079096113030074
10. Ovchinnikov A.S., Litvinov E.A., Rulev A.S., Fomin S.D., Kochkar' M.M., Vorob'eva O.M. Remote cartographic assessment of the erosion condition of agrolandscapes. *Journal of Forest Science*. 2017;(63):485-489. DOI: 10.17221/71/2016-JFS

## Geoinformation Analysis of the Myshkova River Catchment Area Relief in the Northern Part of the Yergeninskaya Upland

Maxim M. Kochkar✉, e-mail: mmk\_7@mail.ru, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0003-1458-0731

Olga M. Vorobieva, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0001-6299-4977

Anastasia V. Vdovenko, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0003-2253-3783

Natalia M. Generalova, Applicant

Volgograd State Agrarian University, e-mail: volgau@volgau.com,

Universitetskiy Prospekt, 26, Volgograd, Russia

**Abstract.** The article concerns the problem of creating sustainable agroforestry landscapes that contribute to the preservation and increase of soil fertility and productivity of agricultural grounds in the northern part of the Yergeninskaya upland. The topic relevance is due to the high proportion of agricultural landscapes with heterogeneity of relief and soil conditions in this area. The purpose of the study was to identify relief characteristics by geoinformation analysis and to assess the danger of soil degradation development process. This is necessary when planning agricultural landscapes that are safe from water erosion. The novelty of the research consisted in using of the methodic of the relief geoinformation mapping, based on photogrammetric analysis of satellite images of the catchment areas located in the northern part of the Yergeninskaya upland. High-resolution satellite images and a digital relief model SRTM 3 with a cell size of 3 seconds in coordinates were used during geoinformation analysis and terrain mapping. The Myshkova river catchment area was the research object. The spatial characteristics of this catchment, the distribution of elevation marks and steepness, were identified, and a slope exposure map was constructed. An assessment of the development possibility of these lands was given. Digital thematic maps were developed to allow for project work on forest reclamation of agricultural landscapes. Integrated agroforestry of landscapes will ensure the reduction of soil losses from the effects of natural and anthropogenic factors.

**Keywords:** agroforest landscape, catchment area, geoinformation systems, map, relief, erosion

**Citation.** Kochkar M.M., Vorobieva O.M., Vdovenko A.V., Generalova N.M. Geoinformation Analysis of the Myshkova River Catchment Area Relief in the Northern Part of the Ergeninskaya Upland. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;3(122):34-39. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.005.34-39

Received: 01.08.2023

Accepted: 07.09.2023

### References:

1. Agroforestry. 5th ed., (edited by A.L. Ivanov, K.N. Kulik). Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2006. 746 p. (In Russ.)

2. Kochkar M.M., Vorobieva O.M., Vdovenko A.V. Remote landscape-erosion assessment and agroforest reclamation provision of watersheds. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2017;4(48):91-99. (In Russ.)

3. Kulik K.N., Petrov V.I., Yuferev V.G., Tkachenko N.A. Geoinformation analysis of desertification in the North-Western Near-Caspian region. *Aridnye ekosistemy = Arid ecosystems*. 2020;2(83):16-24. (In Russ.)

4. Rulev A.S., Belyakov A.M., Sarychev A.N. Study of the soil deflation manifestation in the Volgograd Region conditions. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2016;2(42):101-107. (In Russ.)

5. Rulev A.S., Litvinov E.A., Kochkar M.M., Vorobieva O.M. Methodology for assessing the erosion state of agricultural landscapes based on remote sensing materials. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2011;4:51-57. (In Russ.)

6. Rulev A.S., Yuferev V.G. Geoinformation analysis of the southern part of the Yergeninskaya Upland relief. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2017;1(45):41-46. (In Russ.)

7. Rulev A.S., Yuferev V.G., Yuferev M.V. Geoinformation mapping and modeling of erosion landscapes. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2015. 150 p. (In Russ.)

8. 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

9. Kulik K.N., Rulev A.S., Yuferev V.G. Geoinformation analysis of desertification hotspots in Astrakhan oblast. *Arid Ecosystems*. 2013;3:184-190. DOI:10.1134/S2079096113030074

10. Ovchinnikov A.S., Litvinov E.A., Rulev A.S., Fomin S.D., Kochkar' M.M., Vorob'eva O.M. Remote cartographic assessment of the erosion condition of agrolandscapes. *Journal of Forest Science*. 2017;(63):485-489. DOI: 10.17221/71/2016-JFS

**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 528.873

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.006.40-45

## Картографирование процессов опустынивания в Астраханском Заволжье с применением ГИС-технологий

<sup>1,2</sup>Алина Владимировна Мелихова✉, e-mail: melihova-a@vfanc.ru, ORCID: 0000-0001-6133-9217

<sup>1</sup>«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

<sup>2</sup>Волгоградский государственный университет,  
e-mail: info@volsu.ru, 400062, пр. Университетский, 100, г. Волгоград, Россия

**Аннотация.** Юг Астраханского Заволжья, включающий в себя два муниципальных района Астраханской области, Харабалинский и Красноярский, требует решения проблемы опустынивания. При проведении геоинформационного анализа процессов опустынивания на данной территории получены новые знания о состоянии и динамике этих процессов. Выполнено картографирование методом визуального дешифрирования растровых изображений спутниковой съемки (Landsat 8 с пространственным разрешением – 30 м, № сцены – 169027) за 6-летний период (2017-2022 гг.). С использованием геоинформационного программного обеспечения «QGIS 3.26» проведен детальный пространственный анализ и визуализация данных об опустынивании, приведены количественные показатели по числу и площадям очагов опустынивания. Выявлен значительный рост площадей, занятых песками в 2020 году (прирост относительно 2019 года составляет 423%), который связан с интенсивными песчаными бурями на территории близлежащих субъектов РФ. Площадь очагов опустынивания юго-западной части исследования менее изменена в связи с месторасположением газоконденсатного завода (с. Джанай, Красноярский район, Астраханская область). В результате дешифрирования космоснимков Landsat получены векторные слои открытых песков, по которым составлена картосхема расположения очагов опустынивания для дальнейшей борьбы с этим социально-экологическим явлением.

**Ключевые слова:** Астраханское Заволжье, опустынивание, ГИС-технологии, геоинформационный анализ, дистанционное зондирование.

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

**Цитирование.** Мелихова А.В. Картографирование процессов опустынивания в Астраханском Заволжье с применением ГИС-технологий// Научно-агрономический журнал. 2023. 3(122). С. 40-45. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.006.40-45

Поступила в редакцию: 27.07.2023

Принята к печати: 18.09.2023

**Введение.** Интенсификация процессов опустынивания и увеличение площадей, занятых песками, на юге Астраханского Заволжья подчеркивает актуальность и важность изучения этих явлений.

Использование данных дистанционного зондирования при картографировании опустыненных районов является эффективным методом выявления территорий, подверженных интенсивным процессам опустынивания. В отличие от традиционных наземных обследований, дистанционное зондирование помогает оперативно определить масштабы и пространственное положение районов, подверженных опустыниванию [5; 13]. Это позволяет осуществлять своевременный мониторинг и разрабатывать мероприятия для смягчения последствий процессов опустынивания.

Однако большая часть исследований опустынивания на территории Астраханской области касалась правого берега Волги, в то время как Заволжье оставалось менее изученным, и научные

исследования проводились более 5 лет назад. При этом основным фактором опустынивания в регионе становится климатический, вытесняя антропогенный, в связи с чем существующие данные требуют обновления. Например, в 2017 году в работе Кравченко А. С. и др. [4] рассматривается разграничение территории Астраханского Заволжья по степени деградации, что не дает полной картины развития и динамики процессов опустынивания, т.к. приравнять земли категории «риск» к землям, занятым открытыми песками, можно только с допущением. При этом оценка опустынивания полевыми методами в других районах Прикаспийской низменности показывает, что потери почвенного покрова составляют до 50 т/га [12].

Поскольку опустынивание создает значительные экологические и социально-экономические проблемы, изучение движущих сил и последствий опустынивания в этом конкретном регионе может помочь в разработке соответствующих стратегий

[1; 9]. Наличие полевых данных и их сопоставление с данными ДЗЗ позволяет приближенно анализировать деградацию почвенного покрова и его замещение открытыми песками.

Целью данного исследования являлось выявление очагов опустынивания и оценки площадей, занятых песками, в южной части Астраханского Заволжья с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Для изучения изменений, связанных с процессом опустынивания, в районе исследования были поставлены следующие задачи: провести ретроспективный анализ данных спутниковой съемки среднего пространственного разрешения, чтобы определить площади открытых песков и области, подверженные опустыниванию; проанализировать полученные результаты дешифрирования космоснимков на основе геоинформационных технологий и выполнить статистическую обработку данных.

**Материалы и методика исследований.** Район исследования относится к южному Астраханскому Заволжью. Общая площадь исследуемой территории составляет 992 тыс. га. Большая часть юга Астраханского Заволжья расположена ниже уровня моря и имеет преимущественно равнинный рельеф [7]. Климат в зоне исследования засушливый, с относительно низким среднегодовым количеством осадков – 200 мм. Кроме того, для территории Астраханского Заволжья наблюдается отчетливая тенденция к увеличению континентальности, что характеризуется снижением годового уровня осадков и повышением среднегодовых температур [3].

Объектом исследования являлась южная часть Астраханского Заволжья, которая располагается на территории Прикаспийской низменности и включает в себя два муниципальных района Астраханской области – Харабалинский и Красноярский. Рельеф Астраханского Заволжья имеет равнинный тип, без существенных перепадов высот, что создает условия для свободного перемещения воздушных масс и в итоге способствует негативно-му воздействию пыльных бурь на растительность агроландшафтов [2; 8].

Методика выявления очагов опустынивания включает визуальное экспертное дешифрирование материалов дистанционного зондирования Земли. Исходя из имеющихся данных в свободном доступе, были выбраны мультиспектральные космические снимки со спутникового аппарата Landsat 8 (пространственное разрешение – 30 м. № сцены – 169027). Дешифрирование песков по материалам ДЗЗ проводилось с 2017 года по 2022 год.

Для обработки материалов космической съемки, создания и редактирования векторных данных, геоинформационного анализа и создания картографических материалов на основе результатов исследования использовалось программное обеспечение геоинформационной системы «QGIS 3.4». Статистическая обработка полученных данных и построение графиков выполнено в MS Excel.

**Результаты и обсуждение.** Для выявления песчаных массивов было составлено композитное изображение, объединяющее несколько спектральных каналов в видимом диапазоне. Комбинация каналов «естественные цвета» обеспечивает достаточный контраст для дешифрирования растительности, распаханых и голых земель, а также участков, занятых песками или соровыми понижениями. Использование космических снимков за вторую декаду августа и первую декаду сентября, что соответствует периоду с наименьшим проективным покрытием для растительности, позволяет достичь максимально доступной контрастности изображения [13; 14]. Дифференциация очагов опустынивания от солончаков и соровых понижений может быть решающим аспектом при интерпретации песчаных территорий [11]. Пески чаще всего демонстрируют схожие характеристики отражения от иных похожих объектов, в связи с этим затрудняется применение любых автоматических и полуавтоматических методов, что говорит о необходимости и актуальности применения визуального дешифрирования.

Прямые дешифровочные признаки являются эффективным инструментом для дешифрирования визуальным способом. Песчаный массив характеризуется ярким, светлым цветом (от белого до желтого), а также отличим благодаря своей мелкозернистой текстуре [5; 14]. Наличие дюнных образований, которые представляют собой характерные формы рельефа, созданные движением переносимого ветром песка, также помогает в его идентификации. Кроме того, песчаные массивы лишены значительного растительного покрова из-за суровых и нестабильных условий для роста растений [6].

По результатам дешифрирования в Красноярском районе Астраханской области было выявлено 55,9 тыс. участков, подверженных процессам опустынивания. На территорию Харабалинского района Астраханской области приходится 52,2 тыс. очагов опустынивания и занятых песками участков (рисунок 1). Концентрация очагов опустынивания и территорий, занятых песком, приходится на юго-восточную часть области исследования, которая в свою очередь граничит с Республикой Казахстан. Расположение газоконденсатного завода в Красноярском районе Астраханской области (с. Джанай) отражает слабое изменение площади очагов опустынивания на юго-западном участке территории исследования.

Значительное увеличение как средней площади очагов опустынивания, так и общей площади участков открытых песков приходилось на 2020 г. (прирост относительно 2019 года составил 423%). Возникновение обширных песчаных участков является результатом происшедших с мая по октябрь 2020 года масштабных пыльных бурь, которые охватили южную часть Европейской части России [10] (рисунок 2).



Рисунок 1. Песчаный массив в Харабалинском районе (по состоянию на 26.04.2023 г., 47.53 с.ш., 47.40 в.д.)

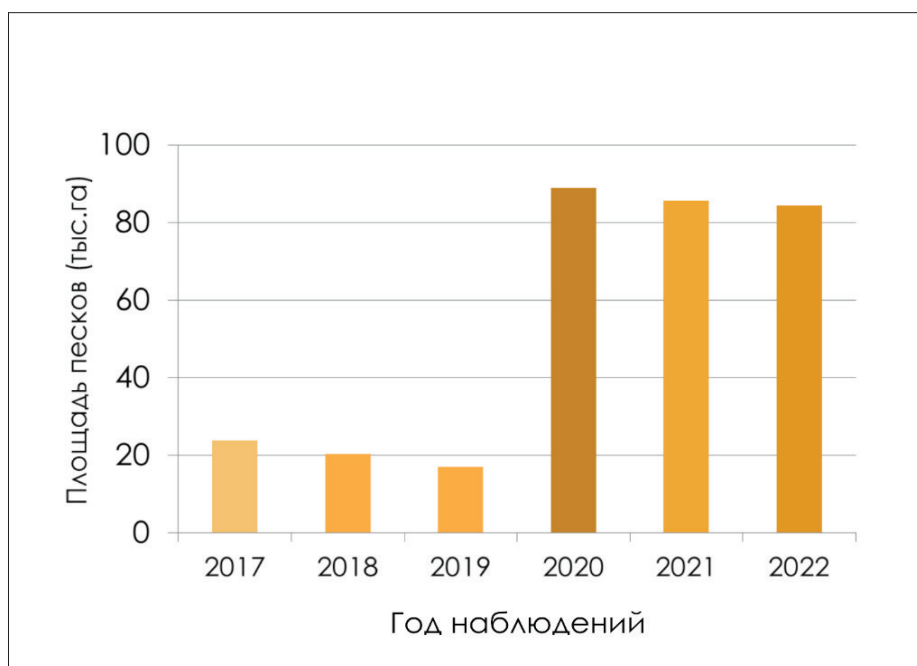


Рисунок 2. Пространственно-временное распределение песков на территории юга Астраханского Заволжья

Общее распределение очагов опустынивания за весь период представлено в равном процентном соотношении: на Харабалинский район приходится 51,7% (55,9 тыс.га), на Красноярский район – 48,2% (52,2 тыс.га).

Наблюдается тенденция к увеличению средней площади очага опустынивания за период с 2017 по 2022 гг. Например, в 2017 году средняя площадь объекта составляет 1,18 га, в 2019 году – 2,2 га, в 2022 году – 4,6 га. В таблице приведены обобщенные количественные результаты дешифрирования.

Минимальная площадь дешифрируемого очага опустынивания определена границами пикселя (0,09 га), наибольший выявленный объект имел площадь 218,44 (Красноярский муниципальный район, 2021 год). Используя программное обеспечение QGIS и интегрируя в ГИС векторные данные, полученные по результатам дешифрирования материалов космической съемки, составлена картограмма пространственного распределения очагов опустынивания (рисунок 3). В последние три года (2020–2022 гг.) отмечается увеличение площадей опустынивания на юге территории исследования.

Таблица. Площади очагов опустынивания по результатам их дешифрирования

Показатели	Год					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Площадь (тыс.га)	23,8	20,2	17,1	89,8	85,6	84,5
Средняя площадь объекта (га)	1,18	1,07	2,2	4,03	4,07	4,6
Прирост (%)	-	-15,1	-15,4	423,7	-4,6	-1,3

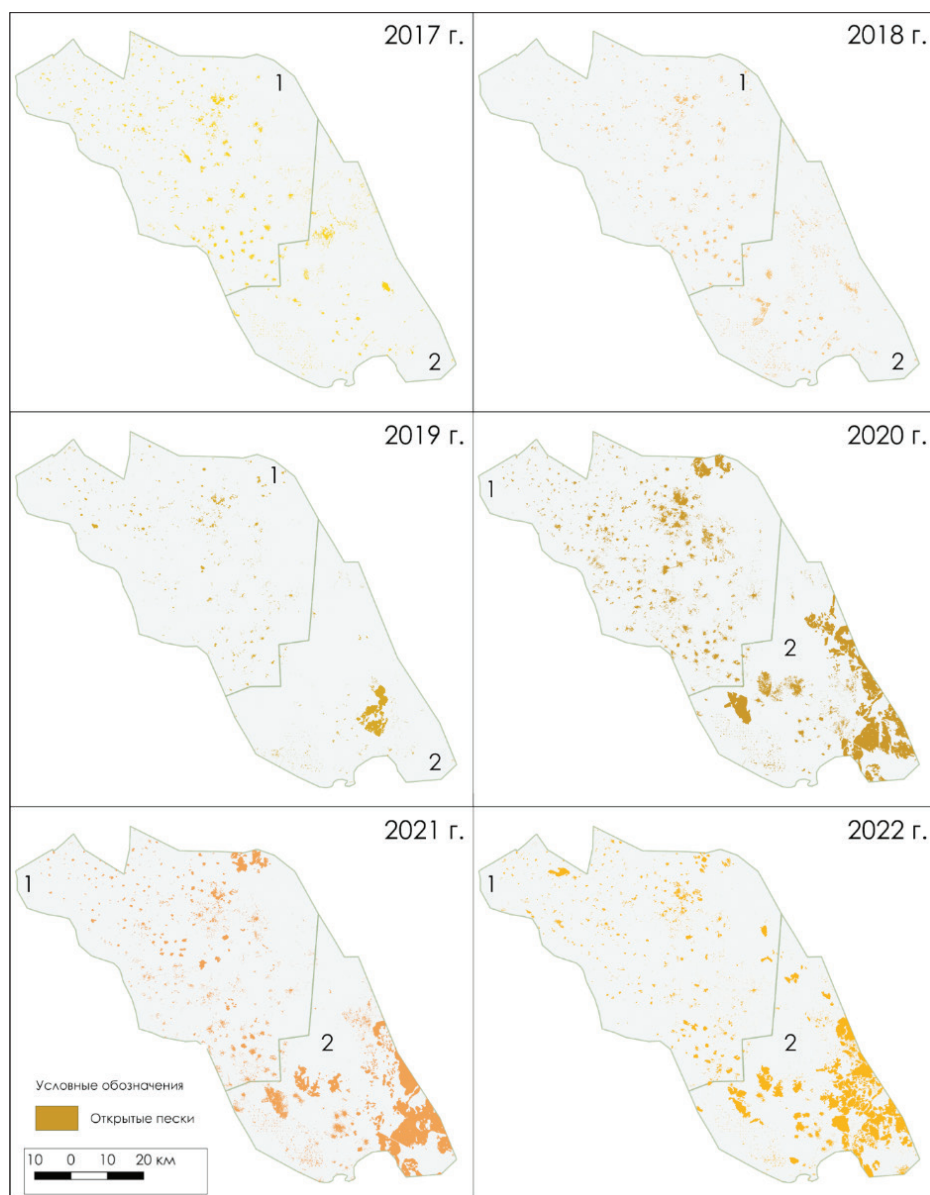


Рисунок 3. Расположение очагов опустынивания на территории юга Астраханского Заволжья в период с 2017 по 2022 гг. (1 – Харабалинский р-н, 2 – Красноярский р-н)

Увеличение площадей, покрытых песками, способствует возникновению пыльных и песчаных бурь, что в свою очередь приводит к дальнейшему распространению наносов и увеличению обнаженных песчаных участков.

Полученные данные соотносятся с результатами предварительных исследований, проводимых на этой территории и также затрагивающих развитие процессов опустынивания [2].

**Заключение.** Таким образом, анализ процессов опустынивания за 6 лет по данным спутниковых снимков Landsat на территории Харабалинского и Красноярского районов Астраханской области с применением геоинформационных технологий показал увеличение площадей открытых песков, особенно на юге Красноярского района. Максимальный прирост очагов опустынивания отмечался 2020 году по отношению к 2019 году, который

составил более 400%. Это связано с участвовавшими пыльными бурями и степными пожарами на юге страны, в результате которых увеличились площади участков без растительности. На территории исследования за 2022 год площадь опустынивания увеличилась на 60,7 тыс. га в сравнении с 2017 годом.

Актуализация сбора и обработки геоинформационных данных позволяет осуществлять постоянный мониторинг и оценку опустынивания территорий, занятых песком. Использование векторных данных, полученных в результате обработки и дешифрирования растровых материалов, является основой для дальнейшего изучения процессов и факторов опустынивания. Векторные данные позволяют проводить более детальный анализ и изучение пространственных структур и характеристик очагов опустынивания. Материалы, полученные в ходе данного исследования, могут быть использованы для планирования мелиоративных мероприятий по борьбе с развитием процессов опустынивания.

#### Литература:

1. 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
2. Дорошенко В. В., Мелихова А. В. Оценка проявлений опустынивания в Астраханском Заволжье по данным дистанционного зондирования земли // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. 2(70). С. 239-246. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-27
3. Календжян Т. В., Иолин М. М., Борзова А. С. Особенности климата Астраханской области // Современные проблемы географии: Межвузовский сборник научных трудов. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет». 2021. Т. 5. С. 125-128.
4. Кравченко А. С., Юфев В. Г., Шинкаренко С. С. Геоинформационный анализ ландшафтов Астраханского Заволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4(48). С. 154-163. EDN: SIUVGL
5. Кулик К.Н. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов. – Волгоград: изд. ВНИАЛМИ, 2004. 248 с.
6. Лепеско В. В., Рыбашлыкова Л. П. Современное состояние и эколого-мелиоративное значение древесно-кустарниковых экосистем на закрепленных песках Астраханского Заволжья // Мелиорация. 2019. № 2 (88). С. 69-72.
7. Мелихова А. В. Геоинформационный анализ рельефа Астраханского Заволжья // Природные системы и ресурсы. 2023. Т. 13. № 1. С. 39-43. DOI: 10.15688/nr.jvolsu.2023.1.6
8. Рыбашлыкова Л. П., Турко С. Ю., Петров В. Ю. Современное состояние песчаных земель Северного Прикаспия как объекта фитомелиорации // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3(55). С. 166-174. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-21
9. Тютюма Н. В., Булахтина Г. К. Проблема опустынивания аридной зоны Астраханской области в условиях изменения климата и повышенного антропогенного воздействия // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 68-70.
10. Шинкаренко С. С., Ткаченко Н. А., Барталев С. А., Юфев В.Г., Кулик К. Н. Пыльные бури на юге Европы в сентябре – октябре 2020 года // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 291-296. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-291-296
11. Шинкаренко С.С., Барталев 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
12. 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
13. 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
14. 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

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.006.40-45

## Mapping of Desertification Processes in the Astrakhan Trans-Volga Region Using GIS-Technologies

<sup>1,2</sup>Alina V. Melikhova✉, e-mail: melihova-a@vfanc.ru, ORCID: 0000-0001-6133-9217

<sup>1</sup>“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

<sup>2</sup>Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation, e-mail: info@volsu.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt, 100, Volgograd, Russia

**Abstract.** The south of the Astrakhan Trans-Volga region, which includes two municipal districts of the Astrakhan Region, Kharabalinsky and Krasnoyarsky, requires solving the problem of desertification.

During the geoinformation analysis of desertification processes in this territory, new knowledge about the state and dynamics of these processes was obtained. Mapping was performed by the satellite imagery

bitmaps visual decoding method (Landsat 8 with a spatial resolution of 30 m, scene no. – 169027) for a 6-year period (2017-2022). A detailed spatial analysis and visualization of desertification data using the geoinformation software «QGIS 3.26» was carried out, quantitative indicators on the number and areas of desertification foci were given. A significant increase in the area occupied by sand in 2020 was revealed (the increase relative to 2019 is 423%), which is associated with intense sandstorms on the territory of nearby subjects of the Russian Federation. The desertification foci area in the southwestern part of the study region is less changed due to the location of the gas condensate plant (Janai vill., Krasnoyarsky district, Astrakhan Region). As a result of the Landsat satellite images decoding, vector layers of open sands were obtained, according to which a cartography of the desertification foci location was compiled for further combating this socio-ecological phenomenon.

**Keywords:** Astrakhan Trans-Volga region, desertification, GIS technologies, geoinformation analysis, remote sensing

**Funding.** This work was carried out within the framework of the state task of research in the FSC of Agroecology RAS No 122020100406-6 “ Theoretical foundations and mathematical-cartographic models of agroforestry systems functioning in soil protection from deflation”.

**Citation.** Melikhova A.V. Mapping of Desertification Processes in the Astrakhan Trans-Volga Region Using GIS-Technologies. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;3(122): 40-45. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.006.40-45

Received: 27.07.2023

Accepted: 18.09.2023

#### References:

1. Doroshenko V.V. Geoinformation analysis of the desertification processes development in the Stavropol Region. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2022;3(118):31-36. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.004.31-36
2. Doroshenko V.V., Melikhova A.V. Assessment of desertification manifestations in the Astrakhan Trans-Volga region according to remote sensing of the earth. *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: 10.32786/2071-9485-2023-02-27
3. Kalendzhyan T.V., Iolin M.M., Borzova A.S. Borzova A. S. Features of the Astrakhan Region climate. *Sovremennye problemy geografii: Intercollegiate compilation of scientific papers*. Astrakhan: «Astrakhan University» Publ. House. 2021;5:125-128.
4. Kravchenko A.S., Yuferev V.G., Shinkarenko S.S. Geoinformation analysis of the Astrakhan Trans-Volga region landscapes. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2017;4(48):154-163. (In Russ.) EDN: SIUVGL
5. Kulik K.N. Agroforestry mapping and phytoecological assessment of arid landscapes. Volgograd. VNIALMI Publ. House. 2004; 248. (In Russ.)
6. Lepesko V.V., Rybashlykova L.P. The current state and ecological-meliorative significance of tree and shrub ecosystems on the fixed sands of the Astrakhan Trans-Volga region. *Melioratsiya = Land Reclamation*. 2019;2(88):69-72. (In Russ.)
7. Melikhova A.V. Geoinformation analysis of the Astrakhan Trans-Volga region relief. *Prirodnye sistemy i resursy = Natural Systems and Resources*. 2023;13(1): 39-43. (In Russ.) DOI 10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.6
8. Rybashlykova L.P., Turko S.Yu., Petrov V.I. The current state of the Northern Near-Caspian sandy lands as an object of phytomelioration. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2019;3(55):166-174. (In Russ.) DOI 10.32786/2071-9485-2019-03-21
9. Tyutyuma N. V., Bulakhtina G. K. The problem of desertification in the arid zone of the Astrakhan region in the climate change and increased anthropogenic impact conditions. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2016;67:68-70. (In Russ.)
10. Shinkarenko S.S., Tkachenko N.A., Bartalev S.A., Yuferev V.G., Kulik K.N. Dust storms in southern Europe in September – October 2020. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2020; 17(5):291-296. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-291-296
11. 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. DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-5-319-327
12. 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
13. 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
14. 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.** 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: 630.5; 630.114.462

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.007.46-51

## Особенности произрастания *Pinus sylvestris* в различных почвенных условиях Етеревского песчаного массива

Роман Николаевич Балкушкин✉, м.н.с., balkushkin\_r@vfanc.ru, ORCID: 0000-0003-0987-6263

Александр Николаевич Салугин, д.с.-х.н., г.н.с., ORCID: 0000-0002-5443-7326

Алексей Константинович Кулик, к.с.-х.н., в.н.с. ORCID: 0000-0001-8736-5464

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

**Аннотация.** Изучение особенностей произрастания лесных культур имеет важное значение в практике лесоразведения в малолесных районах. На песчаных землях Волгоградской области широко распространена сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), рост и долговечность которой существенно зависит от почвенно-грунтовых условий. Определение факторов, влияющих на её продуктивность в автоморфных условиях, ставилось задачей исследования. На пробных площадях размером 25×25 м проведены таксационные измерения лесных культур сосны обыкновенной, заложены почвенные разрезы и буровые скважины с отбором образцов на определение влажности почвы, плотности и гранулометрического состава. Разное состояние сосновых насаждений обусловлено разнообразием условий произрастания на территории Етеревского песчаного массива. В ходе исследований получены актуальные данные о морфологических и физических свойствах почв и состоянии лесных культур сосны обыкновенной на Етеревском песчаном массиве, определены факторы, влияющие на продуктивность лесных насаждений в автоморфных условиях. Установлено, что лесные культуры сосны обыкновенной преимущественно имеют III класс бонитета, на низковлагодомных практически безгумусных песках сосна произрастает по V-Va бонитету с запасом около 20 м<sup>3</sup>/га. Спелые древостои на мощных светлогумусовых почвах с глинистыми прослоями произрастают по III-IV классу бонитета, запас ствольной древесины – 280-340 м<sup>3</sup>/га. Собранные материалы могут быть использованы при планировании лесохозяйственных работ, оценке лесорастительных условий и эффективности лесокультурных мероприятий.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, таксация, песчаный массив, лесорастительные условия.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания 122020100450-9 «Разработка новой методологии оптимального управления биоресурсами в агроландшафтах засушливой зоны РФ с использованием системно-динамического моделирования почвенно-гидрологических процессов, комплексной оценки влияния климатических изменений и антропогенных нагрузок на агробиологический потенциал и лесорастительные условия».

**Цитирование.** Балкушкин Р.Н., Салугин А.Н., Кулик А.К. Особенности произрастания *Pinus sylvestris* в различных почвенных условиях Етеревского песчаного массива // Научно-агрономический журнал. 2023. 3(122). С. 46-51. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.007.46-51

Поступила в редакцию: 26.05.2023

Принята к печати: 11.09.2023

**Введение.** Лесоразведение имеет большое значение в регионах с засушливым климатом, где естественные леса мало распространены. Особую роль играет облесение низкопродуктивных песчаных земель. Лесные насаждения в этом регионе, являясь одним из важнейших компонентов агролесомелиоративного обустройства территории, имеют большое хозяйственное, почвозащитное и водоохранное значение [11]. Обладая ярко выраженными ландшафтно-стабилизирующими свойствами, они образуют экологический каркас территории [7].

Доминирующей породой в лесоразведении на песчаных землях Волгоградской области является сосна обыкновенная [11]. Она обладает широкой экологической пластичностью [3; 14; 15]. Нетребовательность к почвенному плодородию, экономность потребления почвенной влаги и спо-

собность образовывать сомкнутые насаждения в широком диапазоне почвенно-климатических условий выделяет сосну как ценную породу, используемую в лесоразведении, в особенности в засушливых регионах на песчаных почвах [2; 11]. Изучение лесорастительных условий песчаных земель имеет важное практическое значение, поскольку вариабельность условий произрастания обуславливает различные способы хозяйственного использования территории, что в конечном итоге может сказаться на производительности и долговечности лесных культур [10; 12]. При этом успешность лесомелиоративных мероприятий зависит от учета как климатических, так и эдафических факторов [8].

Цель работы – выявление влияния различных почвенных условий Етеревского песчаного массива на произрастание лесных культур *Pinus sylvestris*.

**Материалы и методы исследования.** Исследования лесных культур сосны обыкновенной проводили в июле 2022 г. Таксационные измерения производили на пяти пробных площадках (ПП) размером 25×25 м, заложенных в автоморфных условиях. Работу на пробных площадях дополняли маршрутным исследованием территории песчаного массива. Диаметр ствола определяли с помощью мерной вилки, высоту – высотомером Макарова. Возраст древостоя определяли по годичным кольцам радиального ядра древесины, отобранного с помощью бурава Пресслера [13]. Запас древостоя определяли по данным пересчета деревьев на заложенных пробных площадях. На пробных площадях были заложены почвенные разрезы, описание которых проводили согласно «Полевому определителю почв России» (*Полевой определитель почв России. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.*). Пробурены скважины с отбором почвенных образцов на определение влажности, плотности и гранулометрического состава. Отбор проб осуществляли по горизонтам почвенного разреза и через 20 см в буровых скважинах. Влажность почв определяли термостатно-весовым методом, плотность – методом режущего кольца, гранулометрический состав – методом Н.А. Качинского.

**Результаты и обсуждение.** Етеревский песчаный массив располагается на надпойменных террасах правобережья р. Медведица. Массив вытянут на 25-30 км широкой (8-14 км) лентой вдоль поймы с северо-востока на юго-запад и ограничен междуречьем Медведицы и Тишанки (рисунок).

Среднегодовая температура воздуха в районе исследований по данным метеостанции в г. Михайловка (*Архив погоды в Михайловке: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34352.htm>*) составляет 8,7°C. Самый холодный месяц в году – январь (-5,9°C), самый теплый – июль (23,4°C). Среднегодовое количество осадков – около 430 мм (в засушливый период до 270 мм, во влажный до 610 мм). Среднегодовая относительная влажность воздуха со-

ставляет 67,7% с минимумом в августе (52,1%). Господствующее направление ветров – южное. Район исследования согласно агролесомелиоративному районированию относится к Волго-Донскому району степной зоны, что в общем итоге сказывается на лесорастительных условиях и лесохозяйственных мероприятиях [1; 4].

Етеревские пески располагаются в пределах каштановой и черноземной почвенных зон. На территории песчаного массива наибольшее распространение имеют светлогумусовые почвы легкого гранулометрического состава. Также встречаются темногумусовая почва, псаммозем гумусовый, абразем, стратозем светлогумусовый и др. Почвы имеют различную мощность гумусового горизонта, степень эродированности, зачастую погребены эоловым наносом. Различная история развития почв, состояние растительного покрова, подверженность почв дефляции, мезорельеф и разнообразие форм микрорельефа, а также антропогенное воздействие обуславливают формирование различных типов и подтипов почв на исследуемой территории.

Естественная древесная растительность представлена тополем черным (*Populus nigra*), тополем дрожащим (*Populus tremula*), ивой белой (*Salix alba*), березой повислой (*Betula pendula*), дубом черешчатым (*Quercus robur*), ольхой черной (*Alnus glutinosa*), которая произрастает на участках с корнедоступными проточными грунтовыми водами и в пойме. Доминирующей породой в лесоразведении является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). Небольшое распространение имеют лесные культуры ольхи черной, робинии псевдоакация (*Robinia pseudoacacia*), караганы древовидной (*Caragana arborescens*).

Первая пробная площадь заложена в низкобонитетных насаждениях сосны обыкновенной (V-Va). Схема посадки 3×0,5 м. Средняя высота древостоя составила 5,6 м, средний диаметр – 6 см. Возраст 31 год. На пробной площади обнаружено 12% усыхающих/усохших деревьев. Сохранность насаждения – 42,1%, количество деревьев на гектаре – 2500.

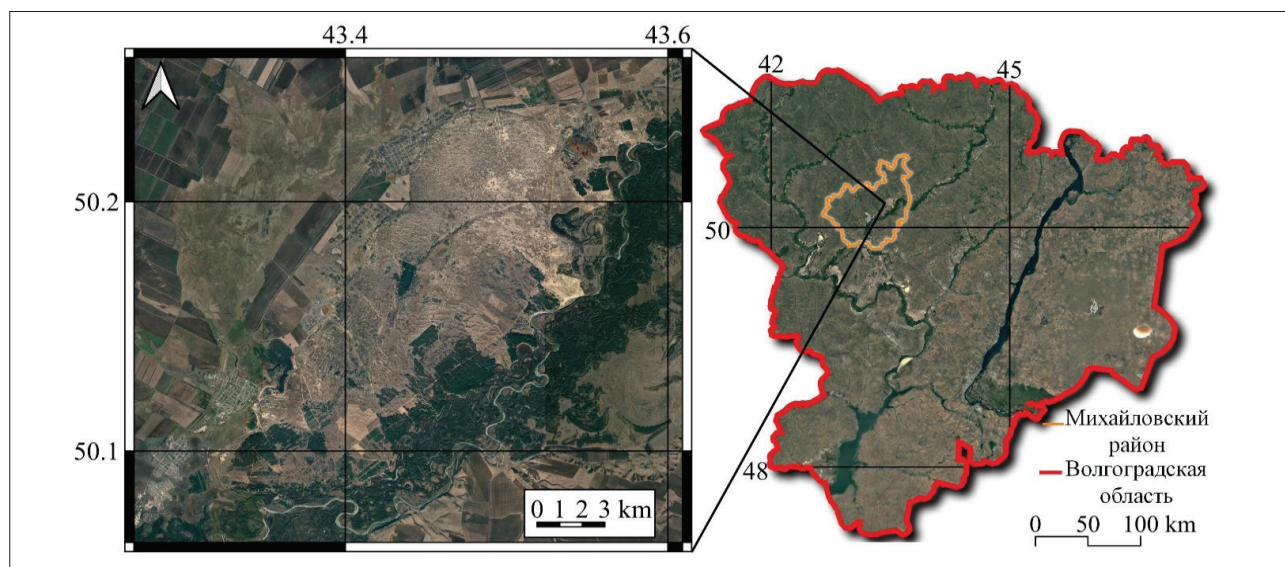


Рисунок. Расположение Етеревского песчаного массива



Для данной территории характерна неоднородность почвенного покрова: часть почв ранее подверглась дефляции, часть погребена под толщей песка и часть относительно стабильно закреплена растительностью. По всей видимости, низкая влагоемкость и бедность песка, его подверженность дефляции не способствуют формированию более производительных лесных массивов. Несмотря на наличие погребенного гумусового горизонта, водный и питательный режимы для сосны неблагоприятные, поскольку этот горизонт встречается не повсеместно или расположен на недосягаемой для корней глубине. Слежавшийся однородный кварцевый песок трудно проходим для корней сосны, которая формирует в таких условиях неглубокую поверхностную корневую систему.

Вторая пробная площадь была заложена в лесном массиве, расположенном в южной части песчаного массива на границе первой и второй террас. Схема посадки 3×0,5 м. По данным таксационных исследований средняя высота древостоя составила 12,6 м, средний диаметр – 13,8 см. Возраст 36 лет. Согласно бонитировочной таблице лесной массив имеет III класс бонитета. На площади обнаружено около 15% усыхающих/усохших деревьев. Сохранность насаждения – 33%, количество деревьев на гектаре – 2112.

На пробной площади был заложен почвенный разрез и пробурены скважины. На поверхности почвы имеется лесная подстилка (около 3 см). До глубины 26 см располагается слой бесструктурного светлого песка, в котором обильно распространены как мелкие, так и крупные корни сосны обыкновенной. Гумусовый горизонт мощностью 14 см через переходный горизонт сменяется плотным средним суглинком мощностью 35 см. Отмечается явление партлювации. На гранях структурных отдельностей в слое среднего суглинка обнаруживаются отмытые зерна песка, а в общем гранулометрическом составе содержание фракции крупного и среднего песка практически не изменяется. Суглинок подстилается рыхлым светло-желтым песком. С глубины 340 см обнаруживается супесчаный слой, с 510 см – песок. Уровень грунтовых вод – 570 см. Песок гумусового горизонта достаточно влагоемкий, содержание физической глины в среднем 7%, в материнской породе – до 3%.

Прослой суглинка на глубине 65 см является местным водоупором. Наиболее сильно корневая система развита в слое 10-40 см – это зона активного поглощения воды атмосферных осадков в данных условиях. Корни проникают и глубже, в кварцевый песок, но представлены единично и не достигают грунтовых вод.

На третьей пробной площади средняя высота древостоя составила 13,1 м, средний диаметр – 15,3 см. Возраст 48 лет. Схема посадки 3×0,5 м. Лесной массив имеет IV класс бонитета. На пробной площади было обнаружено около 13% усыхающих/усохших деревьев. Сохранность насаждения – 20,3%, количество деревьев на гектаре – 1296.

Лесная подстилка лежит на мощном слое (60 см) светлого бесструктурного песка. Гумусовый горизонт имеет мощность 10 см. На границе с вышележащим песком обнаруживаются тонкие (около 3 мм) железистые прослойки. Это говорит о том, что гумусовый горизонт является небольшим водоупором, и вода застаивается на границе почвенных горизонтов. С глубины 120 см вскрывается слой среднего суглинка (15 см), который подстилается песком. Суглинок не имеет сплошного распространения на данном участке: местами он сменяется слоем более легкого гранулометрического состава (легкий суглинок или супесь) или вовсе не встречается.

Прослой суглинка, как и на ПП2, является водоупором, но залегает глубже. Наибольшее количество корней сосредоточено в слое 10-50 см. Отмечается значительное содержание мелких корней на глубине 90-120 см, располагающихся непосредственно перед водоупорным слоем. Таким образом, сосна находит в почвенной среде наиболее благоприятные условия питания и водопотребления. Архитектоника корневой системы сосны имеет большую пластичность и во многом определяется эдафическими факторами [11].

Четвертая пробная площадь заложена в старовозрастном сосновом древостое (76 лет). Схема посадки 1,5×1 м. Средняя высота древостоя составила 19,2 м, средний диаметр – 24,6 см. Лесной массив произрастает по III классу бонитета. На пробной площади усыхающих или усохших деревьев не обнаружено. Сохранность насаждения – 13,5%, количество деревьев на гектаре – 848.

Гумусовый горизонт совместно с горизонтом В имеет мощность в среднем 80 см. Подстилающий песок зачастую ожелезнен и включает вкрапления и прослойки темного и рыжего материала. Встречаются супесчаные и суглинистые прослойки, до 2 метров обнаруживается слой с глинофибрами, имеющий очень высокую плотность (1,82 г/см<sup>3</sup>). Сосна в таких условиях имеет в целом благоприятный водный и питательный режим. Корневая система, как правило, располагается в пределах 2 м, ограничиваясь плотным горизонтом, густо ветвится в гумусовом горизонте и использует верховодку в течение вегетационного периода.

Пятая пробная площадь была заложена в сосновых насаждениях возрастом 92 года. Схема посадки 1,5×1 м. Средняя высота древостоя составила 19,5 м, средний диаметр – 24,5 см. Лесной массив произрастает по III-IV классу бонитета. На пробной площади усыхающих или усохших деревьев не обнаружено. Сохранность насаждения – 10,5%, количество деревьев на гектаре – 677.

Светлогумусовая почва исследуемого участка имеет серо-коричневатый гумусовый горизонт мощностью 16 см, который через срединный горизонт подстилается светлым песком, имеющим единичные бурые вкрапления. Значительного изменения гранулометрического состава не фиксируется. Лишь на глубине 140-160 см обнаруживается слой более темного песка, который, возмож-

Таблица. Основные таксационные показатели разновозрастных насаждений сосны обыкновенной на Етеревском песчаном массиве, 2022 г.

ПП	Координаты	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Деревьев на га	Возраст, лет	Бонитет, балл	Сохранность, %	Запас, м <sup>3</sup> /га
1	N50°09'36.926» E43°32'05.357»	5,8	6,3	2500	31	V-Va	42,1	20,4
2	N 50°06'17.1» E43°20'44.0»	12,6	13,8	2112	36	III	33	220,7
3	N50°05'56.685» E43°21'29.944»	13,1	15,3	1296	48	IV	20,3	161,0
4	N50°06'11.227» E43°23'22.515»	19,2	24,6	848	76	III	13,5	341,6
5	N50°07'37.230» E43°27'53.087»	19,5	24,5	672	92	III-IV	10,5	280,6

но, является погребенным гумусовым горизонтом или продуктом его переработки в более раннюю стадию формирования песчаного массива. Наличие таких прослоев благоприятно сказывается на росте и продуктивности сосновых насаждений. Погребенные гумусовые горизонты и золовые наносы, содержащие остаточный гумус, могут компенсировать отрицательные свойства эродированных почв, улучшить питательный режим и увеличить мощность корнеобитаемого слоя.

Разнообразие условий произрастания на территории Етеревского песчаного массива обуславливает разное состояние сосновых насаждений (таблица). Преимущественно сосна произрастает по III классу бонитета. Низкобонитетные насаждения произрастают на низковлажном практически безгумусных песках. Старовозрастные древостои имеют бонитет III-IV и значительный запас – 280-340 м<sup>3</sup>/га. В засушливых условиях на связнопесчаных почвах сосна с возрастом нередко снижает свой бонитет. Зюзь Н.С. (*Культуры сосны на песках Юго-Востока. М.: Агропромиздат, 1990. 153 с.*) связывал такое изменение бонитета сосны на песках с изменением их влагообеспеченности в течение онтогенеза.

Материалы, собранные при изучении Придонских песков, указывают на возможность создания долговечных культур сосны обыкновенной на автоморфных песчаных почвах [9]. При этом рост и производительность древостоя во многом будут зависеть от степени эродированности почвы, наличия водоупоров, минералогического состава и влагоемкости песка, рельефа и др. В гидроморфных условиях древостой имеет дополнительное водное питание, что позволяет формировать значительную фитомассу. Опыт лесоразведения на бугристых песках показывает, что древесные породы успешно растут при залегании грунтовых вод на глубине около 2 м. В условиях сухой степи на почти безгумусных песках с корнедоступными грунтовыми водами сосна может произрастать по I классу бонитета. Однако такие насаждения наиболее чувствительны к климатическим изменениям: во влажные годы угнетаются от вымокания, в сухие, в результате «отрыва» корней от грунтовых вод, по большей части усыхают. Таким образом, для сосны наиболее важным фактором устойчивости является резкая динамичность условий увлажнения, чем длительный дефицит влаги [2].

Все пробные площади были заложены на участках с недоступными для лесных культур грунтовыми водами. Водное питание древостоя происходит только за счет атмосферных осадков. В таких условиях важным обстоятельством является наличие в пределах корнедоступной зоны прослоев суглинка, псевдофибр, ортзандов, глинофибр, погребенных гумусовых горизонтов, которые являются водоупором и создают более благоприятные условия для произрастания, чем чистые кварцевые пески. Гаель А.Г. и Смирнова Л.Ф. (*Пески и песчаные почвы. М.: Геос, 1999. 252 с.*) отмечали положительное влияние на развитие древесных культур супесчаных и суглинистых прослоев. Оптимальная глубина верховодки на суглинке для сосны составляет 1,5-2 м. Однако в условиях, где весенней влагозарядки недостаточно для полного промачивания почв, иссушенные суглинистые прослойки становятся препятствием для проникновения корней, снижая таким образом мощность «производительного» слоя. А.Н. Маланьин (*Влияние глубины грунтовых вод на лесорастительные условия песков аридной зоны. Биологические науки. 1985. № 8. С. 93-101.*) указывал на то, что отрицательное влияние на рост древесных пород оказывают водоупорные суглинки на глубине менее 50 см. Им также установлена тесная связь между средними приростами в высоту культур сосны и глубиной залегания суглинистых прослоев на глубинах 50-180 см.

Немаловажным показателем является влагоемкость песка. Благоприятный водный режим складывается на супесчаных и связнопесчаных почвах, способных быстро впитать воду, удержать ее и отдать растениям. Безгумусные рыхлые пески имеют низкую влагоемкость (наименьшая влагоемкость – 3-4%) и большую влагопроводность (1-6 мм/мин), что создает условия дефицита влаги на протяжении большей части вегетационного периода. Однако такие пески выполняют важную экологическую функцию, обеспечивая подпитку грунтовых вод на протяжении всего года [5;6;9]. Воронков Н.А. (*О режиме влажности песчаных почв. Почвоведение. 1970. № 1. С. 79-90.*) отмечал, что «теоретически наиболее благоприятный водный режим будет иметь такая почва, которая способна возможно глубже увлажняться атмосферными осадками, пропуская в то же время минимальное количество влаги за пределы корнеобитаемого

слоя». Обоснованная оценка лесорастительных свойств возможна на основании конкретных условий увлажнения. Так, в крайне засушливых районах южной степи преимущество переходит к почвам более легкого гранулометрического состава.

Важным фактором, влияющим на лесорастительные условия, является степень дефлированности почвы. Негативными последствиями дефляции являются обеднение почвы питательными элементами, снижение ее водоудерживающей способности, уменьшение мощности корнеобитаемого слоя, что в конечном итоге сказывается на прогрессивном ухудшении лесорастительных условий. На глубоко дефлируемых почвах сосна зачастую растет по V классу бонитета (ПП1).

В конечном итоге на лесорастительные условия на песчаных массивах также влияют степень гумусированности и мощность гумусового горизонта, минералогический состав, плотность почвогрунта и др. В совокупности все эти факторы определяют производительность и долговечность сосновых насаждений на песках.

**Заключение.** На территории Етеревского песчаного массива сосна обыкновенная преимущественно произрастает по III классу бонитета. Низкобонитетные насаждения (V класс) произрастают на низковлагодоемких практически безгумусных песках и имеют запас около 20 м<sup>3</sup>/га. Старовозрастные древостои на мощных светлогумусовых почвах с глинистыми прослоями имеют бонитет III-IV и значительный запас – 280-340 м<sup>3</sup>/га.

Производительность и долговечность древостоя на автоморфных песчаных почвах во многом зависят от рельефа, перераспределяющего атмосферные осадки; мощности гумусового горизонта и степени его гумусированности; наличия и глубины залегания суглинистых прослоев (водоупоры благоприятно сказываются на росте древостоя при глубине залегания от 60 до 300 см, оптимальная глубина – 150-200 см); плотности почвогрунта (кварцевый безгумусный песок резко ограничивает глубину проникновения корней); эродированности почвы (дефлированные участки бедны питательными элементами и менее влагоемкие в сравнении с полнопрофильными почвами).

#### Литература:

1. Агроресомелиорация, изд. 5-е, перераб. и доп. / под ред. академиком РАСХН А.Л. Иванова и К.Н. Кулика. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. 746 с.
2. Воронков Н.А., Невзоров В.М. Транспирационный расход влаги и рост культур сосны обыкновенной при

остром дефиците увлажнения // Лесоведение. 1979. № 3. С. 31-40.

3. Галдина Т.Е., Хазова Е.П. Влияние климатогеографических факторов на адаптационную способность сосны обыкновенной // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10, № 3(39). С. 35-42. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.3/4

4. Крючков С.Н., Маттис Г.Я. Лесоразведение в засушливых условиях. Волгоград: Всероссийский научно-исследовательский агроресомелиоративный институт, 2014. 301 с.

5. Кулик А.К., Кулик К.Н., Балкушкин Р.Н. Террасовые пески и их роль в водопитании рек бассейна Дона // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 6(47). С. 742-754. DOI: 10.31857/S0321059620060085

6. Кулик А.К., Хныкин А.С. Водный режим сосновых насаждений в лизиметрических моделях и их влияние на грунтовый сток // Научно-агрономический журнал. 2020. № 2(109). С. 13-18. DOI: 10.34736/FNC.2020.109.2.002.13-18

7. Кулик К.Н. Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засух и опустынивания земель // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3(118). С. 8-13. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.001.08-13.

8. Кулик К.Н., Манаенков А.С., Есмагулова Б.Ж. Лесная мелиорация пастбищ засушливой зоны РФ и пути повышения ее эффективности // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3(63). С. 30-40. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-02

9. Кулик Н.Ф. Водный режим песков аридной зоны. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 280 с.

10. Манаенков А.С. Закономерности водного режима, роста и долговечности искусственных древостоев в засушливых условиях // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2017. № 221. С. 91-106. DOI: 10.21266/2079-4304.2017.221.91-106

11. Манаенков А.С. Лесомелиорация арен засушливой зоны. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. 428 с.

12. Манаенков А.С. Перспектива повышения эффективности использования низкопродуктивных сельскохозяйственных земель на юге России // Региональная экономика. Юг России. 2014. № 2(4). С. 64-72.

13. Румянцев Д.Е., Липаткин В.А., Черакшев А.В., Воробьева Н.С. Методические рекомендации по отбору ядер древесины для целей дендрохронологических исследований в лесоведении и лесоводстве. М.: Профессиональная наука, 2022. 44 с.

14. Brichta J., Vacek S., Vacek Z., Cukor J., Mikeska M., Bílek L., Šimůnek V., Gallo J., Brabec P., Štefančík I. (2023). Importance and potential of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in 21 st century. Central European Forestry Journal. 2023. № 69. P. 3-20. DOI: 10.2478/forj-2022-0020

15. Špulák O., Černý J. Scots pine potential under climate change conditions: review. Zpravy Lesnickeho Vyzkumu. 2023. № 68. P. 49-58.

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.007.46-51

## Features of *Pinus Sylvestris* Growth in the Yeterevkiy Sand Massif Various Soil Conditions

Roman N. Balkushkin✉, Junior Researcher, e-mail: balkushkin\_r@vfanc.ru, ORCID: 0000-0003-0987-6263

Alexander N. Salugin, Dr. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0002-5443-7326

Alexey K. Kulik, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0001-8736-5464

“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, Universitetskii Prospekt, 97, Volgograd, Russia

**Abstract.** The study of the forest crops growth features is important in the practice of afforestation in low-forest areas. Scotch pine (*Pinus sylvestris*) is widespread on the sandy lands of the Volgograd Region. Its growth and durability significantly depends on soil conditions. The task of the study was to determine the factors affecting its productivity in automorphic conditions. Taxational measurements of scots pine forest crops were carried out on test areas 25×25 m in square. Soil sections and burrowing wells were laid. At the same time sampling to determine soil moisture, density and granulometric composition was carried out. The different state of pine plantations is due to the variety of growing conditions on the territory of the Yeterevsky sandy massif. In the course of the research, up-to-date data on the morphological and physical properties of soils and the scots pine forest crops state on the Yeterevsky sand massif were obtained, factors affecting the productivity of forest plantations in automorphic conditions were identified. It has been established that forest crops of scots pine mainly have a class III bonitet, on low-moisture-intensive practically humus-free sands pine grows according to V-Va bonitet with a wood reserve of about 20 m<sup>3</sup>/ha. Ripe stands on thick light humus soils with clay interlayers grow according to the III-IV class of bonitet, the stock of stem wood here is 280-340 m<sup>3</sup>/ha. The collected materials can be used in the planning of forestry work, assessment of forest growing conditions and the effectiveness of forest-cultural activities.

**Keywords:** *Pinus sylvestris*, taxation, sandy massif, forest conditions

**Funding.** This study was carried out as the part of the State Assignment, no. 122020100450-9 «Development of New Methods for Optimal Bioresource Management in Agro-Landscapes of Arid Zone of the Russian Federation Using the Systemic-Dynamic Simulation of the Soil-Hydrological Processes, Complex Assessment of the Effects of Climate Change and Anthropogenic Pressure on Agro-Biological Potential and the Forest Site Conditions».

**Citation.** Balkushkin R.N., Salugin A.N., Kulik A.K. Features of *Pinus Sylvestris* Growth in the Yeterevkiy Sand Massif Various Soil Conditions. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;3(122):46-51. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.007.46-51

Received: 26.05.2023

Accepted: 11.09.2023

#### 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. Voronkov N.A., Nevzorov V.M. Transpiration moisture consumption and growth of Scots pine crops with acute

moisture deficiency. *Lesovedenie = Russian Journal of Forest Science*. 1979;3:31-40. (In Russ.)

3. Galdina T.E., Khazova E.P. Climatogeographic factors influence on the adaptive capacity of scots pine. *Lesotekhnicheskij zhurnal = Forestry Engineering Journal*. 2020;10,3(39):35-42. (In Russ.) DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.3/4.

4. Kryuchkov S.N., Mattis G.Ya. Afforestation in arid conditions. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2014. 301 p. (In Russ.)

5. Kulik A.K., Kulik K.N., Balkushkin R.N. Terraced sands and their role in the water supply of the Don basin rivers. *Vodnye resursy = Water Resources*. 2020; 47, 6(47): 742-754. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0321059620060085

6. Kulik A.K., Khnykin A.S. Water regime of pine plantations in lysimetric models and their influence on ground runoff. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2020;2(109):13-18. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2020.109.2.002.13-18.

7. Kulik K.N. The current state of protective forest plantations in the Russian Federation and their role in mitigating the effects of droughts and land desertification. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2022;3(118):8-13. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.001.08-13.

8. Kulik K.N., Manaenkov A.S., Esmagulova B.J. Forest reclamation of the arid zone pastures in Russian Federation and ways to improve its efficiency. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2021;3(63):30-40. (In Russ.) DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-02

9. Kulik N.F. Water regime of the arid zone sands. L. "Gidrometeoizdat" Publ. house. 1979. 280 p. (In Russ.)

10. Manayenkov A.S. Patterns of water regime, growth and durability of artificial forest stands in arid conditions. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2017; 221: 91-106. (In Russ.) DOI: 10.21266/2079-4304.2017.221.91-106

11. Manaenkov A.S. Forest reclamation of arid zone arenas. Volgograd. FSC of agroecology RAS Publ. house. 2018. 428 p. (In Russ.)

12. Manaenkov A.S. The prospect of increasing the efficiency of the use of low-productive agricultural land in the south of Russia. *Regionalnaya ekonomika. Yug Rossii = Regional economy. The South Of Russia*. 2014;2(4):64-72. (In Russ.)

13. Rumyantsev D.E., Lipatkin V.A., Cherakshv A.V., Vorobyeva N.S. Methodological recommendations for the wood cores selection for the purposes of dendrochronological research in forestry science and forestry production. Moscow "Professional'naya nauka" Publ. house. 2022. 44 p. (In Russ.)

14. Brichta J., Vacek S., Vacek Z., Cukor J., Mikeska M., Břek L., Šimůnek V., Gallo J., Brabec P., Štefančík I. (2023). Importance and potential of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in 21 st century. *Central European Forestry Journal*. 2023; 69:3-20. DOI: 10.2478/forj-2022-0020

15. Špláček O., Černý J. Scots pine potential under climate change conditions: review. *Zpravy Lesnického Vyzkumu*. 2023;68:49-58.

**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.

## Растения Красной книги Красноярского края (2022) в урбанофлоре г. Красноярска

Екатерина Михайловна Антипова✉, e-mail: katusha05@bk.ru, д.б.н., ORCID: 0009-0001-5534-050X  
Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева, e-mail: kspu@kspu,  
660049, ул. Ады Лебедевой, д. 89, г. Красноярск, Россия

**Аннотация.** Возрастающие масштабы и темпы урбанизации в современном мире делают ее важнейшей проблемой века, приобретающей глобальный характер. Город Красноярск (56° 04' с. ш. и 92° 45' в. д.) – административный центр Красноярского края – расположен на стыке Западносибирской равнины, Средне-сибирского плоскогорья и Саянских гор. Площадь города составляет около 400 км<sup>2</sup>. Флора исследовалась методом модельных выделов (МВ) урбанизированного ландшафта в сочетании с маршрутно-рекогносцировочным обследованием. Динамика флоры на урбанизированных территориях связана с проблемой сохранения биологического разнообразия как одной из ключевых проблем глобальной экологии. Целью работы явилось выявление редких охраняемых видов растений экосистем г. Красноярска. В результате впервые был исследован флористический состав растительных сообществ города в 26 МВ, что позволило выявить систематическое положение редких и охраняемых видов, их местообитания, обилие, определить лимитирующие факторы и категорию редкости. Урбанофлора г. Красноярска включает более половины охраняемых видов растений северных лесостепей Средней Сибири – 57,3% (70 вид), что говорит о сохранности ее природного ядра. Редкие краснокнижные виды обнаружены в 19 модельных выделах города. В условиях северных лесостепей и г. Красноярска уникальные редкие, реликтовые и эндемичные растения имеют более низкий статус редкости (0, 1) по сравнению с краевым (2, 3). Исследование выявило распространение и места скопления редких видов на территории города, что поможет в организации мероприятий по сохранению биоразнообразия.

**Ключевые слова:** модельные выделы, урбанофлора, охраняемые виды, эндемы, реликт, северо-восточная граница ареала.

**Финансирование.** Работа выполнена при поддержке гранта Красноярского краевого фонда науки «Флора г. Красноярска и стратегия ее сохранения», а также в рамках задания администрации Красноярского края о переиздании Красной книги (2022).

**Цитирование.** Антипова Е.М. Растения Красной книги Красноярского края (2022) в урбанофлоре г. Красноярска // Научно-агрономический журнал. 2023. 3(122). С. 52-59. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.008.52-59  
Поступила в редакцию: 24.07.2023

Принята к печати: 23.08. 2023

**Введение.** Города отражают наиболее концентрированную форму воздействия человека на природные ландшафты. Способствуя ускорению научно-технического прогресса, урбанизация имеет ряд негативных сторон, острой из которых – деградация окружающей среды. В связи с этим возникает серьезная необходимость улучшения многих параметров урбанизированной (городской) среды. С неуклонным ростом численности горожан в общей структуре населения страны актуальность этой проблемы все более возрастает.

Административным центром Красноярского края является г. Красноярск (56° 04' с. ш. и 92° 45' в. д.) с населением более 1 млн. человек [2]. Город расположен на южной окраине Красноярской лесостепи по обоим берегам р. Енисей в среднем течении. Высота над уровнем моря составляет 287 м. Город вытянут с запада на восток на 18–20 км по левобережью и до 25 км по правому берегу р. Енисей с глубиной застройки по 3–4 км на обоих берегах реки, где сочетаются районы, застроенные много десятилетий назад, и новые периферийные районы, застройка которых началась 10–15 лет назад и еще продолжается. В настоящее время пло-

щадь города составляет около 400 км<sup>2</sup>. Климат города резко континентальный. Средняя t° января – -17,4°C, июля – +19,1°C, средняя годовая t° – +0,9°C. Годовое количество осадков – 349 мм.

Характер растительного покрова г. Красноярска обусловлен расположением вблизи границ лесостепного и горнотаёжного природных комплексов и антропогенным воздействием [2]. В пределах городской черты и зелёной зоны выражены три типа флоры: аборигенная, интродуцированная и адвентивная.

Редкие виды в природе являются уязвимой биологической группой. Они, как правило, имеют ограниченный ареал, популяции их обладают низкой интенсивностью вегетативного и семенного размножения и невысокими показателями обилия. При усилении степени хозяйственного вмешательства человека в природные эколого-ценотические комплексы, что на современном этапе показательно для всех лесостепных территорий Средней Сибири и урбанофлор, группа ограниченных в распространении видов переходит в разряд исчезающих. Поэтому изучение состояния популяций редких и реликтовых видов, сообществ, поиск

путей для их сохранения в природных комплексах становится весьма актуальной задачей ботаников данного региона.

Целью работы явилось выявление редких и охраняемых видов растений экосистем г. Красноярска для сохранения и восстановления зеленых насаждений и дальнейшего мониторинга.

**Материалы и методы исследований.** Исследование по выявлению флоры г. Красноярска проводилось с 2003 года. Основной объем фактического материала (более 7 000 гербарных образцов, около 250 геоботанических описаний) был получен при проведении многолетних экспедиционных работ на территории города с включением фондовых материалов Гербария им. Л.М. Черепнина Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева (KRAS), Сибирского федерального университета (KRSU), Гербариев им. П.Н. Крылова ТГУ (ТК), Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (Новосибирск, NS, NSK), Красноярского краевого краеведческого музея, Гербариев им. Д.П. Сырейщикова (Москва, MW), Ботанического Института РАН (г. Санкт-Петербург, LE).

В качестве основного метода исследования был выбран метод модельных выделов (МВ) урбанизированного ландшафта [4] в сочетании с маршрутно-рекогносцировочным обследованием. Наиболее детально обследовались в качестве МВ сохранившиеся участки природных ландшафтов. Конспект флоры сосудистых растений был составлен по материалам 26 изученных МВ, зало-

женных более или менее равномерно по территории города [1; 2].

Критически проанализированы и учтены данные основных флористических сводок по региону: «Флора южной части Красноярского края» Л.М. Черепнина [25], «Флора Красноярского края» [23], «Флора Сибири» [24], «Конспект флоры Сибири» [5], «Конспект флоры Азиатской России» [6] и т.д. Привлечены монографические обработки таксонов и описания новых видов, статьи, в которых приводятся флористические находки в г. Красноярске и его бывших окрестностях [7; 8; 11].

**Результаты и их обсуждение.** Собранный материал к исследованной флоре существенно пополнил состав коллекций Гербария им. Л. М. Черепнина кафедры биологии, химии и экологии КГПУ им. В.П. Астафьева (KRAS) и частично передан в гербарии ЦСБС СО РАН (г. Новосибирск, NS), Красноярского краеведческого музея.

В связи с техногенными нагрузками и рекреацией в г. Красноярске особое значение имеют исследования сохранившихся на территории города участков зонального растительного покрова, которые являются местами обитания редких и исчезающих видов и служат естественным препятствием на пути распространения адвентивных растений. С целью оценки современного состояния редких и исчезающих видов растений во флоре г. Красноярска нами выявлены виды сосудистых растений, которые по распространению и состоянию популяций внесены в Красную книгу Красноярского края [12] и на данный момент предложены к охране (таблица).

Таблица. Охраняемые виды растений флоры северных лесостепей Средней Сибири и г. Красноярска

Семейство / вид	Категории редкости				
	Красная книга Красноярского края				Северные лесостепи / г. Красноярск (Антипова, 2012; Антипова, Антипова, 2016)
	Северные лесостепи Средней Сибири		г. Красноярск		
Alliaceae					
<i>Allium rubens</i>	1	1	1	*	0/* (сев.-вост. граница ареала)
<i>Allium monochorum</i>	*	*	*	3	*/1 (эндемик)
<i>Allium nutans</i>	3	3	3	*	1/* (сев.-вост. граница ареала)
Apiaceae					
<i>Seseli ledebourii</i>	1	1	1	*	1/* (сев.-вост. граница ареала)
<i>Phlojodicarpus sibiricus</i>	*	*	3	3	2/1 (западная граница ареала)
<i>Thyselium palustre</i>	*	3	3	*	1/* (восточная граница ареала)
Asteraceae					
<i>Alfredia cernua</i>	3	3	3	*	1/* (сев.-вост. граница ареала, южно-сибирский эндемик, неморальный реликт)
<i>Arctogeron gramineum</i>	*	3	3	*	0/* (сев.-зап. граница ареала, сибирский эндемик)
<i>Tephrosieris porphyrantha</i>	3	3	3	*	2/* (сев.-вост. граница ареала, сибирский эндемик)
<i>Hieracium krylovii</i>	3	3	3	*	1/* (сев.-зап. граница ареала, алтае-саянский эндемик, неморальный реликт)
<i>Hieracium veresczaginii</i>	*	*	3	3	1/1
<i>Ligularia abakanica</i>	*	*	*	*	3/* (северная граница ареала)
<i>Ligularia glauca</i>	*	*	3	*	1/* (сев.-вост. граница ареала)
<i>Pilosella pinea</i>	2	2	2	2	1/1 (восточная граница ареала, южносибирский эндемик)

<i>Scorzonera purpurea</i>	*	*	3	3	2/1 (восточная граница ареала)
<i>Tephrosia porphyrantha</i>	3	3	3	*	2/*
Athyriaceae					
<i>Cystopteris sudetica</i>	3	3	3	*	1/* (реликт третичного периода)
Boraginaceae					
<i>Brunnera sibirica</i>	*	*	*	*	*(алтае-саянский эндемик, неморальный реликт)
<i>Erythrichium jenseiense</i>	*	3	3	3	3/2 (эндемик приенисейских степей)
<i>E. pectinatum</i>	*	3	3	3	3/3
<i>Myosotis butorinae</i>	*	3	3	*	2/* (эндемик)
<i>Myosotis krylovii</i>	*	2	2	*	1/1 (неморальный реликт)
<i>Myosotis jenseiense</i>	*	*	2	2	1/1 (эндемик)
Botrychiaceae					
<i>Botrychium multifidum</i>	3	3	3	*	1/* (неморальный реликт)
<i>Botrychium virginianum</i>	3	3	3	*	2/* (неморальный реликт)
Brassicaceae					
<i>Alyssum turkestanicum</i>	3	3	3	*	1/* (сев.-вост. граница ареала)
<i>Cardamine impatiens</i>	*	3	3	3	2/1 (неморальный реликт)
<i>Dentaria sibirica</i>	*	3	3	3	2/1 (алтае-саянский эндемик)
<i>Erysimum altaicum</i>	*	*	3	3	2/1 (северная граница ареала)
Campanulaceae					
<i>Adenophora subjenseiense</i>	*	*	3	*	1/* (эндемик)
Caprifoliaceae					
<i>Lonicera xylosteum</i>	*	3	3	*	2/* (восточная граница ареала)
Caryophyllaceae					
<i>Dianthus deltoides</i>	2	2	2	*	1/* (восточная граница ареала)
Chenopodiaceae					
<i>Krascheninnikovia ceratoides</i>	2	2	2	2	2/1 (реликт плейстоценовых лесостепей)
Crassulaceae					
<i>Hylotelephium populifolium</i>	2	2	2	*	0/* (алтае-саянский эндемик, реликт)
Cyperaceae					
<i>Carex sajanensis</i>	2	2	2	2	1/1 (западная граница ареала)
Dryopteridaceae					
<i>Dryopteris filix-mas</i>	3	3	3	*	1/* (неморальный реликт)
Ericaceae					
<i>Calluna vulgaris</i>	1	1	1	*	0/* (восточная граница ареала)
<i>Vaccinium x intermedium</i>	*	*	3	*	1/*
Equisetaceae					
<i>Equisetum ramosissimum</i>	*	*	1	1	1/0 (сев.-вост. граница ареала, реликт)
Fabaceae					
<i>Astragalus ionae</i>	2	2	2	2	1/1 (сев.-зап. граница ареала, южносибирский эндемик)
<i>Astragalus alopecurus</i>	*	*	3	*	1/* (сев.-вост. граница ареала)
<i>Astragalus palibinii</i>	3	3	3	3	3/2 (северная граница ареала, эндемик приениских степей)
<i>Astragalus propinquus</i>	*	*	3	3	2/1 (северная граница ареала)
<i>Astragalus vaginatus</i>	3	3	3	3	1/1 (сев.-вост. граница ареала, южносибирский эндемик)
<i>Astragalus versicolor</i>	*	*	*	3	*2 (сев.-зап. граница ареала)
<i>Hedysarum turczaninovichii</i>	*	*	2	2	2/1 (сев.-вост. граница ареала, эндемик Южной Сибири)
<i>Oxytropis nuda</i>	1	1	*	1	*0 (северная граница ареала, эндемик приениских степей, реликт ледниковой эпохи плейстоцена)

<i>Oxytropis ammophila</i>	2	2	2	2	1/0 (северная граница ареала, эндемик приениских степей)
<i>Oxytropis ampullata</i>	2	2	*	2	*/0 (северная граница ареала)
Fumariaceae					
<i>Corydalis subjenissensis</i>	*	3	3	3	2/2 (эндемик приениских степей)
Iridaceae					
<i>Iris bloudowii</i>	3	3	3	3	1/* (северная граница ареала, алтае-саянский эндемик)
<i>Iris humilis</i>	3	3	3	3	3/2 (северная граница ареала)
<i>Iris potaninii</i>	1	1	1	*	0/* (северная граница ареала, южносибирский эндемик)
Lamiaceae					
<i>Panzeria canescens</i>	1	1	1	*	0/* (алтае-саянско-монгольский гемиэндемик)
<i>Panzeria argyraceae</i>	*	2	*	2	*/1 (северная граница ареала)
<i>Stachys sylvatica</i>	3	3	3	*	1/* (восточная граница ареала, реликт третичного периода)
Liliaceae					
<i>Gagea altaica</i>	2	2	*	2	*/1 (алтае-саянский эндемик)
<i>Gagea longiscapa</i>	2	2	*	2	*/0 (западная граница ареала)
<i>Gagea fedtschenkoana</i>	2	2	*	2	*/1 (восточная граница ареала)
<i>Hemerocallis minor</i>	3	3	3	3	3/3
<i>Lilium pumilum</i>	2	2	2	2	2/2 (сев.-зап. граница ареала, реликт плиоценового степного комплекса)
<i>Lilium pensylvanicum</i>	2	2	2	*	1/* (сев.-зап. граница ареала)
<i>Tulipa uniflora</i>	1	1	1	*	0/* (северная граница ареала)
<i>Tulipa heteropetala</i>	2	2	2	*	1/0
Menispermaceae					
<i>Menispermum dauricum</i>	2	2	2	2	1/0 (сев.-зап. граница ареала, неморальный реликт)
Nymphaeaceae					
<i>Nuphar pumila</i>	2	2	2	2	1/0
<i>Nymphaea candida</i>	3	3	3	*	2/*
<i>Nymphaea tetragona</i>	3	3	3	3	1/0
Onagraceae					
<i>Epilobium montanum</i>	2	2	2	*	0/* (неморальный реликт)
Ophioglossaceae					
<i>Ophioglossum vulgatum</i>	2	2	2	*	0/* (реликт третичного периода)
Orchidaceae					
<i>Calypso bulbosa</i>	2	2	2	2	1/1 (Красная книга РФ)
<i>Cypripedium calceolus</i>	2	2	2	2	2/1 (Красная книга РФ)
<i>Cypripedium guttatum</i>	3	3	3	3	3/2
<i>Cypripedium macranthon</i>	2	2	2	2	2/1 (Красная книга РФ)
<i>Cypripedium ventricosum</i>	*	2	*	2	1/1 (Красная книга РФ)
<i>Dactylorhiza cruenta</i>	*	3	3	*	3/*
<i>Dactylorhiza longifolia</i>	2	2	2	*	2/* (Красная книга РФ)
<i>Dactylorhiza russowii</i>	2	2	*	2	*/1 (восточная граница ареала)
<i>Epipactis helleborine</i>	3	3	3	3	3/2
<i>Epipactis palustris</i>	*	3	3	*	2/*
<i>Epipogium aphyllum</i>	2	2	2	*	2/* (Красная книга РФ) и
<i>Listera ovata</i>	3	3	3	*	2/*
<i>Neottia krasnojarsica</i>	2	2	2	2	2/1 (красноярско-канский эндемик)
<i>Neottianthe cucullata</i>	3	3	3	3	3/2 (Красная книга РФ)
<i>Orchis militaris</i>	2	2	2	2	2/0 (северная граница ареала)



<i>Platanthera fuscescens</i>	3	3	3	3	0
Papaveraceae					
<i>Papaver chakassicum</i>	4	4	4	4	1/1 (северная граница ареала, эндемик приениских степей)
Poaceae					
<i>Glyceria notata</i>	1	1	1	*	1/* (реликт третичного периода)
<i>Deschampsia kaschinae</i>	*	1	*	1	*1 (красноярский эндемик)
<i>Festuca sibirica</i>	*	*	3	3	2/1
<i>Elymus pendulinus</i>			2	*	1/* (неморальный реликт)
<i>Koeleria krylovii</i>	*	*	*	3	*0 (эндемик)
<i>Koeleria thonii</i>	*	*	2	2	2/1
<i>Melica altissima</i>	3	3	*	3	*0 (сев.-вост. граница ареала)
<i>Melica transsylvanica</i>	3	3	*	3	*0 (северная граница ареала)
<i>Poa urjanchaica</i>	*	2	*	2	*0
<i>Stipa dasyphylla</i>	*	1	1	*	0/* (сев.-вост. граница ареала)
<i>Stipa pennata</i>	3	3	3	3	3/2
<i>Stipa zalesskii</i>	2	2	2	*	0/* (сев.-вост. граница ареала)
Polemoniaceae					
<i>Phlox sibirica</i>	2	2	2	2	2/1 (реликт плиоценового степного комплекса)
Primulaceae					
<i>Primula serrata</i>	*	3	3	3	3/2 (западная граница ареала)
<i>Primula cortusoides</i>	*	*	2	2	2/2 (восточная граница ареала)
Pyrolaceae					
<i>Chimaphila umbellata</i>	3	3	3	*	2/*
Ranunculaceae					
<i>Anemonoides caerulea</i>	3	3	3	3	1/0 (сибирский эндемик)
<i>Delphinium retropilosum</i>	3	3	3	*	2/* (сев.-вост. граница ареала, эндемик юга Западной Сибири)
<i>Caltha natans</i>	3	3	3	*	2/* (западная граница ареала)
<i>Thalictrum baicalense</i>	3	3	3	*	2/* (северная граница ареала, неморальный реликт)
Rosaceae					
<i>Filipendula vulgaris</i>	1	1	1	*	1/* (восточная граница ареала)
<i>Fragaria moschata</i>	*	*	2	2	1/2 (восточная граница ареала, реликт)
<i>Pentaphylloides parvifolia</i>	1	1	*	1	*0
Scrophulariaceae					
<i>Scrophularia multicaulis</i>	2	2	*	2	0/1 (приенисейский эндемик)
<i>Veronica officinalis</i>	1	1	1	*	0/* (неморальный реликт)
<i>Veronica reverdattoi</i>	2	2	*	2	*/1 (сев.-вост. граница ареала, эндемик тувинско-хакасско-красноярский)
<i>Veronica sergievskiana</i>	*	3	*	3	*/1 (эндемик Южной Сибири)
Tiliaceae					
<i>Tilia nasczokinii</i>	1	1	*	1	*/1 (неморальный реликт)
Trapaceae					
<i>Trapa natans</i> ( <i>T. longicornis</i> )	1	1	1	*	0/* (эндем канский)
Violaceae					
<i>Viola dactyloides</i>	3	3	*	3	*0 (западная граница ареала, неморальный реликт)
<i>Viola dissecta</i>	3	3	3	3	3/2 (северная граница ареала)
<i>Viola incisa</i>	1	1	1	*	1/*

<i>Viola milanae</i>	*	*	2	2	1/1
<i>Viola patrinii</i>	3	3	*	3	* / 0 (западная граница ареала)
<i>Viola tatianae</i>	*	*	*	1	* / 1 (эндемик)

Примечание: Цифры 0, 1, 2, 3, 4 – категории редкости, принятые в Красной книге Красноярского края (2022), \* – отсутствие местонахождений; сев.-зап. – северо-западная; сев.-вост. – северо-восточная; виды, отмеченные только в городе, не указываются в лесостепях.

В результате проведенного анализа в Красную книгу Красноярского края по северным лесостепям Средней Сибири внесено 122 вида, относящихся к 80 родам и 38 семействам [12]. Среди них 35 эндемичных, 26 видов реликтового происхождения, 59 видов на границе ареалов. Выделенные виды имеют неопределённый статус 4 (I), статус 3 (R) – редкие виды, статус 2 (V) – уязвимые виды, статус 1 (E) – виды, находящиеся под угрозой исчезновения, 0 (Ex) – вероятно исчезнувшие виды.

Редкие краснокнижные виды обнаружены в 19 МВ города. Более всего краснокнижных видов обнаружено в МВ «Академгородок» и «п. Удачный» – по 20 видов, «Базаиха» – 19 видов, на «Николаевской сопке» – 15, на «о. Отдыха» – 13 видов, в «Покровке» – 8, на «Флодово-ягодной станции», «о. Татышев» и «Бугаче» – по 7, по 6 видов – в «Ветлужанке» и «Верхних Черемушках», по 5 видов – в «Солнечном» и «Верхней Базаихе», в районе «БСМП» – 4 вида, по 3 вида в МВ «Красноярский металлургический завод» и «СФУ», по 2 вида – в районах «ст. Енисей» и «Каменного квартала», 1 вид отмечен на «Пашенном».

В г. Красноярске выделен ограниченный ряд особо охраняемых природных территорий, которые представляют интерес с ботанической точки зрения. Это дендрарий Сибирского государственного технологического университета, основанный в 1984 г., в котором собрана коллекция древесно-кустарниковых видов ив и лип; ботанический сад им. В.М. Крутовского, основанный в 1995 г., где на площади в 28,37 га охраняется коллекция плодовых и декоративных растений (местных и интродуцированных). Также существует гидрологический памятник природы – родник в районе Академгородка, получивший данный статус в 1984 г.

В настоящее время на территории г. Красноярска можно предложить к охране урбанофобные растительные сообщества, где отмечаются местонахождения редких видов: сохранившиеся участки естественных лесов в районе Академгородка, Николаевской Сопки, лесные участки в районе поселков Удачный и Базаиха, Плодово-ягодной станции, Ветлужанки, гидрологический участок озеро-парк «Октябрьский» в районе мясокомбината, побережья р. Енисей, острова в черте города (о. Отдыха, о. Татышев), степные участки с комплексом ксерофильной флоры по берегам р. Енисей, в Покровке на г. Караульной, на г. Бугач. Данные территории подвергаются не планомерному освоению и наибольшей эксплуатации со стороны населения города.

Согласно принципам выделения видов растений, предлагаемых к охране [7; 8; 19] во флоре

г. Красноярска следует охранять следующие.

1. Виды сосудистых растений (70), которые по распространению и состоянию популяций внесены в Красную книгу Красноярского края [12] и предложены к охране в других изданиях [9; 10; 11]. Основными лимитирующими факторами на территории города являются сбор растений в качестве лекарственного и пищевого сырья, на букеты, прямое уничтожение мест обитания при застройке жилыми массивами, прокладке дорог, увеличение рекреационной нагрузки, нередко природные экзогенные геоморфологические процессы.

2. Редкие эндемичные и реликтовые растения различного склада и возраста, изучение которых важно для понимания генезиса изучаемой флоры [16; 20]. Среди эндемичных видов выделяются эндемики алтае-саянские (*Corydalis subjenissensis* Antipova, *Oxytropis nuda* Basil., *Koeleria thonii* Domin, *Veronica reverdattoi* Krasnob. и др.), западносибирско-алтае-саянские (*Anemonoides caerulea* (DC.) Holub, *Tilia nasczokinii* Stepanov), западносибирско-алтае-саеано-забайкальские (*Ranunculus submarginatus* Ovcz., *Potentilla martjanovii* Polozh., *Taraxacum pratense* Krasnikov, *Potamogeton chakassiensis* (Kaschina) Volobaev, *Agrostis sibirica* V. Petrov и др.), алтае-саянско-забайкальские (*Poa krylovii* Reverd., *Thymus iljinii* Klok. et Shost., *Agropyron angarensis* Peschkova, *Arctopoa subfastiginata* (Trin.) Probat., *Setaria glareosa* V. Petrov и др.), забайкальские (*Elisanthe aprica* subsp. *daurica* Zuev., *Veronica sergievskiana* Polozh., *Poa transbaicalica* Roshev.) [13; 14; 15].

3. Реликтовые виды представлены видами неморального комплекса (*Viola dactyloides* Schult., *Corydalis bracteata* (Steph.) Pers., *Tilia cordata* Mill., *Cardamine impatiens* L. и др.) [17], степных плиоценовых комплексов (*Lilium pumilum* Delile, *Phlox sibirica* L., *Helictotrichon desertorum* (Less.) Nevski, *Plantago cornuti* Gouan и др.) [15], собственно-гляциальных (*Bistorta vivipara* (L.) S.F. Gray, *Gentiana decumbens* L. fil., *Cortusa sibirica* Andrz. и др.) и перигляциально-степных реликтов (*Erysimum flavum* (Georgi) Bobr., *Potentilla sericea* L., *Chamaerhodos erecta* (L.) Bunge и др.) [18].

4. Виды, имеющие хозяйственное значение, сокращающие ареал и численность популяций. Наиболее уязвимыми являются виды, имеющие лекарственное, декоративное, пищевое и техническое значение (*Anemone sylvestris* L., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Pteridium pinetorum* C.N. Page et R.R. Mill., *Adonis sibirica* Patr. ex Ledeb., *Trollius asiaticus* L., *Paeonia anomala* L., *Aquilegia sibirica* Lam., *Fragaria vesca* L., *F. viridis* (Duch.) Weston, *Rubus idaeus*

L., *Ribes nigrum* L., *Cypripedium guttatum* Sw., *C. calceolus* L., *C. macranthon* Sw., *Lilium pumilum* Delile, *L. pilosiusculum* (Frey) Misch., *Hemerocallis minor* Mill., *Padus avium* Mill., *Origanum vulgare* L., *Patrinia rupestris* (Pall.) Duf., *Orthilia secunda* (L.) House, *Stipa pennata* L. и др.).

**Заключение.** Унификация природной среды городов приводит к потере разнообразия, присущего естественной природной флоре, синантропизации растительного покрова, обеднению генофонда, космополитизации и унификации аборигенной флоры, уменьшению потенциальных возможностей эволюции, искусственному обеднению филогенеза и филоценогенеза. В результате изменяются самобытные, исторически обусловленные региональные черты растительного покрова города, но в то же время приобретаются специфические, индивидуальные особенности. Формирование флоры и растительности на городских территориях происходит в значительной мере стихийно. Знание основных закономерностей процесса позволяет целенаправленно вмешиваться в его ход и приводить стихийный характер формирования растительного покрова в соответствие с плановой основой развития самого города. Для этого необходимо выявление всех видов, требующих охраны и мест их обитания, изучение экологии и биологии, контроль за состоянием популяций редких и исчезающих видов, запрет сбора в лекарственных и декоративных целях, восстановление утраченных видов растений, упорядочения рекреации зелёных зон, создание искусственного рефугиума (убежища) охраняемых видов, создание памятников природы в пределах урбанизированного района.

#### Литература:

1. Антипова Е.М. Флора внутриконтинентальных островных лесостепей Средней Сибири. Красноярск: КГПУ, 2012. С. 107–576.
2. Антипова С.В., Антипова Е.М. Урбанофлора города Красноярска (сосудистые растения) / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2016. 327 с.
3. Беглянова М.И., Кашина Л.И., Смирнова В.А. Интересные находки растений в Красноярском крае // Вопросы ботаники и физиологии растений. Вып. 5. Красноярск: КГПИ, 1974. С. 52–54.
4. Ильминских Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды. Екатеринбург: изд-во УрО РАН, 2014. 470 с.
5. Конспект Флоры Сибири: Сосудистые растения. Новосибирск: Наука, 2005. 362 с.
6. Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения. Новосибирск: СО РАН, 2012. 640 с.
7. Красная книга СССР. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. Т.2. М.: Лесная промышленность, 1984. 478 с.
8. Красная книга России. Животные и растения. М.: Росмэн, 2002. С. 236–393.
9. Красная книга Красноярского края. Т.2. Красноярск: Поликом, 2005. 368 с.
10. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: КМК, 2008. 855 с.
11. Красная книга Красноярского края / Степанов Н.В., Андреева Е.Б., Антипова Е.М. и др. Красноярск, 2012. 576 с.
12. Красная книга Красноярского края. Т.2, Ч. 1-2. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений и грибов / Н. В. Степанов, Е.М. Антипова, С.В. Антипова и др. Красноярск: СФУ, 2022. 762 с.
13. Пешкова Г.А. Степная флора Байкальской Сибири. М.: Наука, 1972. 207 с.
14. Положий А.В. Ледниковые реликтовые виды и ассоциации в нижнем течении рек Подкаменной Тунгуски и Чуни // Растительный покров Красноярского края. Вып.1. Новосибирск: Наука, 1964. С. 60–64.
15. Положий А.В., Мальцева А.Т. Эндемичные виды во флоре Приенисейских степей // Бот. журн. 1976. Т.61. № 7. С. 910–925.
16. Положий А.В. Флора Приенисейской Сибири // Бот. журн. 1984. Т.69. № 2. С. 217–222.
17. Положий А.В., Крапивкина Э.Д. Реликты третичных широколиственных лесов во флоре Сибири. Томск: ТГУ, 1985. 155 с.
18. Ревердатто В.В. Ледниковые реликты во флоре Хакасских степей // Труды Томск. ун-та. Томск: ТГУ, 1934. С. 1–19.
19. Редкие и исчезающие растения Сибири. Новосибирск: Наука, 1980. 223 с.
20. Рябовол С.В. Об эндемичных и реликтовых видах во флоре г. Красноярска // Ботан. исслед. в Сибири, вып. 13. Красноярск, 2005. С. 142–144.
21. Степанов Н.В., Заворохина М.В. О находках редких и новых для Красноярского края видов сосудистых растений // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 2000. Т.105. Вып. 2. С. 56.
22. Степанов Н.В. Флора северо-востока Западного Саяна и острова Отдыха на Енисее (г. Красноярск). Красноярск: КГУ, 2006. 170 с.
23. Флора Красноярского края. Томск: ТГУ; Новосибирск: Наука, 1964–1983. Т. 1–10.
24. Флора Сибири: В 14 т. Новосибирск: Наука, 1987–2003.
25. Черепнин Л.М. Флора южной части Красноярского края. Красноярск: КГПИ, 1957. 1967. Т. 1–6.

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.008.52-59

## Plants of the Krasnoyarsk Region Red Book (2022) in the Urban Flora of Krasnoyarsk

**Ekaterina M. Antipova** ✉, e-mail: katusha05@bk.ru, Dr. Sci. (Biol.), ORCID: 0009-0001-5534-050X  
Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev,  
660049, Ada Lebedeva str., 89, Krasnoyarsk, Russia

**Abstract.** The increasing scale and pace of urbanization in the modern world make it the most important problem of the century, acquiring a global character.

The city of Krasnoyarsk (56 °04' N and 92 °45' E) is the administrative center of the Krasnoyarsk Region, located at the junction of the West Siberian Plain,

the Middle Siberian Plateau and the Sayan Mountains. City area is about 400 km<sup>2</sup>. The flora was studied by the method of model allotments (MA) of an urbanized landscape in combination with a route-reconnaissance survey. Flora dynamics in urbanized territories is associated with the preserving biological diversity problem as one of the key problems of global ecology. The purpose of the work was to identify rare protected plant species in the Krasnoyarsk city ecosystems. As a result, the floristic composition of the city plant communities in 26 MA was studied for the first time, which made it possible to identify the systematic position of rare and protected species, their habitats, abundance, to determine the limiting factors and the category of rarity. Urban flora of Krasnoyarsk city includes more than half of the protected plant species of the northern forest-steppe of Central Siberia – 57.3% (70 species), which indicates the preservation of its natural core. Rare species from the Red Book were found in 19 model allotments in the city. In the conditions of the northern forest-steppes and Krasnoyarsk city, unique rare, relict and endemic plants have a lower rarity status (0, 1) compared to the regional one (2, 3). The study revealed the distribution and places of rare species accumulation in the city, which will help in organizing biodiversity conservation activities.

**Keywords:** model allotments, urban flora, protected species, endemics, relict, the north-eastern border of the areal

**Funding.** The work was carried out with the support of a grant from the Krasnoyarsk Regional Science Foundation “Flora of Krasnoyarsk and its conservation strategy”, as well as within the framework of the task from the administration of the Krasnoyarsk Region on the Red Book (2022) reissue.

**Citation.** Antipova E.M. Plants of the Krasnoyarsk Region Red Book (2022) in the Urban Flora of Krasnoyarsk. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;3 (122):52-59. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.008.52-59  
Received: 24.07.2023 Accepted: 23.08. 2023

#### References:

1. Antipova E.M. Flora of the intracontinental island forest-steppes in Central Siberia. Krasnoyarsk: KSPU named after V.P. Astafyev Publ. house. 2012. pp. 107-576. (In Russ.)
2. Antipova S.V., Antipova E.M. Urban flora of the Krasnoyarsk city (vascular plants). Krasnoyarsk: KSPU named after V.P. Astafyev Publ. house. 2016. 327 p. (In Russ.)
3. Beglyanova M.I., Kashina L.I., Smirnova V.A. Interesting plant finds in the Krasnoyarsk Territory. *Voprosy botaniki i fiziologii rastenij*; 5. Krasnoyarsk. KSPI Publ. house. 1974. pp. 52-54. (In Russ.)
4. Ilminskikh N.G. Florogenesis in an urbanized environment. Ekaterinburg. UB RAS Publ. house. 2014. 470 p. (In Russ.)

5. Synopsis of the Siberian Flora: Vascular plants. Novosibirsk. “Nauka” Publ. house. 2005. 362 p. (In Russ.)
6. Synopsis of the Asian Russia’s flora: Vascular plants. Novosibirsk: SB RAS Publ. house. 2012. 640 p. (In Russ.)
7. The Red Book of the USSR. Rare and endangered species of animals and plants. Vol. 2. Moscow. “Lesnaya promyshlennost” Publ. house. 1984. 478 p. (In Russ.)
8. The Red Book of Russia. Animals and plants. Moscow “Rosmen” Publ. house. 2002. pp 236-393. (In Russ.)
9. The Red Book of the Krasnoyarsk Region. Vol.2. Krasnoyarsk. “Polykom” Publ. house. 2005. 368 p. (In Russ.)
10. Red Book of the Russian Federation (plants and fungi). M. KMK Publ. house. 2008. 855 p. (In Russ.)
11. The Red Book of the Krasnoyarsk Region. (Edited by Stepanov N.V., Andreeva E.B., Antipova E.M. et al). Krasnoyarsk. 2012. 576 p. (In Russ.)
12. The Red Book of the Krasnoyarsk Region. Vol.2, Pts. 1-2. Rare and endangered species of wild plants and fungi (Edited by Stepanov N. V., Antipova E.M., Antipova S.V. et al). Krasnoyarsk. SibFU Publ. house. 2022. 762 p. (In Russ.)
13. Peshkova G.A. Steppe flora of Baikal Siberia. M. “Nauka” Publ. house. 1972. 207 p. (In Russ.)
14. Polozhiy A.V. Glacial relict species and associations in the lower watercourse of the Podkamennaya Tunguska and Chunya rivers. *Rastitel’nyj pokrov Krasnoyarskogo kraja*. Novosibirsk. “Nauka” Publ. house. 1964;1:60-64. (In Russ.)
15. Polozhiy A.V., Maltseva A.T. Endemic species in the Near-Yenisei steppes flora. *Botanicheskii Zhurnal*. 1976; 61(7):910-925. (In Russ.)
16. Polozhiy A.V. Flora of Near-Yenisei Siberia. *Botanicheskii Zhurnal*. 1984;69(2):217-222. (In Russ.)
17. Polozhiy A.V., Krapivkina E.D. Relics of tertiary broad-leaved forests in the flora of Siberia. Tomsk. TSU Publ. house. 1985. 155 p. (In Russ.)
18. Reverdatto V.V. Glacial relics in the flora of the Khakassian steppes. *Trudy Tomskogo universiteta*. Tomsk. TSU Publ. house. 1934. pp. 1-19. (In Russ.)
19. Rare and endangered plants of Siberia. Novosibirsk. “Nauka” Publ. house. 1980. 223 p. (In Russ.)
20. Ryabovol S.V. About endemic and relict species in the flora of Krasnoyarsk city. *Botanicheskie issledovaniya v Sibiri*; Krasnoyarsk. 2005;13:142-144. (In Russ.)
21. Stepanov N.V., Zavorokhina M.V. On the findings of rare and new vascular plant species for the Krasnoyarsk Region. *Byulleten’ Moskovskogo obshchestva ispytatelej prirody = Bulletin of Moscow Society of Naturalists*. 2000;105(2):56. (In Russ.)
22. Stepanov N.V. Flora of the Western Sayan north-east and the Otdykh Island on the Yenisei river (Krasnoyarsk city). Krasnoyarsk. KSU Publ. house. 2006. 170 p. (In Russ.)
23. Krasnoyarsk Region flora. Tomsk. TSU Publ. house; Novosibirsk. “Nauka” Publ. house. 1964-1983. Vol. 1-10. (In Russ.)
24. Flora of Siberia: In 14 tomes. Novosibirsk. “Nauka” Publ. House. 1987-2003. (In Russ.)
25. Cherepnin L.M. Flora of the Krasnoyarsk Region southern part. 1-6. Krasnoyarsk: KSPU named after V.P. Astafyev Publ. house. 1957, 1967. Vol. 1-6. (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.

## Особенности адаптации древесных и кустарниковых видов в архиве популяций и клонов насаждений г. Волгограда

Сергей Анатольевич Егоров, м.н.с., ORCID: 0000-0001-8234-7355

Сергей Николаевич Крючков, д.с.-х.н., г.н.с., ORCID: 0000-0001-8338-6460

Андрей Валерьевич Солонкин, д.с.-х.н., г.н.с., ORCID: 0000-0002-1576-7824

Александра Сергеевна Соломенцева✉, alexis2425@mail.ru, к.с.-х.н., с.н.с., ORCID: 0000-0002-5857-1004

Алмагуль Кадыргалиевна Романенко, м.н.с., ORCID: 0000-0002-6705-6135

Дарья Алексеевна Горбушова, лаборант-исследователь, ORCID: 0009-0006-4978-4143

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

**Аннотация.** Подбор адаптированных древесных и кустарниковых видов для существующих насаждений г. Волгограда и области в условиях опустынивания и деградации ландшафтов является весьма актуальным. Проведены исследования роста, состояния водного режима таких видов, как карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.), дуб крупноплодный (*Quercus macrocarpa* Michx.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), каркас западный (*Celtis occidentalis* L.), карагана кустарниковая (*Caragana frutex* (L.) K. Koch.), скумпия кожевенная (*Cotinus coggygria* Scop.) и форестьера (*Forestiera neo-mexicana* Gray.) в архиве популяций и насаждений Кировского селекционно-семеноводческого комплекса г. Волгограда. Установлено, что растения наиболее интенсивно расходуют влагу с поверхности листовых пластин в начале летних месяцев (июнь). Рост водоудерживающей способности к августу возрастает у караганы формы пирамидальной и каркаса западного, однако снижение тургора листьев отмечается у всех исследуемых видов. Выявлено отличие интенсивности транспирации у дуба крупноплодного от дуба черешчатого, который обладает более высокой устойчивостью к засухе. Выделены ценные виды и формы по группам засухоустойчивости и адаптации, среди которых высокими показателями отличаются карагана древовидная, форестьера и скумпия кожевенная. Полученные данные позволили выделить и отобрать устойчивые по степени адаптации виды для дальнейшего размножения с целью создания долговечных насаждений различных типов (озеленительные, агролесомелиоративные, и др.), а также постоянной лесосеменной базы с носителями ценных признаков.

**Ключевые слова:** деревья, кустарники, рост, развитие, адаптация, засушливые условия.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках задания № 122020100448-6 «Создание новых конкурентоспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации».

**Цитирование.** Егоров С.А., Крючков С.Н., Солонкин А.В., Соломенцева А.С., Романенко А.К., Горбушова Д.А. Особенности адаптации древесных и кустарниковых видов в архиве популяций и клонов насаждений г. Волгограда // Научно-агрономический журнал. 2023. 3(122). С. 60-67. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.009.60-67

Поступила в редакцию: 27.06.2023

Принята к печати: 01.09.2023

**Введение.** Территории Волгоградской области, являясь очень хрупким элементом экосистемы, в период с конца 50-х-начала 60-х годов прошлого века подверглись явлениям засух в большой степени [2]. Деградация земель обусловила исчезновение многих видов растений, в том числе и древесных [8; 10; 12; 15]. С одной стороны, в засушливой зоне это привело к сокращению и полному истреблению площади естественной древесной растительности, а с другой, – к массовому введению интродуцентов, ранее не произрастающих в условиях засухи [3; 6]. В данный момент численность интродуцентов и занятые ими площади значительно превышают число реликтовых видов и площади произрастания аборигенной растительности.

Источником ценных видов и форм деревьев и кустарников является Кировский селекционно-семеноводческий комплекс (ССК) (г. Волгоград) [9].

Засухоустойчивость древесных и кустарниковых видов является основным элементом биоритмов и отражает степень их адаптированности к условиям окружающей среды, помогая осуществить отбор и размножение наиболее устойчивых видов, сортов и форм [1; 13; 4; 5]. В исследованиях зарубежных ученых указана высокая ценность устойчивых к обезвоживанию и засолению видов, используемых для лесных насаждений различного целевого назначения [19; 20]. Архивные посадки популяций, форм, клонов и семей в Кировском ССК закладывались с 1997 года. С момента закладки было отобра-

но, выращено и посажено в архив 2313 растений на площади 6,29 га. В период инвентаризации было установлено, что требуется пополнить 334 посадочных мест одноименными популяциями, видами и формами. Биологическая подготовленность посадочного материала, выращенного из семян местного происхождения и, следовательно, приспособленного к экстремальным условиям произрастания, является важнейшей для повышения долговечности насаждений. Карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.), дуб крупноплодный (*Quercus macrocarpa* Michx.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), каркас западный (*Celtis occidentalis* L.), карагана кустарниковая (*Caragana frutex* (L.) K. Koch.), скумпия кожевенная (*Cotinus coggryia* Scop.) и форестьера (*Forestiera neo-mexicana* Gray.) являются весьма

перспективными для агролесомелиоративного обустройства засушливых территорий и заслуживают более детального изучения.

Цель исследования – изучить водный режим и адаптационные способности ценных сортов, форм и видов деревьев и кустарников в условиях полупустыни.

**Материалы и методы исследования.** Изучение древесных и кустарниковых видов в 2021-2022 гг. проводили на территории Кировского ССК (г. Волгоград), на пяти пробных площадках, представленных изучаемыми видами в насаждениях, где также произрастают робиния псевдоакация (*Robinia pseudoacacia* L.), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), тополь (род *Populus*), которые в опыте не рассматривались (рисунок 1).

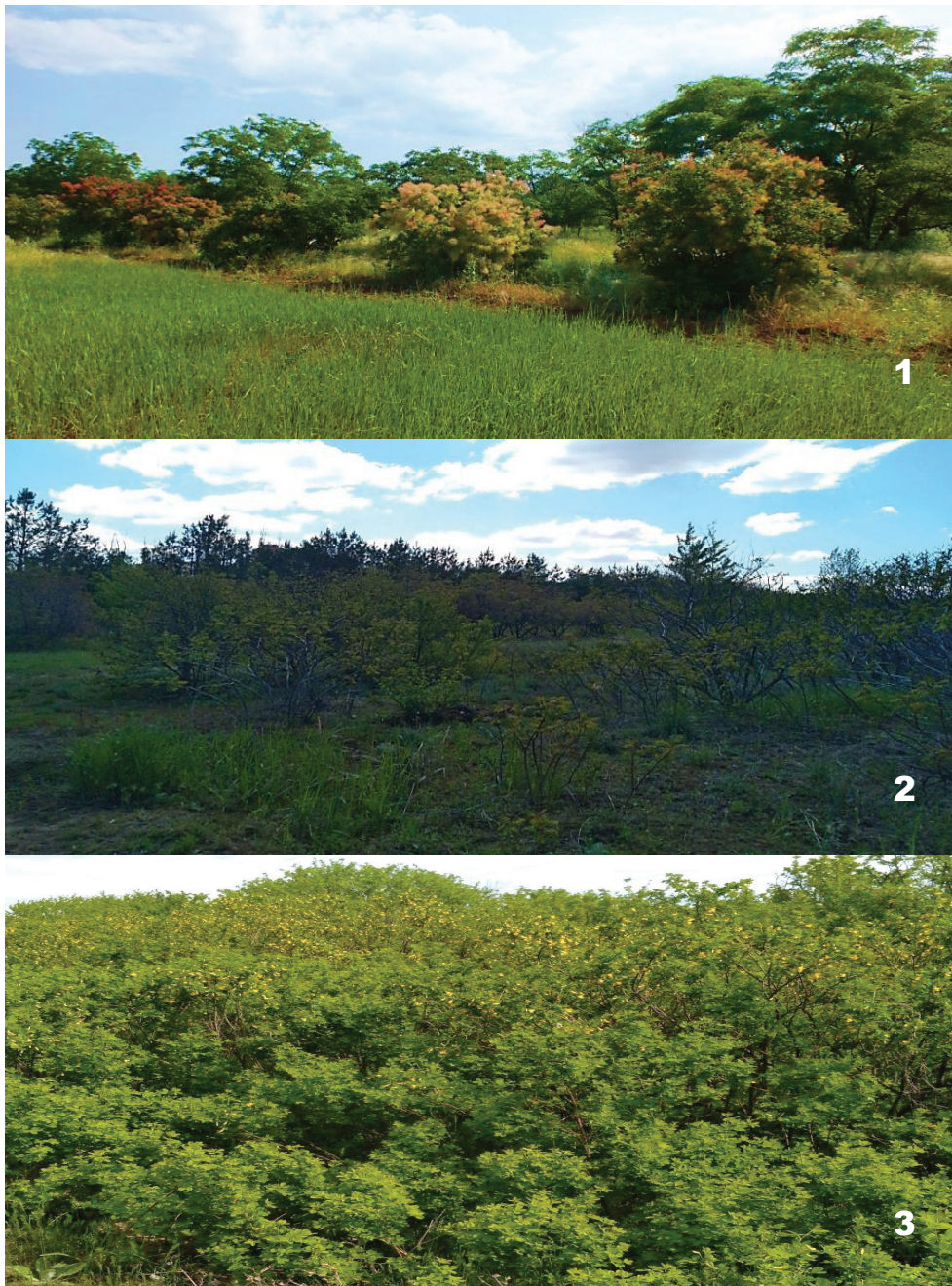


Рисунок 1. Общий вид некоторых видов на объекте исследования:  
1 – *Cotinus coggryia* Scop.; 2 – Клоновая плантация; 3 – *Caragana arborescens*

Площадки представляли собой участки площадью 20×20 м с наиболее усредненными для каждого типа насаждений условиями, на которых определяли таксационные показатели описываемых видов.

Почвы опытного участка светло-каштановые среднесуглинистые. Размещение исследуемых древесно-кустарниковых видов на пробных площадках – 2,5 × 1,5 м. Для определения водного дефицита листья опытных растений отбирали в трехкратных повторностях в утреннее раннее время (7 часов) с разных частей крон [7]. Затем высушивали в сушильном шкафу (t 105 °С) до постоянной массы (измеряли с помощью лабораторных весов ВК-600). Общее количество воды (P) в % от сырого веса навески рассчитывали по формуле 1:

$$P = \frac{100 * (\delta - \epsilon)}{(\delta - a)} \quad (1)$$

где: a – вес бьюкса, г;

б – вес бьюкса с сырой навеской, г;

в – вес бьюкса с сухой навеской, г

Водоудерживающую способность листьев определяли путем взвешивания листьев опытных ра-

стений в течение 6-12 часов (измерения проводили с помощью лабораторных весов ВК-600). Для определения интенсивности транспирации каждые два часа высчитывали потерю воды (г), которую растение испаряло в течение одного часа по формуле 2:

$$T = (1 \text{ г} - m) * 60 \text{ д.г.ч.} \quad (2)$$

где: m = ш<sub>2</sub> / 1000л 1(мг);

ш<sub>1</sub> – вес свежесорванного листа, мг;

ш<sub>2</sub> – вес листа после потери воды через время;

t – время, мин

Диаметр ствола измеряли с помощью мерной текстолитовой вилки со шкалой 2 см и длиной 100 см, проекцию кроны измеряли рулеткой. Возраст растений определяли возрастным буравом Haglof [14], координаты устанавливали на приборе Garmin. Шкалу цветения и жизненности оценивали по 5-балльной шкале, где 5 баллов – отлично, 4 – хорошо, 3 – удовлетворительно, 2 – растение ослаблено, 1 – не цветет/ засохло [18]. Для установления фактической температуры воздуха и отклонений ее от нормы в месяцы исследований использовали сайт «Погода и климат» [17]. Статистическую обработку данных вели в программах Excel и Statistica.

Таблица 1. Характеристика изучаемых древесных и кустарниковых видов на опытном участке Кировского ССК

Наименование вида, формы	Координаты	Возраст, лет	Таксационные характеристики			Цветение	Жизненность	Примечание*
			Высота, м	Диаметр на 1,3 м, см	Проекция кроны, м			
Карагана древовидная (Caragana arborescens Lam.)	N48°37'02.7»C E044°22'26.9»B	23	2,5±0,12	–	С-Ю – 5,0 З-В – 5,0	Хорошее	Отличная	ПЗН, ПН, ОБН
Скумпия кожевенная (Cotinus coggygria Scop.)	N48°39'02.6»C E044°22'27.6»B	23	3,5±0,16	–	С-Ю – 5,0 З-В – 5,0	Хорошее	Хорошая	ПЗН, ПН, ОБН
Дуб крупноплодный (Quercus macrocarpa Michx.)	N48°39'02.6»C E044°22'27.6»B	25	6,0±0,35	13±0,41	С-Ю – 5,0 З-В – 5,0	Хорошее	Хорошая	ОН, ОБН
Дуб черешчатый, популяция Чапурниковская (Quercus robur L.)	N48°39'02.4»C E044°22'28.4»B	23	6,0±0,23	18±0,24	С-Ю – 6,0 З-В – 6,0	Хорошее	Отличная	ОБН
Дуб пирамидальный (Quercus robur L. f. pyramidalis)	N48°39'02.4»C E044°22'28.4»B	23	10,0±0,57	11±0,19	С-Ю – 2,0 З-В – 3,0	Хорошее	Хорошая	ОБН
Дуб пирамидальный + Дуб черешчатый (Quercus robur L. + Quercus robur L. f. pyramidalis)	N48°37'02.2»C E044°22'29.2»B	23	8,0±0,40	13±0,32	С-Ю – 5,0 З-В – 5,0	Хорошее	Хорошая	ОБН
Каркас западный, (Celtis occidentalis L.), (Канада)	N48°37'02.2»C E044°22'29.7»B	24	7,0±0,39	17±0,53	С-Ю – 4,0 З-В – 4,0	Удовл.	Удовл.	ОБН
Карагана «Несравненная ВНИАЛМИ» (Канада) in vitro	N48°37'02.2»C E044°22'29.7»B	23	5,0±0,29	Многоствольная, 7-12 побегов	С-Ю – 4,0 З-В – 4,0	Не цветет	Хорошая	ПН, ПЗН, ОБН
Карагана кустарниковая (дерева) (Caragana frutex (L.) K. Koch.)	N48°37'02.2»C E044°22'29.7»B	22	2,0±0,18	–	С-Ю – 3,0 З-В – 2,5	Хорошее	Отличная	ПН, ПЗН, ОБН
Карагана древовидная (Caragana arborescens Lam.)	N48°37'01.7»C E044°22'31.0»B	22	3,5±0,19	Многоствольная, 7-12 побегов	С-Ю – 5,0 З-В – 4,0	Хорошее	Отличная	ПН, ПЗН, ОБН
Форестиера (Forestiera neo-mexicana Gray.)	N48°37'01.7»C E044°22'31.0»B	22	3,5±0,15	–	С-Ю – 5,0 З-В – 5,0	Хорошее	Хорошая	ОН, ОБН

\*Примечание: [11] ПЗН – полезащитные насаждения, ОБН – овражно-балочные насаждения, ПН – пастбищные насаждения, ЗП – закрепление песков, ОН – озеленительные насаждения

**Результаты и обсуждение.** Инвентаризация коллекционных фондов Кировского ССК показала, что основную часть произрастающих там семейств составляют следующие: Коноплёвые (*Cannabaceae*), Бобовые (*Fabaceae*), Маслиновые (*Oleaceae*), Розовые (*Rosaceae*), Ореховые (*Juglandaceae*), Вязовые (*Ulmaceae*), Лоховые (*Elaeagnaceae*), Сосновые (*Pinaceae*), Жимолостные (*Caprifoliaceae*), Тамарисковые (*Tamaricaceae*). В результате обследования выделены и взяты на учёт особо ценные селекционно-семеноводческие объекты и таксоны, в том числе карагана древовидная – 116 шт., дуб крупноплодный – 25 шт., дуб черешчатый – 43 шт., дуб пирамидальный – 18 шт., каркас западный – 145 шт., карагана «Несравненная ВНИАЛМИ» – 110 шт., форестьера – 58 шт. (таблица 1).

Исследования роста, состояния, плодоношения главных древесных видов выявили общий балл состояния – 4,3, репродуктивной способности – 4,7. Полная гибель отмечена у тополя Валкера, шефердии серебристой, облепихи крушиновидной. Раскорчёваны виды: черемуха виргинская, груша лесная, хеномелес японский, жимолость каприфоль, ирга овальная, миндаль низкий. У вяза гладкого при раскорчёвывании наблюдалось обильное порослевое возобновление. Максимальный возраст видов ССК – 23-25 лет, возраст более молодых насаждений составляет 14 лет.

Из общего комплекса факторов внешней среды решающее воздействие на состояние сохранившихся насаждений оказывает антропогенный фактор, требующий научно обоснованного подхода при использовании и воспроизводстве коллекционных фондов. Для дальнейшего создания лесосеменной базы важнейшим условием явля-

ется верный выбор носителей ценных признаков, которыми могут служить старовозрастные насаждения, вполне адаптированные к засухам, суховеям, пыльным бурям, низким зимним температурам [16].

В 2021–2022 гг. проводились физиологические исследования водного режима следующих перспективных интродуцентов: *Celtis occidentalis* L. – каркаса западного, *Caragana arborescens* Lam. – караганы древовидной с пирамидальной формой кроны, *Quercus macrocarpa* Michx. – дуба крупноплодного, *Quercus robur* L. f. *pyramidalis* – дуба пирамидального, *Caragana frutex* (L.) K. Koch. – караганы кустарниковой, *Cotinus coggygria* Scop. – скумпии кожевенной, и *Forestiera neo-mexicana* Gray. – форестиеры.

Фиксация погодных условий и температур воздуха в годы исследований позволила установить, что 2022 год отличался более значительными показателями отклонения от нормы (по данным сайта «Погода и климат Волгоградской области») [17] и перепадами температур. Летний период в июле и августе отличался от 2021 года, был более жарким, а зимний период – более теплым (рисунок 2).

Несмотря на очень жаркие условия периода вегетации, сохранность у караганы пирамидальной формы составила 100%, каркаса западного – 98,2%, скумпии и форестиеры – 91,5 и 94,4% и несколько ниже у караганы древовидной – 87%, дуба пирамидального – 78%. Наиболее активным ростом и развитием характеризовались карагана пирамидальная – 5,0 м и скумпия кожевенная – 3,5 м.

Проведенные в период 2021 года исследования водного режима опытных растений показали, что наиболее свободный водообмен у всех пород наблюдался в начале лета (рисунок 3).

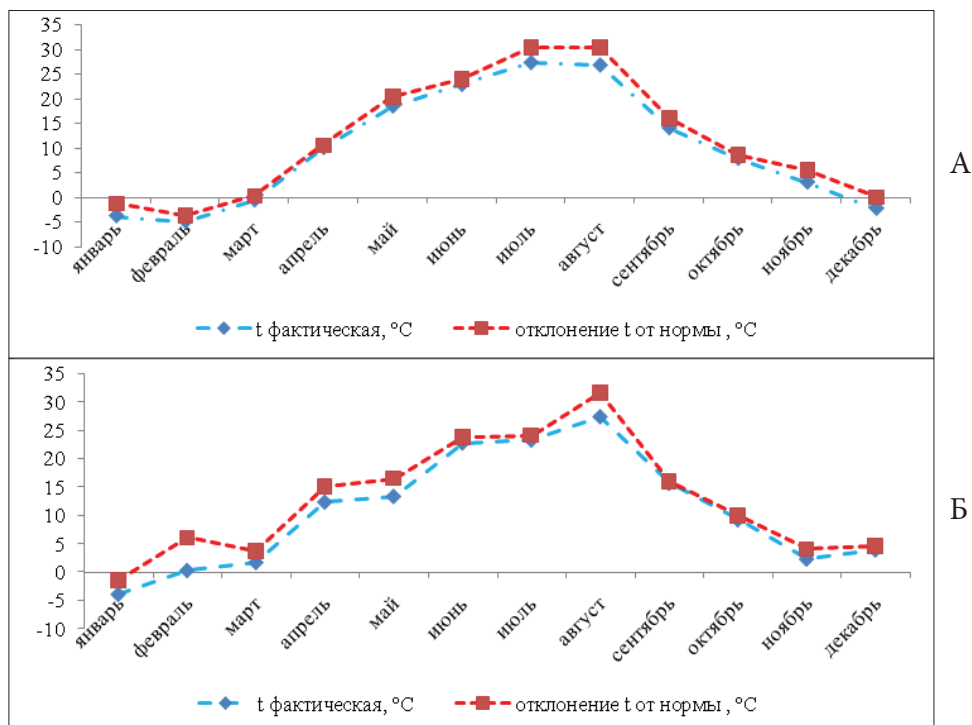


Рисунок 2. Фактическая температура воздуха и ее отклонение от многолетних показателей в 2021 (А) и в 2022 (Б) гг. [17]



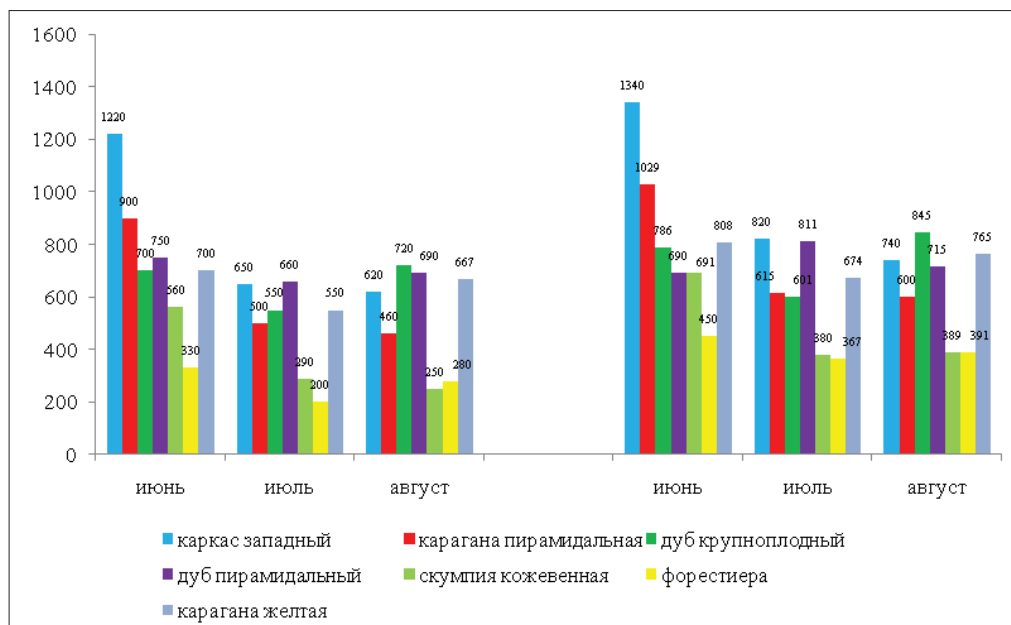


Рисунок 3. Интенсивность транспирации у опытных растений в годы исследований

Так, в начале июня интенсивность транспирации у каркаса западного и караганы пирамидальной соответственно составила 1220 и 900 мг/г/ч. При столь высокой транспирационной активности водный дефицит в утренние часы у каркаса западного составил 12,3%, у караганы пирамидальной – 16,8%. Способность сопротивляться принудительному обезвоживанию у этих пород низкая. Так, каркас западный при 4-часовом завядании терял до 91 % воды от общего содержания, карагана пирамидальная – 50 %. В 2021 году водоудерживающая способность была еще ниже и потери воды при завядании у каркаса западного достигали 98,7%, а у караганы пирамидальной – 99,2%. В 2022 году к группе с интенсивным водообменом в начальный период лета можно отнести скумпию кожевенную, у которой интенсивность транспирации составила 691 мг/г/ч при водоудерживающей способности 28,7%. В 2021 году эти показатели составили 560 мг/г/ч и 31,6%. Близки по показателям водного режима к каркасу западному дубы. У скумпии, форестиеры и караганы древовидной интенсивность водообмена в начале лета была по сравнению с вышеперечисленными породами в 1,5-2 раза меньше.

При ужесточении засухи активность физиологических процессов у древесных пород снижается, что связано с недостатком влаги в почве и с состоянием атмосферы. Так, к середине летнего периода у всех исследуемых пород наблюдалась тенденция к уменьшению оводненности тканей, интенсивности транспирации и росту водоудерживающей способности. У большинства видов интенсивность транспирации составила 510-640 мг/г/ч, у скумпии и форестиеры значительно ниже – 255 и 215 мг/г/ч.

К августу больших изменений в транспирационной активности древесных пород замечено не было. Однако длительное действие засухи сказалось на водоудерживающей способности. У форестиеры, скумпии потери воды при принудительном

обезвоживании возрастают соответственно на 84% и 36%, в меньшей степени (на 8-11%) у караганы пирамидальной, дубов, и лишь у каркаса западного отмечен рост водоудерживающей способности.

Сравнивая полученные в засушливый период лета результаты по сопротивлению обезвоживанию можно условно разделить все древесные виды на три группы. В группу с низкой водоудерживающей способностью можно объединить каркас западный и дубы, со средней – карагану и форестиеру, с высокой – скумпию.

О неблагоприятии в водном балансе растений в конце лета свидетельствуют данные по водному дефициту. У большинства видов в августе водный дефицит возрастает, а у караганы и форестиеры он выше, чем у других пород в течение всего лета. У всех опытных растений при длительной засухе снижается относительная тургоресцентность листьев.

Таким образом, в острозасушливых условиях, сложившихся в течение последних двух лет, лучшие показатели сохранности, интенсивности роста и жизненности имели скумпия кожевенная и карагана пирамидальная. У них же в благоприятных условиях и в засушливый период отмечался более свободный водообмен.

Представители рода *Quercus* в течение лета имели высокую интенсивность транспирации и низкую водоудерживающую способность. Сохранность их к концу вегетационного периода составляла 71-84%. Вероятно, неспособность дубов корректировать водообмен в условиях жесткой продолжительной засухи свидетельствует о невысоком уровне адаптационных процессов. Форестиеру, скумпию и карагану можно отнести к группе растений с пассивной засухоустойчивостью, так как эти породы, имея короткий период вегетации, устраниваются от засухи. Это осуществляется за счет уменьшения потерь влаги и повышения водоудерживающей способности.

Таблица 2. Водоудерживающая способность дуба крупноплодного и дуба черешчатого, 2022 г.

Название вида	Первоначальный вес, г	Потеря воды, % по часам							Абсолютно сухая масса, %
		1	2	3	4	5	6	24	
В засушливый период, 9 июля									
<i>Quercus robur</i>	1,368±0,09	92,96±2,1	91,22±1,8	88,08±1,1	85,69±1,0	83,13±1,5	80,40±1,2	53,82±1,7	45,3±1,2
<i>Quercus macrocarpa</i>	3,517±0,35	95,2±1,1	92,5±1,9	89,8±1,2	87,6±1,4	85,0±1,3	83,0±1,3	56,3±1,3	45,8±1,0
При достаточном увлажнении, 31 августа									
<i>Quercus robur</i>	1,1870±0,05	95,1±1,9	90,9±1,2	87,4±1,4	84,3±1,0	80,6±1,2	77,8±1,0	54,9±1,4	42,76±1,3
<i>Quercus macrocarpa</i>	1,4945±0,06	96,8±1,3	93,9±1,6	91,3±1,7	88,8±1,1	86,9±1,2	83,5±1,5	61,6±1,2	48,51±1,5

Таблица 3. Интенсивность транспирации видов дуба, мг/г/час, 2022 г.

Вид	Часы суток					Среднее за день
	9 <sup>00</sup>	10 <sup>00</sup>	12 <sup>30</sup>	14 <sup>30</sup>	16 <sup>00</sup>	
<i>Quercus macrocarpa</i>	234±31,3	521±25,1	379±22,6	502±22,8	547±21,4	437±18,0
<i>Quercus robur</i>	240±23,9	324±18,5	347±20,1	415±17,3	282±17,1	322±20,3

В засушливый период листья дуба черешчатого медленнее теряли воду в процессе завядания, чем дуб крупноплодный (таблицы 2, 3). В целом стойкость к завяданию у дуба черешчатого выше, чем у дуба крупноплодного. Он менее подвержен влиянию обезвоживания и более устойчив к засухе.

У дуба черешчатого интенсивность транспирации несколько выше, чем у дуба крупноплодного. Ход транспирации в течение дня примерно одинаков. В утренние часы она сравнительно невысокая, затем по мере повышения температуры воздуха, яркости освещения и падения относительной влажности – возрастает, после 11 часов дня снижается. К 15 часам наблюдается новый подъем интенсивности транспирации. В среднем интенсивность транспирации у дуба черешчатого составила 400-415 мг/г/час. У дуба крупноплодного – 500-547 мг/г/час.

Таким образом, исследования водоудерживающей способности, интенсивности транспирации у видов дуба установили отличия в течение данных физиологических процессов, что дает основание сделать вывод об их гетерогенности, ввиду чего данные виды представляют ценный материал для дальнейших селекционных работ.

#### Выводы.

1. В коллекционном фонде Кировского ССК были выделены и взяты на учет ценные селекционно-семеноводческие объекты, включающие перспективные виды: карагана древовидная, дуб черешчатый, дуб крупноплодный, каркас западный, форестиера.

2. Наилучшими характеристиками сохранности, жизнеспособности и репродуктивной способности за период 2021-2022 гг. исследований обладали карагана древовидная и дуб черешчатый.

3. 2022 год был более засушливым, ощущались резкие перепады температур, и были существенными их отклонения от фактической нормы. В начале летнего периода у опытных растений наблюдался наиболее свободный водообмен. К группе видов с низкой интенсивностью водообмена можно отнести дуб черешчатый, дуб крупноплодный и каркас западный. Средней устойчивостью к засухе обладают карагана древовидная и форестиера. Высокая засухоустойчивость отмечена у скумпии кожаной.

4. Способностью к адаптации и регуляции своего водного обмена отличаются карагана, скумпия и форестиера. При сравнительной характеристике интенсивности транспирации дуба крупноплодного и дуба черешчатого наилучшие адаптационные способности отмечаются у дуба черешчатого.

5. В процессе комплексных исследований роста, сохранности, водного режима выявлены перспективные интродуценты – дуб крупноплодный, форестиера, каркас западный – для дальнейших селекционных работ.

#### Литература:

1. Агроресомелиорация / Под ред. А. Л. Иванова, К. Н. Кулика. – Волгоград: Изд-во ВНИАЛМИ, 2006. 746 с.
2. Арбузов А. В. Лимитирующие факторы среды обитания на территории Волгоградской области / Эколого-экономические оценки регионального развития: материалы круглого стола. – Волгоград: ВолГУ, 2009. С. 14-18.
3. Ахматов М. К. Водоудерживающая способность, устойчивость листьев к обезвоживанию и водный дефицит как критерии устойчивости древесных растений к засухе. Школа Науки. 2018. № 6 (6). С. 4-8. EDN: XYJYBF
4. Ахматов М. К., Ветошкин Д. А. Состояние, перспективы и научно-обоснованный отбор древесных растений в озеленении г. Бишкек // Современные научные

исследования и разработки. 2018. № 2(19). С. 37-42. EDN: XQHUUP

5. Давлатбекова С. Х. Интенсивность транспирации некоторых плодовых пород в условиях Западного Памира // Известия Национальной академии наук Таджикистана. Отделение биологических наук. 2022. № 1(216). С. 35-39. EDN: DEDJAP

6. Иманбаева А. А., Белозеров И. Ф. Некоторые физиологические индикаторы устойчивости древесных растений в аридных условиях пустыни Мангистау // Садоводство и виноградарство. 2019. № 3. С. 13-26. DOI: 10.31676/0235-2591-2019-3-13-26

7. Кушниренко М. Д., Гончарова Э. А., Бондарь Е. М. Методы изучения водного обмена и засухоустойчивости растений. – Кишинев, 1970. 79 с.

8. Крючков С. Н., Вдовенко А. В., Соломенцева А. С. Анализ жизнеспособности древесных видов в защитных лесных полосах аридной территории Волгоградской области // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 5. С. 46-56. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-5-46-56

9. Крючков С. Н., Беляев А. И., Пугачева 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.

10. Лазарев С. Е. Показатели засухоустойчивости представителей рода *Robinia* L. В сухостепных условиях / Актуальные проблемы биоразнообразия и биотехнологии: материалы Международной научно-практической конференции, Астрахань, 02 ноября 2021 года. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2021. С. 9-13. DOI: 10.21672/978-5-9926-1348-3-009-013

11. Маттис Г. Я., Павловский Е. С. [и др.]. Справочник агролесомелиоратора. – М.: Лесная пром-сть, 1984. 248 с.

12. Мухаметова С.В., Анисимова С.В., Ямалиева Р.Р. Водообмен побегов древесных растений // Вестник ландшафтной архитектуры. 2020. № 21. С. 50-52. EDN: PRKZGZ

13. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации до 2025 года. – Волгоград: Изд-во ВНИАЛМИ. 2015. 35 с.

14. Тишин Д. В., Чижикова Н. А. Дендрохронология. – Казань: Казанский университет, 2018. 34 с.

15. Rakhimov T. U., Baysunov B. Kh., Yusupov I. Water-containing ability and adaptation features of leaves of some wood species in the conditions of industrial environment. *Journal of Agriculture and Environment*. 2019;2(10):9. DOI: 10.23649/jae.2019.2.10.6

16. Solomentseva A. S., Kolmukidi S. V., Lebed N. I. [et al.] Tree-shrub species promising for protective afforestation and planting in the Volgograd region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Moscow. 2020. 012056. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012056

17. Погода и климат Волгоградской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https:// http://www.pogodaiklimat.ru/](https://http://www.pogodaiklimat.ru/) (дата обращения 22.03.2023).

18. Продолжительность цветения древесных пород [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/shkala-kompleksnoy-otsenki-dekorativnosti-dereviev-i-kustarnikov-v-gorodskih-usloviyah-na-severe/> (дата обращения 16.12.2022).

19. Vivas M., Wingfield M.J., Slippers B. Maternal effects should be considered in the establishment of forestry plantations. *Forest Ecology and Management*. 2020;460: 117909. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.117909

20. Zhao Y., Li M., Deng J., Wang B. Afforestation affects soil seed banks by altering soil properties and understory plants on the eastern Loess Plateau, China. *Ecological Indicators*. 2021;126:107670. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107670

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.009.60-67

## Tree and Shrub Species Adaptation Features in the Populations and Clones' Plantings Archive in Volgograd

Sergey. A. Egorov, Junior Researcher, ORCID 0000-0001-8234-7355

Sergey. N. Kryuchkov, Dr. Sci. (Agr.), Chief Researcher, ORCID 0000-0001-8338-6460

Andrej V. Solonkin, Dr. Sci. (Agr.), Chief Researcher, ORCID 0000-0002-1576-7824

Alexandera S. Solomentseva✉, e-mail: alexis2425@mail.ru, Cand. Sci. (Agr.), ORCID 0000-0002-5857-1004

Almagul K. Romanenko, Junior Researcher, ORCID 0000-0002-6705-6135

Daria A. Gorbushova, Laboratory Assistant-Researcher, ORCID 0009-0006-4978-4143

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

**Abstract.** Selection of adapted tree and shrub species for existing plantings of Volgograd and Volgograd Region in landscapes desertification and degradation conditions is very relevant. Studies of the growth and the water regime of such species as tree-like caragana (*Caragana arborescens* Lam.), large-fruited oak (*Quercus macrocarpa* Michx.), petiolate oak (*Quercus robur* L.), western carcass (*Celtis occidentalis* L.), shrub caragana (*Caragana frutex* (L.) K. Koch.), tannery scumpia (*Cotinus coggygria* Scop.) and forestiera (*Forestiera neo-mexicana* Gray.) in the populations and plantings archive of the Kirovskiy breeding and seed-growing complex of Volgograd have

been carried out. It was found that plants consume moisture from the leaf plates surface most intensively in early summer (June). The growth of water-retaining capacity increases in the caragana pyramidal and the western carcass by August. However, a decrease in leaf turgor is noted in all the studied species. The difference in transpiration intensity between petiolate oak, which has a higher resistance to drought, and large-fruited oak was revealed. Valuable species and forms have been separated by groups of drought resistance and adaptation. Tree-like caragana, forestiera and tannery scumpia are the most suitable among them. The data obtained made it

possible to select species that are resistant to the above factors. These species are suitable to be used for further reproduction in order to create long-living plantings of various types (landscaping, agroforestry, etc.), as well as a permanent forest seed base with plants-carriers of valuable traits.

**Keywords:** trees, shrubs, growth, development, adaptation, arid conditions

**Funding.** The work was carried out as part of the task No. 122020100448-6 "Create new competitive forms, varieties and hybrids of cultivated woody and shrubby plants with high productivity, quality and increased resistance to environmental factors, new innovative technologies in seed production and nursery taking into account varietal characteristics and climatic conditions of arid territories of the Russian Federation".

**Citation.** Egorov S.A., Kryuchkov S.N., Solonkin A.V., Solomentseva A.S., Romanenko A.K., Gorbushova D.A. Tree and Shrub Species Adaptation Features in the Populations and Clones' Plantings Archive in Volgograd. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;3(122):60-67. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.009.60-67

Received: 27.06.2023

Accepted: 01.09.2023

#### References:

1. Agroforestry. 5th ed., (edited by A.L. Ivanov, K.N. Kulik). Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2006. 746 p. (In Russ.)
2. Arbuzov A. V. Limiting factors of the habitat on the Volgograd Region territory. *Ekologo-ekonomicheskie otsenki regional'nogo razvitiya: materialy kruglogo stola*. Volgograd. VolSU Publ. house. 2009. pp. 14-18. (In Russ.)
3. Akhmatov M. K. Water-holding capacity, leaf resistance to dehydration and water deficiency as criteria for resistance of woody plants to drought. *Shkola Nauki*. 2018;6(6):4-8. (In Russ.) EDN: XYJYBF
4. Akhmatov M. K., Vetoshkin D. A. State, prospects and scientifically-based selection of woody plants in the Bishkek city landscaping. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki*. 2018;2(19):37-42. (In Russ.) EDN: XQHUP
5. Davlatbekova S. Kh. The intensity of some fruit species transpiration in the Western Pamir conditions. *Izvestiya Natsional'noj akademii nauk Tadjikistana. Otdelenie biologicheskikh nauk = News of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Department of Biological and Medical Sciences*. 2022;1(216):35-39. (In Russ.) EDN: DEDJAP
6. Imanbaeva A. A., Belozarov I. F. Some physiological indicators of the woody plants stability in arid conditions of the Mangistau desert. *Sadovodstvo i vinogradarstvo = Horticulture and viticulture*. 2019;3:13-26. (In Russ.) DOI: 10.31676/0235-2591-2019-3-13-26
7. Kushnirenko M. D., Goncharova E. A., Bondar E. M. Water exchange and drought resistance of plants studying methods. Chisinau. 1970. 79 p. (In Russ.)

8. Kryuchkov S. N., Vdovenko A. V., Solomentseva A. S. Tree species viability analysis in protective forest strips of the arid territory of the Volgograd region. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyajstvennoj akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2022;5:46-56. (In Russ.) DOI: 10.26897/0021-342X-2022-5-46-56

9. Kryuchkov S. N., Belyaev A. I., Pugacheva 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.)

10. Lazarev S. E. Indicators of drought resistance of the genus *Robinia* L. representatives in dry-steppe conditions. *Aktual'nye problemy bioraznoobraziya i biotekhnologii: materials of the International Scientific and Practical Conference, Astrakhan, November 02, 2021*. Astrakhan. «Astrakhanskij universitet» Publishing house. 2021. pp. 9-13. (In Russ.) DOI: 10.21672/978-5-9926-1348-3-009-013

11. Mattis G. Ya., Pavlovsky E. S. [et al.]. Handbook of agroforestry. M. "Lesnaya promyshlennost'" Publ. house. 1984. 248 p. (In Russ.)

12. Mukhametova, S. V., Anisimova S. V., Yamalieva R. R. Water exchange of woody plants shoots. *Vestnik landshaftnoj arkhitektury*. 2020;21:50-52. (In Russ.) EDN: PRKZGZ

13. Strategy for the development of protective afforestation in the Russian Federation until 2025. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2015. 35 p. (In Russ.)

14. Tishin D. V., Chizhikova N. A. Dendrochronology. Kazan. KFU Publ. house. 2018. 34 p. (In Russ.)

15. Rakhimov T. U., Baysunov B. Kh., Yusupov I. Water-containing ability and adaptation features of leaves of some wood species in the conditions of industrial environment. *Journal of Agriculture and Environment*. 2019;2(10):9. DOI: 10.23649/jae.2019.2.10.6

16. Solomentseva A. S., Kolmukidi S. V., Lebed N. I. [et al.] Tree-shrub species promising for protective afforestation and planting in the Volgograd region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Moscow. 2020:012056. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012056

17. Weather and climate of the Volgograd region [Web resource]. Access mode: <https://http://www.pogodaiklimat.ru/> (access date 22.03.2023).

18. Duration of tree species flowering [Web resource]. Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/shkala-kompleksnoy-otsenki-dekorativnosti-dereviev-i-kustarnikov-v-gorodskih-usloviyah-na-severe/> (access date 16.12.2022).

19. Vivas M., Wingfield M.J., Slippers B. Maternal effects should be considered in the establishment of forestry plantations. *Forest Ecology and Management*. 2020;460: 117909. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.117909

20. Zhao Y., Li M., Deng J., Wang B. Afforestation affects soil seed banks by altering soil properties and understory plants on the eastern Loess Plateau, China. *Ecological Indicators*. 2021;126:107670. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107670

**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.

## Изучение сортов суданской травы с целью подбора пар для скрещиваний

Надежда Сергеевна Шарко, старший агроном-селекционер, ORCID: 0009-0005-9058-404X

Алексей Анатольевич Шатрыкин<sup>✉</sup>, e-mail: finist18101973@yandex.ru, к.с.-х.н.,

ведущий агроном-селекционер, ORCID: 0009-0005-3658-4997

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

**Аннотация.** Суданская трава – перспективная и исключительно засухоустойчивая культура. Она хорошо использует осадки второй половины вегетационного периода и формирует большой объём зелёной массы. Суданская трава отличается повышенной кустистостью, хорошим отрастанием после скашивания или стравливания на корню. Но проблемой является отсутствие сортов, совмещающих скороспелость с высокой продуктивностью. Целью исследований было изучение сортов коллекции для выявления в них хозяйственно-ценных признаков с последующим использованием выделенного материала в качестве родительских форм при гибридизации. Объектами исследований являлись сорта и образцы суданской травы местной селекции и коллекции ВИР им. Вавилова. Исследования проводились в Камышинском районе Волгоградской области. Способ посева широкорядный, с междурядьями 0,7 метра и площадью делянки 5 м<sup>2</sup>. Уход за посевами производился по общепринятой технологии для степной зоны Нижнего Поволжья. В течение трёх лет (2020–2022 гг.) изучали 25 сортов в сравнении со стандартным сортом Камышинская 51. Вели наблюдения за продолжительностью периодов от всходов до выметывания, цветения и полного созревания; проводились учёты высоты растений, количества стеблей и листьев, толщины стебля, длины и ширины листа. Результатом стало выделение сортов, обладающих раннеспелостью, хорошей кустистостью, тонким стеблем и высокой облиственностью. Однако нет сортов, обладающих полным набором хозяйственно-полезных признаков. Как правило, сорта выделяются только по одному или двум направлениям, проигрывая конкурентам по остальным. Поэтому целью проведения гибридных работ является комбинация материала, сочетающего самые лучшие показатели по разным направлениям.

**Ключевые слова.** Суданская трава, сорт, скороспелость, кустистость, облиственность, отавность, толщина стебля, высота растений, длина листа, ширина листа, выметывание, цветение.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках темы государственного задания НИР ФНЦ агроэкологии РАН: «Создание и изучение селекционного материала (сорта, гибриды, линии) полевых культур дальнего отбора по продуктивности приспособленности местным почвенно-климатическим условиям, а также отвечающие требованиям по качеству получаемой продукции» (FNFE-2022-0010-02).

**Цитирование.** Шарко Н.С., Шатрыкин А.А. Изучение сортов суданской травы с целью подбора пар для скрещиваний // Научно-агрономический журнал. 2023. 3(122). С. 68-74. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.010.68-74

Поступила в редакцию: 18.04.2023

Принята к печати: 19.09.2023

**Введение.** Развитие кормопроизводства является стратегическим направлением сельского хозяйства, к которому относятся животноводство, растениеводство и земледелие [10].

Суданская трава является ценной кормовой культурой, способной давать высокие урожаи зелёной массы и сена во всех зонах её возделывания. В регионах с продолжительным тёплым периодом и достаточным количеством осадков можно получать 2-3 укоса зелёной массы. При этом по качеству сена второй и третий укосы зачастую превосходят первый. В одном центнере зелёной массы содержится 0,23 к. е., до 16-18% протеина (на абсолютно сухое вещество), при этом в 1 к. ед. около 100 г переравированного протеина [9].

В засушливых районах суданская трава хорошо использует осадки второй половины тёплого периода и формирует большой объём зелёной массы. На 1 мм израсходованной влаги суданская

трава образует 25,2 кг сухого вещества, в то время, как озимая рожь и ячмень – 6,3 и 14,7 кг соответственно [4]. Суданская трава отличается повышенной кустистостью, хорошим отрастанием после скашивания или стравливания на корню [11] и может давать зелёную массу в течение всего лета и осенью, до наступления заморозков. Причём последняя отава используется на выпас в октябре, когда уже нет естественных выпасов [4]. Ценнейшее качество суданской травы при использовании в зелёном конвейере – это высокая отавность и продуктивность [2].

Суданка способна развивать вторичную корневую систему в условиях значительной сухости верхнего слоя почвы, что выгодно её отличает от других злаковых культур, таких как ячмень, яровая пшеница или просо.

Вклад сорта в урожайность составляет 20–50%. Однако сдерживающим фактором широкого вне-

дрения суданской травы в сельскохозяйственное производство является отсутствие сортов, совмещающих скороспелость с высокой продуктивностью. Несмотря на успехи в селекции суданской травы, следует признать, что предлагаемый сортимент ещё недостаточно совершенен. Для решения этих проблем селекционеру нужно стремиться к возможно полному изучению генофонда с тем, чтобы включить в селекционный процесс новые источники и доноры ценных признаков.

На начальном этапе рекомендуется сформировать рабочие коллекции образцов по каждому селекционному признаку, с последующим выявлением образцов с лучшей комбинационной способностью. Н.И. Вавилов считал, что успех селекционной работы зависит от подбора исходного материала. Если исходные формы растений подобраны для скрещивания неудачно, то вся работа будет напрасна.

Большое значение при формировании пар для скрещиваний имеет материал местного происхождения (сорта и образцы из старших питомников). Он приспособлен к почвенно-климатическим условиям зоны произрастания и при его включении в гибридизацию, очень часто даёт хорошие результаты.

Основными направлениями селекционной работы с суданской травой являются:

- высокая интенсивность начального роста (имеет большое значение, так как позволяет растениям сорговых культур обгонять в росте сорняки и успешно конкурировать с ними за питание, свет, воду);
- урожайность зелёной массы;
- кустистость, положительный признак, увеличивающий урожайность зелёной массы;
- облиственность, количество листьев на стебле (не ниже 40% от общей массы растения), чем больше листьев, тем питательнее корм;
- тонкостебельность, чем тоньше стебель, тем нежнее зелёный корм и сено, а значит лучше его поедаемость животными;
- скороспелость – важнейший фактор, у ранних сортов можно получить три укоса зелёной массы;
- высота растений значительно увеличивает урожайность зелёной массы и сена [10];
- приспособленность к механизированной уборке (при возделывании на зелёную массу предпочтительнее высокорослые сорта, т. к. они более урожайные, однако это затрудняет семеноводство при уборке на семена), при этом необходимо учитывать устойчивость растений к полеганию [8];
- увеличение устойчивости к вытаптыванию и способности отрастать после выпаса или укоса, это повышает продуктивность посева и хозяйственное значение суданки как компонента зелёного конвейера [1].

Цель исследований – изучение сортов и выделение в сортах хозяйственно-ценных признаков для использования их в качестве материнских и отцовских форм при скрещивании для получения новых

высокоурожайных гибридов и сортов суданской травы.

**Условия и методика исследований.** Объектами исследований являлись сорта и образцы суданской травы, представленные сортами местной селекции, ВНИИР им. Вавилова и других научных учреждений, высеянные в коллекционном питомнике. Исследовательская работа проводилась на полях ФНЦ Агроэкологии РАН около посёлка Госселекстанция (Камышинский район Волгоградской области) в 2020–2022 годах. Посев проводился порционной селекционной сеялкой с сошниками анкерного типа. Способ посева широкорядный с междурядьем 70 см. Площадь однорядковой делянки 5 м<sup>2</sup>. Почва на участке каштановая, среднесуглинистая. Посевы произведены в 2020 году 30 мая, в 2021 году – 24 мая, в 2022 году – 31 мая. Уход за посевами суданской травы осуществлялся по общепринятой технологии для степной зоны Нижнего Поволжья. Всходы в опыте появились в 2020 году 5 июня, в 2021 году – 31 мая, в 2022 году – 7 июня. Классификация по основным хозяйственно-ценным признакам осуществлялась согласно Широкому унифицированному классификатору СЭВ и международному классификатору СЭВ возделываемых видов рода *Sorghummoench*.

**Результаты и обсуждения.** Метеорологические условия в период вегетации суданской травы, сложившиеся за три года (2020–2022) исследований, отличались небольшим количеством осадков, высокими температурами и низкой влажностью воздуха (таблица 1).

Самым засушливым оказался 2020 год. Осадков за вегетационный период суданской травы выпало 56 мм, а ГТК составил 0,25. Среднесуточная температура воздуха в июле, в период массового цветения и завязывания семян, была +26,3°C. Влажность воздуха в июле – 33%.

Вегетационный период 2021 года оказался менее засушлив, осадков выпало 89,5 мм, ГТК – 0,38. Среднесуточная температура воздуха в июле составила +26,2°C, а влажность воздуха – 41%. В 2022 году за вегетацию осадков выпало 75,9 мм, а ГТК составил 0,34. Среднесуточная температура воздуха в июле – +23,2°C, влажность воздуха – 57%. При этом сильным ветром 1 сентября 2021 года на селекционных делянках было повалено от 10 до 50 % растений.

Для выделения наиболее ценных хозяйственных признаков в течение трёх лет изучались 25 сортов суданской травы. Сорта сравнивались со стандартным сортом Камышинская 51. Сорт урожайный, среднерослый, скороспелый.

При изучении большое внимание уделялось продолжительности вегетационного периода. По продолжительности периода всходы – вымётывание сорта суданской травы делятся на скороспелые (до 40 дней), раннеспелые (41–50 дней), среднеранние (51–55 дней), среднеспелые (56–65 дней), среднепоздние (66–70 дней) и поздние (более 70 дней) [3].

Таблица 1. Метеорологические условия в период развития суданской травы в 2020–2022 гг.

Показатели	2020			2021			2022		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август	июнь	июль	август
Температура, °С	+23,2	+26,3	+21,2	+23,2	+26,2	+25,9	+23,0	+23,2	+25,9
Влажность воздуха, %	44	33	44	57	41	33	51	57	38
Осадки. мм	25,0	4,0	27,0	65,8	20,2	3,5	36,0	30,9	9,0
ГТК	0,25			0,38			0,34		

Таблица 2. Продолжительность периодов развития суданской травы(в среднем за 3 года 2020–2022 гг.).

№	Наименование сорта	Период от всходов до					
		вымётывания, дней		цветения, дней		созревания, дней	
		всего	отклонение от стандарта	всего	отклонение от стандарта	всего	отклонение от стандарта
1	Камышинская 51	35	-	38	-	80	-
2	Алиса	41	+6	45	+7	92	+12
3	Фаина	40	+5	43	+5	88	+8
4	Евгения	36	+1	40	+2	91	+11
5	Лаура	37	+2	41	+3	80	0
6	Юлия	36	+1	40	+2	81	+1
7	Волга	37	+2	41	+3	84	+4
8	К - 91	36	+1	41	+3	80	0
9	К - 113	41	+6	43	+5	75	-5
10	Анион	48	+13	53	+15	87	+7
11	К - 134	48	+13	52	+14	84	+4
12	Спутница	40	+5	45	+7	94	+14
13	Юбилейная	44	+9	46	+8	90	+10
14	Широколистная 2	36	+1	41	+3	82	+2
15	Аллегория	46	+11	49	+11	107	+27
16	Зональская 6	36	+1	39	+1	84	+4
17	Вишневская	37	+2	38	0	79	-1
18	Ташебинская	33	-2	35	-3	76	-2
19	Анастасия	45	+10	53	+15	91	+11
20	Элегия	36	+1	39	+1	84	+4
21	Александрина	52	+17	56	+18	95	+15
22	К - 385	38	+3	41	+3	80	0
23	Амбиция	42	+7	46	+8	85	+5
24	Спартанка	35	0	38	0	80	0
25	К - 93	57	+22	63	26	110	+30
26	К - 74	37	+2	42	+4	87	+7

Среди изученных сортов было выделено 15 скороспелых: Зональская 6, Спартанка, Евгения, Элегия и др. При этом самым скороспелым оказался сорт Ташебинская, у которого от всходов до выметывания прошло всего 33 дня (табл. 2). К группе скороспелых относится и стандартный сорт Камышинская 51, ему

от всходов до выметывания потребовалось 35 дней.

Выделено 8 сортов, относящихся к раннеспелой группе, это К-113, К-134, Юбилейная 20, Анастасия и др. К среднеранней группе относится один сорт Александрина, у него до выметывания прошло 52 дня. Среднеспелую группу представляет сорт К-93,

с периодом от всходов до вымётывания 57 дней, это на 22 дня позже стандарта.

Раннеспелые и среднеранние сорта интересны тем, что дают возможность получить три укоса зелёной массы, т. к. через 25–30 дней суданская трава снова начинает вымётывать метёлку и готова к укосу. Третий укос получают через 30–35 дней после второго. При наличии осадков и безморозной погоде в октябре, отрастает отава для выпаса скота, что очень важно в прифермских севооборотах, т. к. в этот период очень часто наблюдается дефицит с естественными выпасами.

Среднеспелые сорта, к которым относится К-93, дают только два укоса зелёной массы, т. к. первый укос готов только через 57 дней от посева, в то время как у раннеспелых сортов через 62–65 дней от всходов уже проводят второй укос.

От вымётывания до цветения у большинства сортов прошло 3–4 дня (стандартный сорт Камышинская 51 – 3 дня). Всего через день после начала вымётывания начинается цветение у сорта Вишневская, через 2 дня – у сорта Ташебинская. Самый длительный период – 8 дней – у сорта Анастасия. Из данного исследования следует, что период между вымётыванием и цветением не зависит от продолжительности периода от всходов до вымётывания. Так, сорт Анастасия относится к раннеспелой группе, но между началом вымётывания и цветением проходит более длительное время. Аналогичная ситуация и с сортом Широколистная 2, он проходит период от всходов до вымётывания за 36 дней, а период от вымётывания до цветения за 5 дней. У сорта Юбилейная от всходов до вымётывания 44 дня, и всего 2 дня от вымётывания до цветения.

Продолжительность вегетационного периода у стандартного сорта Камышинская 51 в среднем за три года наблюдений составила 80 дней. Близким к стандарту по темпам прохождения фаз оказался сорт Спартанка (таблица 2). Самые скороспелые – это Ташебинская, К-113 и Вишневская, у которых от всходов до созревания прошло 75, 76 и 79 дней соответственно. По 80 дней у сортов К-91, К-385, Спартанка. Шестнадцать сортов имеют длину вегетационного периода от 81 до 95 дней. Все эти сорта относятся к ранним. Однако сорт К-113 в период от всходов до вымётывания не был самым ранним, а при созревании его вегетационный период стал самым коротким. Самый продолжительный вегетационный период у сортов Аллегория и К-93 – по 107 и 110 дней. Эти сорта относятся к среднеспелым. Позднеспелых сортов в изучаемой коллекции не было. В предыдущие годы при скрещивании раннеспелых с позднеспелыми сортами не удавалось получить раннеспелые гибриды.

На урожай зелёной массы большое значение оказывает высота растений. Наследование данного признака происходит по признаку доминирования, что учитывается при выборе материнского растения. По высоте сорта суданской травы подразделяются на 5 групп: очень низкие (до 100 см), низкие (101–150 см), средние (151–200 см), высо-

кие (201–250 см), очень высокие (более 250 см).

Среди изученных сортов с высотой ниже 100 см не было (таблица 3). К низкой группе отнесены сорта Фаина, Лаура, К-91, К-134, Широколистная, Ташебинская и К-74. Среднюю высоту имеет большинство изучаемых сортов – это Евгения, Юлия, Волга, Анион, Зональская, Вишневская и др. К высокой группе относятся Алиса и Амбиция. Стандартный сорт Камышинская 51 имеет среднюю высоту – 167 см.

Важнейшую роль в урожае зелёной массы играет кустистость растений. По кустистости выделяют 3 группы: слабо кустистые, у которых менее 12 побегов в кусте, средне кустистые, развивающие 12–25 побегов в кусте, и сильно кустистые – более 25 побегов [8]. По количеству побегов стандартный сорт и большинство изученных сортов отнесены к слабо кустистым. Сорта К-91, К-113, К-134 и Спутница относятся к средне кустистым. Самый кустистый сорт в коллекции – К-113 с 18 побегами. Однако кустистость увеличивает урожай зелёной массы, а семенная продуктивность почти не увеличивается, т. к. при высокой кустистости часть метёлок не образует семена. Так, у сорта К-113 продуктивны 61% метёлок, а у К-93 – только 45%, а у большинства слабо кустистых сортов – 75–80%. Самая хорошая семенная продуктивность метёлок у сортов Евгения, Юбилейная, Широколистная, у них все стебли дали продуктивные метёлки. Стандартный сорт Камышинская 51 имеет 6 стеблей, 5 из них образовали полновесные семена.

Важнейшим качественным показателем является толщина стебля. Наиболее качественные сено и зелёную массу получают из тонкостебельных сортов, т. к. они хорошо поедаются животными. По толщине стебля сорта суданской травы делят на тонкостебельные с толщиной стебля менее 5 мм, со средней толщиной стебля 5–8 мм и толстостебельные – более 8 мм [5]. К тонкостебельным следует отнести следующие: Алиса, Фаина, К-91, К-113 и др. Средняя толщина стебля имеется у сортов Евгения, Лаура, Юлия, Волга, Спутница и др. К толстостебельным отнесены Аллегория и Анастасия. Стандартный сорт имеет среднюю толщину стебля 6 мм.

Листья – наиболее ценная часть растений при использовании на сено, зелёный корм, силос. Площадь поверхности одного листа составляет 200–500 см<sup>2</sup> [7]. Среди различных количественных признаков, связанных с высокой продуктивностью, признаки листа являются самыми важными. Три верхних листа являются основными источниками фотоассимилянтов, обеспечивают растения углеводами, снабжают кислородом и удаляют излишки влаги [6]. Чем выше облиственность, тем ценнее и питательнее получаемый корм. Все сорта делятся на хорошо облиственные с количеством листьев на растении более 9, у которых доля листьев составляет 3/5 от общей зелёной массы. А также среднеоблиственные, что имеют 7–9 листьев, и слабооблиственные – менее 7 листьев. Доля листьев в урожае зелёной массы у последних – менее 1/3.



Таблица 3. Биометрические показатели сортов суданской травы (в среднем за 3 года 2020–2022 гг.)

№	Название сорта	Высота растений, см	Количество стеблей, шт.		Толщина стебля, мм	Количество листьев, шт	Длина листа, см	Ширина листа, см
			всего	в том числе продуктивных				
1	Камышинская 51	167	6	5	6	7	44	3,5
2	Алиса	212	6	5	4	9	61	3,5
3	Фаина	135	8	7	4	5	35	3,0
4	Евгения	173	7	7	7	5	42	3,0
5	Лаура	147	8	7	5	6	32	3,0
6	Юлия	181	8	7	5	8	46	3,5
7	Волга	178	8	7	6	8	45	4,0
8	К-91	135	13	10	3	8	35	2,0
9	К-113	160	18	11	4	6	45	2,0
10	Анион	179	6	5	6	8	53	3,5
11	К-134	136	16	7	5	8	39	3,0
12	Спутница	175	12	10	6	7	52	3,0
13	Юбилейная 20	165	6	6	6	8	54	3,0
14	Широколистная	133	6	6	4	7	32	3,5
15	Аллегория	198	4	4	9	7	47	4,0
16	Зональская 6	164	8	7	6	8	40	3,5
17	Вишневская	162	4	3	7	9	34	4,5
18	Ташебинская	138	9	7	4	9	29	3,0
19	Анастасия	198	5	4	10	9	51	4,5
20	Элегия	160	4	4	6	11	38	3,5
21	Александрина	197	4	3	8	10	63	4,0
22	К-385	173	8	6	5	9	34	3,0
23	Амбиция	219	7	4	8	8	51	4,0
24	Спартанка	167	9	7	5	9	40	3,0
25	К-93	159	11	5	6	6	45	3,0
26	К-74	145	7	5	5	8	36	3,0

По результатам исследований к хорошо облиственным отнесены Элегия и Александрина, в среднеоблиственную группу вошли сорта Алиса, Юлия, Волга, К-91 и др. Слабооблиственные: Фаина, Евгения, Лаура и др. Стандартный сорт входит в группу среднеоблиственных.

Очень важны у суданской травы размеры листьев. Чем крупнее лист, тем выше качество сена и силоса, так как в листовой пластинке довольно высокий процент содержания ценных питательных веществ, превышающий таковой у стебля, играющего роль проводящей и несущей конструкции. По длине листья делятся на очень короткие – менее 45 см, короткие – 45–60 см, средние – 61–75 см, длинные – 76–90 см, очень длинные – более 90 см; по ширине листа: очень узкие – менее 5 см, узкие – 5–7,5 см, средние – 7,6–10 см, широкие – 10–12,5 см и очень широкие – более 12,5 см. Из 25 исследуе-

мых сортов 15 представлены группой очень коротких: Фаина, Евгения, Лаура, Вишневская и др. Стандартный сорт Камышинская 51 тоже относится к этой группе. К коротколистным относятся 9 сортов: Юлия, Волга, К-113, Спутница, Анастасия и др. К средним отнесены Алиса и Александрина. По ширине листа все изучаемые сорта следует отнести к очень узколистным.

**Выводы.** Ни один из изучавшихся сортов не показал оптимального сочетания всех хозяйственно-биологических признаков и свойств. Большинство сортов показали преимущество лишь по отдельным из них. Скороспелость обеспечивает получение более раннего первого укоса зеленой массы, а также даёт возможность дополнительного проведения 2-3 укосов отавы. К группе скороспелых отнесены сорта Ташебинская, Зональская, Спартанка, Евгения, Элегия и др.

Короткий вегетационный период дает возможность гарантированного получения семян без дополнительной сушки. К таким сортам следует отнести Ташебинскую, К-113, Вишневецкую, которым от всходов до созревания требуется 76–79 дней.

Высота растений – важнейший признак, влияющий на урожайность. К высокорослой группе относятся сорта Алиса и Амбиция.

Тонкостебельность способствует хорошей поедаемости корма животными. Ценными для селекционной работы являются тонкостебельные сорта Фаина, К-91, К-113 и др.

Кустистость напрямую влияет на урожай зелёной массы. Наиболее кустистым оказался сорт К-113.

Высокая облиственность – один из основных показателей качества корма. Самыми облиственными в опыте оказались сорта Элегия, Александрина и Алиса.

Полученные в течение трёхлетних испытаний данные свидетельствуют, что нет ни одного сорта, обладающего всеми положительными свойствами и признаками. Сорта, выделившиеся по одному или ряду свойств и признаков, используются для гибридизации, с последующим выделением материала, сочетающего в себе лучшие черты родительских форм (рисунок).

#### Литература:

1. Антимонов А.К., Сыркина Л.Ф., Косых Л.А., Антимонова О.Н. Селекционная ценность перспективных сортов суданской травы в ФГБНУ «Поволжский НИИСХ» 2018. С. 396–399.
2. Вертикова Е.А., Жужукин В.И., Куколева С.С. Аграрный научный журнал Саратовский Государственный Университет генетики, биотехнологий и инженерии им. Н. И. Вавилова 2017. № 12. С.10–13.

3. Виноградов З. С., Андрияш Н.В., Репко В.И. Селекционная ценность мировой коллекции суданской травы. Селекция, агротехника и экономика производства сорго / Сборник научных трудов. – Волгоград 1989. 45с.

4. Горлов И.Ф., Кононов В. Н., Шевяков Е. А. Нижнее Поволжье. Альтернативы сорговым культурам нет // Кормопроизводство. 2012. № 11. С. 14–15.

5. Елсуков М.П., Мовсисянц А.П. Суданская трава. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы. Москва. 1951. С. 31–32.

6. Ермолина Г.М., Ковтунова Н.А., Шишова Е.А., Романюкин А.Е. Исходный материал суданской травы для решения основных задач селекции // Аграрная наука Северо-Востока. 2016. № 5(54). С.14–20.

7. Капустин С.И., Володин А.Б., Капустин А.С. Гетерозисная селекция сорго-суданковых гибридов // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 3(31). С.75–83. EDN: OJTQPT

8. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Шишова Е.А. Влияние метеорологических условий на урожайность и качество зелёной массы суданской травы // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 3. С. 39–41.

9. Малиновский Б.Н. Сорго – надёжный источник кормов в зоне Северного Кавказа // Сорго – ценная кормовая культура. – Издательство Ростовского университета. 1984. С. 5–17.

10. Шишова Е.А., Горпениченко С.И., Романюкин А.Е., Ермолина Г.М. Зерновое хозяйство России. 2016. № 5. С. 51–55.


10. Ashenafi Worku, Bethel Nekir Lemma Mamo and Teshome Bekele. Evaluation of some selected forage grasses for their salt tolerance, ameliorative effect and biomass yield under salt affected soil at Southern Afar, Ethiopia. *Journal of Soil Science and Environmental Management*. 2019;10(5):94-102.

11. Nasiyev B., Zhanatalapov N. and Shibaikin V.. Assessment of the Elements of the Sudan Grass Cultivation Technology in the Zone of Dry Steppes. *Online Journal of Biological Sciences*. 2021;21(1):172–180.

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.010.68-74

## Study of Sudan Grass Varieties in Order to Select Pairs for Breeding

Nadezhda S. Sharko, Senior agronomist-breeder, ORCID: 0009-0005-9058-404X

Aleksej A. Shatrykin , e-mail: finist18101973@yandex.ru, Cand. Sci. (Agr.), Leading agronomist-breeder, ORCID: 0009-0005-3658-4997

“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.** Sudan grass is a promising and exceptionally drought-resistant crop. It uses the precipitation of the second half of the growing season effectively and forms a large volume of green mass. Sudan grass is characterized by increased bushiness, good regrowth after mowing or grazing to the root. But the problem is the lack of varieties that combine precocity with high productivity. The purpose of the research was to study the varieties of the collection to identify economically valuable traits in them, with further use of the selected material as parent forms during hybridization. The objects of research were

varieties and samples of local breeding sudan grass and the VIR collection. The research was carried out in the Kamyshinsky district of the Volgograd Region. Sowing method is wide-row, with row spacing of 0.7 meters and a plot area of 5 m<sup>2</sup>. The care for crops was carried out according to the generally accepted technology for the steppe zone of the Lower Volga region. For three years (2020-2022), 25 varieties were studied in comparison with the standard variety Kamyshinskaya 51. Observations were made on the periods from germination to outthrowing, flowering and full maturation duration; plants height, stems and

leaves number, stem thickness, the length and width of the leaf were taken into account. The result of the study was the selection of varieties with early maturity, good bushiness, thin stem and high leafiness. However, there are no varieties with a full set of economically useful features. As a rule, varieties are distinguished only in one or two directions, losing to competitors in the rest. Therefore, the purpose of hybrid work is a combination of material that combines the best indicators in different directions.

**Keywords.** Sudan grass, variety, precocity, bushiness, leafiness, regrowth, stem thickness, plant height, leaf length, leaf width, outthrowing, flowering

**Funding.** The work was carried out within the framework of the state task topic for the FSC of Agroecology RAS «Creation and study of field crops breeding material (varieties, hybrids, lines) for further selection according to productivity and adaptability to local soil and climatic conditions, as well as meeting the quality requirements of the products obtained» (FNFE-2022-0010-01).

**Citation.** Sharko N.S., Shatrykin A.A. Study of Sudan Grass Varieties in Order to Select Pairs for Breeding. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;3(122):68-74. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.010.68-74

Received: 18.04.2023

Accepted: 19.09.2023

#### References:

1. Antimonov A.K., Syrkina L.F., Kosykh L.A., Antimonova O.N. Breeding value of Sudanese grass promising varieties in the Volga region Research Institute of Agricultural Breeding. 2018. pp. 396-399. (In Russ.)
2. Vertikova E.A., Zhuzhukin V.I., Kukoleva S.S. Study of the source material for sudan grass breeding in the Lower Volga region conditions. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal = The Agricultural Scientific Journal*. 2017;12:10-13. (In Russ.)
3. Vinogradov Z. S., Andriash N.V., Repko V.I. Breeding value of the sudan grass world collection. Breeding, agrotechnics and economics of sorghum production.

Compilation of scientific papers. Zernograd. 1989. 45 p. (In Russ.)

4. Gorlov I.F., Kononov V.N., Shevyakov E.A. Lower Volga region. There is no alternative to sorghum crops. *Kormoproizvodstvo = Fodder Journal*. 2012;11:14-15. (In Russ.)

5. Yelsukov M.P., Movsisyants A.P. Sudan grass. State Publishing House of Agricultural Literature. Moscow. 1951. pp. 31-32. (In Russ.)

6. Ermolina G.M., Kovtunova N.A., Shishova E.A., Romanyukin A.E. The source material of the sudan grass for solving the main problems of breeding. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2016;5(54):14-20. (In Russ.)

7. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Heterosis breeding of sorghum-sudan grass hybrids. *Tavrisheskij vestnik agrarnoj nauki*. 2022;3(31):75-83. (In Russ.) EDN: OJQTPT

8. Kovtunova N. A., Kovtunov V.V., Shishova E.A. Meteorological conditions influence on the yield and quality of the sudan grass green mass. *Vestnik Rossijskoj sel'skokhozyajstvennoj nauki = Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2016;3:39-41. (In Russ.)

9. Malinovskij B.N. Sorghum as a reliable source of feed in the North Caucasus zone. *Sorgo – tsennaya kormovaya kul'tura*. Rostov University Publ. house. 1984. pp. 5-17. (In Russ.)

10. Shishova E.A., Gorpenichenko S.I., Romanyukin A.E., Ermolina G.M. The main trends and results of grass sorghum breeding. *Zernovoe khozyajstvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2016;5:51-55. (In Russ.)

10. Ashenafi Worku\*, Bethel Nekir Lemma Mamo and Teshome Bekele. Evaluation of some selected forage grasses for their salt tolerance, ameliorative effect and biomass yield under salt affected soil at Southern Afar, Ethiopia. *Journal of Soil Science and Environmental Management*. 2019;10(5): 94-102.

11. Beybit Nasiyev, Nurbolat Zhanatalapov and Vladimir Shibaikin. Assessment of the Elements of the Sudan Grass Cultivation Technology in the Zone of Dry Steppes. *OnLine Journal of Biological Sciences*. 2021;21(1):172-180.



Рисунок. В коллекционном питомнике суданской травы (Камышинский район Волгоградской области)

**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 науки)

УДК: 631.532:581.143.6:581.192.7

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.011.75-80

## Оценка способности к каллусообразованию некоторых древесных растений в культуре *in vitro*

Надежда Геннадьевна Фоменко✉, e-mail: fomenko-n@vfanc.ru, аспирант, м.н.с., ORCID: 0000-0002-0783-6447

Ольга Олеговна Жолобова, к.б.н., в.н.с., ORCID: 0000-0002-1594-4181

«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.** Для достижения высокой мелиоративной эффективности защитных лесных насаждений в борьбе с опустыниванием и деградацией земель все чаще используются биотехнологические и селекционно-генетические методы. Многие представители древесных видов растений, имеющих важное значение в защитном лесоразведении, сложно размножаются традиционными способами, поэтому для решения данной задачи все чаще применяются биотехнологические подходы. В статье представлены результаты исследования способности *Robinia pseudoacacia* L. и гибрида *Ulmus* sp. к каллусообразованию в условиях *in vitro*. В качестве эксплантов использовались зеленые побеги и листья заранее асептически выращенных регенерантов. Культивирование эксплантов проводили в течение 28 дней, с фотопериодом 16 часов, на питательных средах Мурасига&Скуга, содержащих в своем составе синтетические фитогормоны: цитокинин TDZ и ауксин 2,4-D, в пяти различных концентрациях от 0,5 до 2,5 мг/л, с интервалом 0,5. В ходе проведения опыта было установлено, что исследуемые растительные объекты обладают способностью к каллусообразованию, эффективный фитогормон для активной индукции и нарастания четко оформленной каллусной ткани для *Ulmus* sp. является TDZ в невысоких концентрациях от 0,5 до 1,5 мг/л, на 2,4-D также формировался каллус, но он был не структурирован и сильно обводнен на всех концентрациях. У *R. pseudoacacia* на TDZ отмечалась высокочастотная регенерация побегов с незначительным формированием плотного каллуса в прикорневой зоне. Наиболее подходящим оказался ауксин 2,4-D в невысоких концентрациях от 0,5 до 1,5 мг/л, также на этих концентрациях отмечалось формирование почек ризогенеза.

**Ключевые слова:** каллус, ауксин 2,4-D, TDZ, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus* sp.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания НИР ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100427-1 «Разработать научные основы сохранения и воспроизводства ценных генотипов древесных и кустарниковых растений в культуре *in vitro*».

**Цитирование.** Фоменко Н.Г., Жолобова О.О. Оценка способности к каллусообразованию некоторых древесных растений в культуре *in vitro*// Научно-агрономический журнал. 2023. 3(122). С. 75-80. DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.011.75-80

Поступила в редакцию: 09.08.2023

Принята к печати: 11.09.2023

**Введение.** В последнее время наблюдалось резкое усиление антропогенной нагрузки на биосферу, что в свою очередь привело к значительным изменениям климата, деструкции многообразия функциональных связей в природе, снижению или полной потере способности агроэкосистем к естественному восстановлению и саморегуляции. Для борьбы с опустыниванием и деградацией земель важнейшее место отводится применению защитных лесных насаждений в агрофере [1; 2].

Достижение высокого качества и мелиоративной эффективности защитных лесных насаждений осуществляется методом подбора пород и проведением комплекса лесохозяйственных мероприятий в насаждениях. Одним из главных условий по оптимизации породного состава защитных лесных насаждений является создание местной семенной и питомнической базы, маточных плантаций на основе использования биотехнологических и селекционно-генетических методов [3].

Однако многие виды древесных и кустарниковых пород, имеющих важное значение в агроле-

сомелиорации, трудно размножаются естественным путем. Поэтому перспективным методом для решения данной задачи является соматический эмбриогенез. Он позволяет не только за короткие сроки накопить большой объем растительного материала с полным использованием регенеративных способностей растительных клеток, но также проводить селекционные мероприятия и исследования по влиянию стрессовых факторов (засоление, засуха, низкие температуры) и устойчивости к ним на каллусных культурах растений [10; 14].

На сегодняшний день методы клеточной инженерии разработаны для многих растений, которые позволяют расширить генетическое разнообразие исходного селекционного материала. Одним из важнейших этапов данных биотехнологий является регенерация растений из каллусных тканей путем соматического эмбриогенеза [11; 16]. Индукция каллусогенеза в условиях *in vitro* во многом зависит от условий культивирования, а именно гормонального состава индукционной среды, светового режима, генотипа и физиологического

статуса экспланта в момент его инокуляции на питательную среду [13]. Исследования по соматическому эмбриогенезу проводились на различных видах растений: *Dioscorea alata* [6], *Bactris gasipaes* [15], *Theobroma cacao* [17] и др. Этот метод также был успешно применен при клональном размножении различных голосеменных растений, таких как *Picea* [5] и *Ephedra foliata* [9].

Цель исследования – выявление и оценка способности к каллусогенезу у *Robinia pseudoacacia* и гибрида *Ulmus sp.* в культуре *in vitro*.

**Материалы и методика исследования.** В качестве исследуемых объектов были выбраны 2 древесных вида: *Robinia pseudoacacia* L. и гибрид *Ulmus sp.* Эти виды растений широко используются в защитном лесоразведении, поскольку они быстрорастущие, не требовательны к почве, хорошо переносят засуху, низкие температуры и засоление почвы.

Индукцию каллусных тканей осуществляли на питательной среде, приготовленной по протоколу Мурасиге&Скуга (Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе: Учеб. пособие. М.: ФБк-Пресс, 1999. 160 с.), дополнительно вносили синтетические фитогормоны: ауксин 2,4 – дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-D) и цитокинин тидиазурон (TDZ), в пяти концентрациях от 0,5 до 2,5 мг/л, с интервалом 0,5.

В качестве эксплантов использовали сегменты зеленых побегов и листьев, которые были заранее выращены в условиях *in vitro*. Перенос эксплантов на индукционную питательную среду осуществляли в условиях ламинар-бокса БМБ-II-«Ламинар-С»-1,2 (Россия), для этого с помощью стерильных пинцета и скальпеля нарезали сегменты частей асептически выращенных растений: зеленые побеги (1-2 междоузлия), лист длиной примерно 0,5-1 см [18].

Культивирование осуществляли в течении 4-х недель, на фитостеллажах СТЕЛЛАР-ФИТО LINE (Россия) с 16-ти часовым фотопериодом и температурой 22–24°C.

По завершению этапа культивирования, оценивалась индукция каллусогенеза (ИК) и морфологические особенности образовавшихся каллусных

тканей. Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием пакета программы Microsoft Excel и представлена в виде среднего арифметического с учетом ошибки среднего. Сравнение полученных результатов между собой проводилось по U-критерию Манна-Уитни. Статистически значимыми считались различия при  $p < 0.05$ . Индукцию рассчитывали по формуле [4]:

$$\text{ИК} = \left( \frac{\text{кол-во каллуса индуцированное эксплантами}}{\text{общее кол-во инокулированных эксплантов}} \right) * 100\%$$

**Результаты и обсуждение.** В ходе проведенного исследования было установлено, что исследуемые растительные объекты способны к каллусогенезу. Однако отмечались существенные различия в структурных особенностях каллусных тканей.

При анализе полученных данных, была установлена видоспецифичная реакция на фитогормоны в питательной среде. У *Ulmus sp.* отмечалась активная индукция каллусообразования на всех концентрациях 2,4-D и TDZ и составляла от 92 до 100 %. Высокая индукционная способность рода *Ulmus*, подтверждается и в исследованиях Conde P. с соавторами [7], которые установили, что активный каллусогенез у *Ulmus minor* Mill происходит на питательных средах как с ауксином (2,4-D), так и на средах с цитокинином (кинетин).

У *Robinia pseudoacacia* прямой зависимости индукции от концентрации фитогормона установлено не было, однако наилучшая индукция наблюдалась на питательных средах с 2,4-D (от 89 до 100%). На средах с TDZ максимальная индукция отмечалась только на концентрации 1,5 мг/л и составляла 83%. Полученные данные подтверждаются ранее проведенным исследованием Rastogi S. и U. N. Dwivedi [19] где было определено, что для устойчивого каллусогенеза растений семейства *Fabaceae*, к которым также относится и *Robinia pseudoacacia*, более подходящим является ауксин 2,4-D. Подробные результаты представлены в таблице 1.

Разные строчные буквы (a-c) показывают статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ). На 28-30 день проводилась структурно-морфологическая оценка образовавшихся каллусных тканей (таблица 2).

Таблица 1. Индукция каллусогенеза *Robinia pseudoacacia* и *Ulmus sp.* в зависимости от фитогормонов и их концентраций

Индукция каллусогенеза, %				
мг/л	<i>Robinia pseudoacacia</i>		<i>Ulmus sp.</i>	
	TDZ	2,4-D	TDZ	2,4-D
0,5	58±8,4 <sup>a</sup>	100±0 <sup>c</sup>	100±0 <sup>c</sup>	100±0 <sup>c</sup>
1	58±8,4 <sup>a</sup>	89±11 <sup>bc</sup>	100±0 <sup>c</sup>	100±0 <sup>c</sup>
1,5	83±9,6 <sup>b</sup>	91,7±8,3 <sup>bc</sup>	100±0 <sup>c</sup>	100±0 <sup>c</sup>
2	67±13,6 <sup>ab</sup>	100±0 <sup>c</sup>	100±0 <sup>c</sup>	92±7,6 <sup>bc</sup>
2,5	67±23,6 <sup>ab</sup>	91,7±8,3 <sup>bc</sup>	100±0 <sup>c</sup>	100±0 <sup>c</sup>

Таблица 2. Морфологические особенности каллусных культур *R. pseudoacacia* и *Ulmus sp.* в зависимости типа экспланта и фитогормона

<i>Robinia pseudoacacia</i>					
Эксплант	2,4-D, мг/л				
	0,5	1	1,5	2	2,5
Побег	Белый <sup>4*</sup> , рыхлый	Белый с зелеными включениями <sup>4</sup> рыхлый	Белый <sup>3</sup> , рыхлый	Белый <sup>3</sup> , рыхлый	Белый с зелеными включениями <sup>4</sup> рыхлый
Лист	Светло-бежевый <sup>1</sup> , рыхлый	Светло-бежевый <sup>1</sup> , рыхлый	Светло-бежевый <sup>2</sup> , рыхлый	Светло-бежевый <sup>0</sup> , рыхлый	Светло-бежевый <sup>0</sup> , рыхлый
Эксплант	TDZ, мг/л				
	0,5	1	1,5	2	2,5
Побег	Зеленый <sup>1</sup> , плотный	Светло-коричневый <sup>1</sup> , плотный	Светло-коричневый с зелеными включениями <sup>2</sup> плотный	Светло-коричневый <sup>2</sup> , плотный, обводненный	Светло-коричневый с зелеными включениями <sup>3</sup> , плотный
Лист	Зеленый <sup>3</sup> , плотный	Зеленый <sup>4</sup> , плотный	Зеленый <sup>3</sup> , плотный	Зеленый <sup>3</sup> , плотный	Зеленый <sup>4</sup> , плотный
<i>Ulmus sp.</i>					
Эксплант	2,4-D, мг/л				
	0,5	1	1,5	2	2,5
Побег	Светло-коричневый <sup>2</sup> , плотный, обводненный	Коричневый, плотный <sup>2</sup> , обводненный	Серо-коричневый <sup>2</sup> , плотный, обводненный	Серо-коричневый <sup>2</sup> , плотный, обводненный	Коричневый, плотный <sup>2</sup> , обводненный
Лист	Бело-серый <sup>1</sup> , плотный	Бело-серый <sup>1</sup> , плотный	Бело-серый <sup>0</sup> , плотный, обводненный	Бело-серый <sup>1</sup> , плотный, обводненный	Бело-серый <sup>0</sup> , плотный, обводненный
Эксплант	TDZ, мг/л				
	0,5	1	1,5	2	2,5
Побег	Светло-коричневый <sup>4</sup> , ср. плотности*	Светло-коричневый <sup>3</sup> , ср. плотности	Светло-коричневый с красными включениями <sup>3</sup> ср. плотности	Светло-коричневый с красными включениями <sup>3</sup> ср. плотности	Светло-коричневый <sup>4</sup> , ср. плотности
Лист	Бело-серый <sup>2</sup> , ср. плотности	Бело-серый <sup>1</sup> , ср. плотности	Бело-серый <sup>1</sup> , ср. плотности	Бело-серый <sup>0</sup> , ср. плотности	Бело-серый <sup>0</sup> , ср. плотности

Примечание: \*покрытие эксплантов каллусом: 0 – 0%, 1 – 25%, 2 – 50%, 3 – 75%, 4 – 100%.  
\*\*Средней плотности

Было установлено, что образование каллусной ткани зависит от типа экспланта. На листовых эксплантах формирование каллуса было незначительное, при этом отмечалась его видоспецифичность, так лист *Robinia pseudoacacia* приобретал

плотную структуру, полностью покрытую тонким слоем плотного зеленого каллуса с адаксиальной стороны листа (рисунок 1а). У *Ulmus sp.* наблюдалось потемнение листовых эксплантов с формированием каллуса на жилках листа (рисунок 1б).

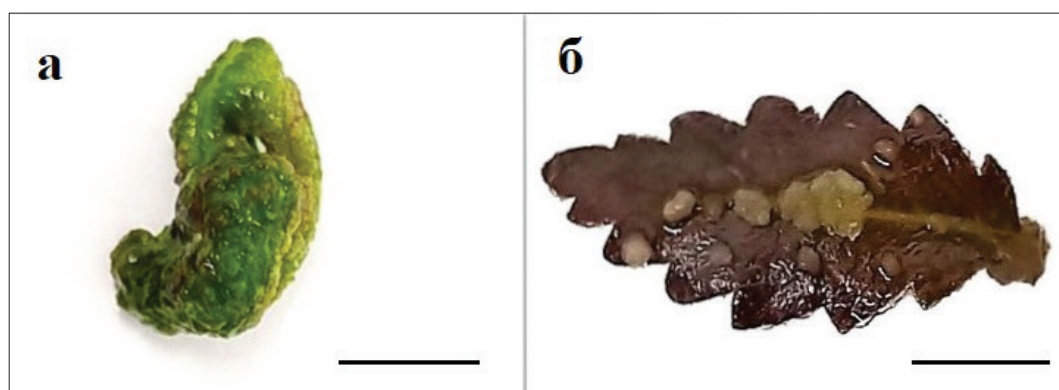


Рисунок 1. Структура каллуса на листовых эксплантах: а – *Robinia pseudoacacia*; б – *Ulmus sp.*, масштаб 0,5 см

У всех исследуемых образцов, вне зависимости от типа фитогормона и его концентрации, наибольшее нарастание каллуса отмечалось на сегментах побега. В прикорневой зоне побега *Ulmus* sp. на концентрациях TDZ от 0,5 до 1,5 мг/л образовывался каллус средней плотности светло-коричневого цвета с красными включениями и имел четко дифференцированную структуру клеток, также отмечалось утолщение побега, с активной регенерацией листьев, но при этом рост самого побега отсутствовал (рисунок 2а). На более высоких концентрациях (2 – 2,5 мг/л), каллус был более обводненным, без четкого разделения на клеточные структуры, при этом как и на более низких концентрациях наблюдалось утолщение побега и активная регенерация листьев (рисунок 2б). На питательных средах с ауксином 2,4-D каллус был плотный и сильно обводненный, серого цвета, отмечалась некротизация исходного экспланта (рисунок 2в). Согласно данным исследования Conde P. с соавторами [7] для получения эмбрионного каллуса вяза требуются только низкие концентрации ауксина 2,4-D. В нашем исследовании присутствие в индукционной среде низких

концентраций 2,4-D не влияло на формирование морфогенного каллуса. С другой стороны, в исследовании *Corredoira* с соавторами [8] на *U. glabra* и *U. minor*, эмбрионные культуры были получены в среде, дополненной цитокинином (BA). Следовательно, мы можем выдвинуть гипотезу, что для устойчивого развития морфогенного каллуса в питательной среде необходимо присутствие комбинации цитокинина и ауксина.

У эксплантов зеленых побегов *Robinia pseudoacacia* в прикорневой зоне, на питательной среде с TDZ на всех исследуемых концентрациях формировался компактный, светло-коричневый и зеленый каллус. Как и в ранее проведенном исследовании М. Hosseini-Nasr и А. Rashid [12] у *Robinia pseudoacacia* отмечалась высокочастотная регенерация побегов (рисунок 2г). На ауксине 2,4-D формировался белый каллус рыхлой структуры, на невысоких концентрациях от 0,5 до 1,5 мг/л отмечалось образование почек ризогенеза и активное развитие побегов (рисунок 2д), на концентрациях 2 и 2,5 мг/л структура каллуса не изменилась, но наблюдался хлороз у регенерируемых побегов (рисунок 2е).

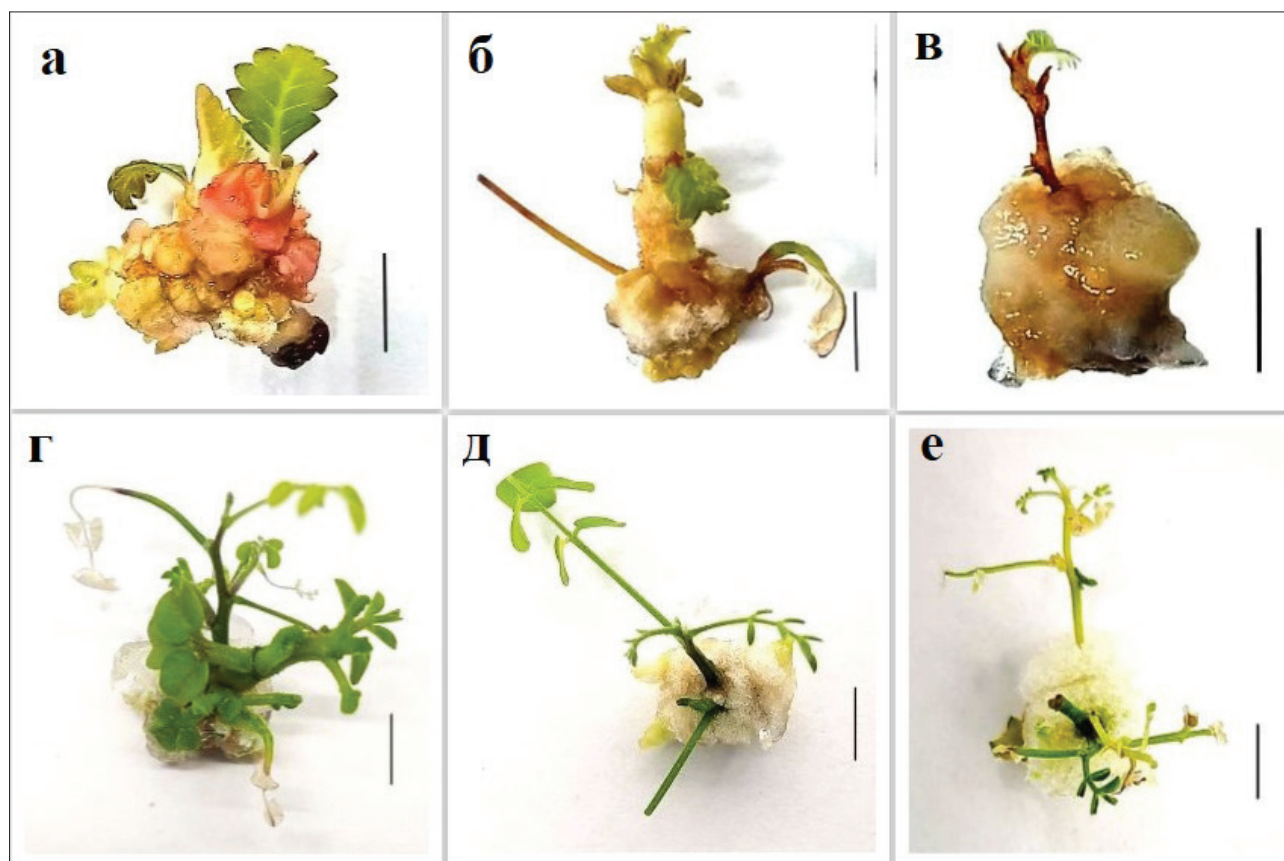


Рисунок 2. Структура каллусных тканей *Ulmus* sp. (а – TDZ – 1,5 мг/л; б – TDZ – 2,5 мг/л; в – 2,4-D – 0,5 мг/л), *Robinia pseudoacacia* (г – TDZ – 0,5 мг/л; д – 2,4-D – 0,5 мг/л; е – 2,4-D – 2,5 мг/л), масштаб – 0,5 см

**Заключение.** *Ulmus* sp. и *Robinia pseudoacacia* проявляли различную реакцию на вид фитогормона, так для *Ulmus* sp. наиболее эффективным для индукции и нарастания каллуса оказался TDZ в

невысоких концентрациях, до 1,5 мг/л, для *Robinia pseudoacacia* 2,4-D в концентрации до 1,5 мг/л. Также результаты показали, что при необходимости высокочастотного побегообразования у *Robinia*

*pseudoacacia* можно использовать TDZ в невысоких концентрациях от 0,5 до 1 мг/л.

#### Литература:

1. 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. М.: ООО «Издательство МБА». 2021. Т. 3. 700 с. DOI: 10.52479/978-5-6045103-9-1
2. Кулик К.Н. Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засух и опустынивания земель // Научно-агрономический журнал. 2022. №. 3(118). С. 8-13. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.001.08-13
3. Маттис Г.Я. Пути повышения качества и эффективности искусственных лесных насаждений в аридном регионе европейской территории России // Лесное хозяйство. 2003. № 2. С. 37-40.
4. Abd El-Hameid A.R., Abo El-kheir Z.A., Abdel-Hady M.S. Identification of DNA variation in callus derived from *Zingiber officinale* and anticoagulation activities of ginger rhizome and callus. *Bulletin of the National Research Centre*. 2020; 44:103-108. DOI: 10.1186/s42269-020-0281-9
5. Ahmad I., Johansson S., Andrade G., Dedicova B., Egertsdotter U. Somatic embryogenesis for mass propagation of elite Spruce families: effect of storage time on somatic embryogenesis initiation. *BMC Proceedings – BioMed Central*. 2011;5:1-3. DOI: 10.1186/1753-6561-5-S7-P127
6. Belarmino M.M., Gonzales J.R. Somatic embryogenesis and plant regeneration in purple food yam (*Dioscorea alata* L.). *Ann Trop Res*. 2008;30(2):22-33. DOI: 10.32945/atr3022.2008
7. Conde P., Loureiro J., Santos C. Somatic embryogenesis and plant regeneration from leaves of *Ulmus minor* Mill. *Plant Cell Reports*. 2004;22(9):632-639. – DOI: 10.1007/s00299-003-0735-1
8. Corredoira E., Vieitez A. M., Ballester A. Somatic Embryogenesis in Elm. *Annals of Botany*. 2002;89(5):637-644, DOI: 10.1093/aob/mcf080
9. Dhiman M., Sharma V., Moitra S. Somatic embryogenesis and plant regeneration in *Ephedra foliata* Boiss a non-coniferous gymnosperm. *Plant tissue culture and Biotechnology*. 2010;20(2):133-143. DOI: 10.3329/ptcb.v20i2.6893

10. George E.F., Debergh P.C. Micropropagation: uses and methods. Plant propagation by tissue culture. Netherlands. *Springer Publ. house*. 2008;1:29-64. DOI: 10.1007/978-1-4020-5005-3\_2
11. Hosseini-Nasr M., Rashid A. Thidiazuron-induced high-frequency shoot regeneration from root region of *Robinia pseudoacacia* L. seedlings. *Biologia plantarum*. 2003;47: 593-596. DOI: 10.1023/B:BIOP.0000041068.19770.95
12. Luciani G.F., Mary A.K., Pellegrini C., Curvetto N.R. Effects of explants and growth regulators in garlic callus formation and plant regeneration. *Plant cell, tissue and organ culture*. 2006;87:139-143. DOI: 10.1007/s11240-006-9148-5
13. Maciel S.A., Fermino Junior P.C., Silva R.A., Scherwinski-Pereira J.E. Morpho-anatomical characterization of embryogenic calluses from immature zygotic embryo of peach palm during somatic embryogenesis. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2010; 32: 263-267. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i2.3248
14. Quainoo A.K., Dwomo B.I. The effect of TDZ and 2,4-D concentrations on the induction of somatic embryo and embryogenesis in different cocoa genotypes. *Plant Studies*. 2012;1(1): DOI:10.5539/jps.v1n1p72
15. Ramírez-Mosqueda M.A. Somatic Embryogenesis. *Methods in Molecular Biology*. 2022:1-8. DOI: 10.1007/978-1-0716-2485-2
16. Rastogi S., Dwivedi U.N. Regeneration and genetic transformation of tree legumes with special reference to *Leucaena* species. *Applied Genetics of Leguminosae Biotechnology*. 2003:301-326. DOI: 10.1007/978-94-017-0139-6\_19
17. Isah T. Induction of somatic embryogenesis in woody plants. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2016;38:1-22. DOI: 10.1007/s11738-016-2134-6
18. Nic-Can G. I., Loyola-Vargas V. M. The role of the auxins during somatic embryogenesis. *Somatic embryogenesis: fundamental aspects and applications*. 2016. pp. 171-182. DOI: 10.1007/978-3-319-33705-0\_10
19. Germana M.A., Maurizio L.E. In vitro embryogenesis in higher plants. New York, Heidelberg: Humana Press. 2016. pp. 559. DOI: 10.1007/978-1-4939-3061-6

DOI: 10.34736/FNC.2023.122.3.011.75-80

## Assessment of the Ability to Callus Formation of Some Woody Plants in “in vitro” Culture

Nadezhda G. Fomenko<sup>✉</sup>, e-mail: fomenko-n@vfanc.ru, ORCID: 0000-0002-0783-6447

Olga O. Zholobova, Cand. Sci. (Biol.), ORCID: 0000-0002-1594-4181

“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.** Biotechnological and breeding-genetical methods are increasingly used to achieve high reclamation efficiency of protective forest plantations in the combating against desertification and land degradation. Many representatives of woody plant species that are important in protective afforestation are difficult to reproduce by traditional methods, so biotechnological approaches are increasingly being used to solve this problem. The article presents the

results of a study of the *Robinia pseudoacacia* L. and the hybrid *Ulmus sp.* to callus formation ability in vitro. Green shoots and leaves of aseptically grown regenerants were used as explants. Explants were cultured for 28 days, with a photoperiod of 16 hours, on Murashiga Skuga nutrient environment containing synthetic phytohormones: cytokinin TDZ and auxin 2,4-D, in five different concentrations from 0.5 to 2.5 mg/l, with an interval of 0.5. During the experiment,



it was found that the studied plant objects have the ability to callus formation, an effective phytohormone for active induction and growth of clearly formed callus tissue for *Ulmus sp.* It is TDZ in low concentrations from 0.5 to 1.5 mg/l, a callus was also formed on 2,4-D, but it was not structured and heavily watered at all concentrations. In *R. pseudoacacia*, high-frequency regeneration of shoots with insignificant formation of dense callus in the basal zone was observed on TDZ. Auxin 2,4-D turned out to be the most suitable in low concentrations from 0.5 to 1.5 mg/l, and the formation of rhizogenesis kidneys was also noted at these concentrations.

**Keywords:** callus, 2,4-D, TDZ, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus sp.*

**Funds.** The work was carried out within the framework of the state task of the Scientific Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences No. 122020100427-1 "Develop scientific foundations for the conservation and reproduction of valuable genotypes of woody and shrubby plants in in vitro culture".

**Citation.** Fomenko N.G., Zholobova O.O. Assessment of the Ability to Callus Formation of Some Woody Plants in "in vitro" Culture. *Scientific Agronomy Journal*. 2023;3(122):75-80. DOI:10.34736/FNC.2023.122.3.011.75-80

Received: 09.08.2023

Accepted: 11.09.2023

#### References:

1. National report "Global Climate and soil cover of Russia: drought manifestation, prevention and control measures, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry)" / edited by R.S.-H. Edelgeriev. 2021; 3. M. IBA Publishing House LLC. 700 p (In Russ.)
2. Kulik K.N. The current state of protective forest plantations in the Russian Federation and their role in mitigating the effects of droughts and land desertification. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2022;3(118):8-13. (In Russ.) DOI: 0.34736/FNC.2022.118.3.001.08-13.
3. Mattis G.Ya. Ways to improve the quality and efficiency of artificial forest plantations in the arid region of the European territory of Russia. *Lesnoe khozyajstvo*. 2003;2:37-40. (In Russ.)
4. Abd El-Hameid A.R., Abo El-kheir Z.A., Abdel-Hady M.S. Identification of DNA variation in callus derived from *Zingiber officinale* and anticoagulation activities of ginger rhizome and callus. *Bulletin of the National Research Centre*. 2020; 44:103-108. DOI: 10.1186/s42269-020-0281-9
5. Ahmad I., Johansson S., Andrade G., Dedicova B., Egertsdotter U. Somatic embryogenesis for mass propagation of elite Spruce families: effect of storage time on somatic em-

bryogenesis initiation. *BMC Proceedings – BioMed Central*. 2011;5:1-3. DOI: 10.1186/1753-6561-5-S7-P127

6. Belarmino M.M., Gonzales J.R. Somatic embryogenesis and plant regeneration in purple food yam (*Dioscorea alata* L.). *Ann Trop Res*. 2008;30(2):22-33. DOI: 10.32945/atr3022.2008

7. Conde P., Loureiro J., Santos C. Somatic embryogenesis and plant regeneration from leaves of *Ulmus minor* Mill. *Plant Cell Reports*. 2004;22(9):632-639. DOI: 10.1007/s00299-003-0735-1

8. Corredoira E., Vieitez A. M., Ballester A. Somatic Embryogenesis in Elm. *Annals of Botany*. 2002; 89(5): 637-644. DOI: 10.1093/aob/mcf080

9. Dhiman M., Sharma V., Moitra S. Somatic embryogenesis and plant regeneration in *Ephedra foliata* Boiss a non-coniferous gymnosperm. *Plant tissue culture and Biotechnology*. 2010; 20(2): 133-143. DOI: 10.3329/ptcb.v20i2.6893

10. George E.F., Debergh P.C. Micropropagation: uses and methods. Plant propagation by tissue culture. Netherlands. *Springer Publ. house*. 2008;1:29-64. DOI: 10.1007/978-1-4020-5005-3\_2

11. Hosseini-Nasr M., Rashid A. Thidiazuron-induced high-frequency shoot regeneration from root region of *Robinia pseudoacacia* L. seedlings. *Biologia plantarum*. 2003;47: 593-596. DOI: 10.1023/B:BIOP.0000041068.19770.95

12. Luciani G.F., Mary A.K., Pellegrini C., Curvetto N.R. Effects of explants and growth regulators in garlic callus formation and plant regeneration. *Plant cell, tissue and organ culture*. 2006;87:139-143. DOI: 10.1007/s11240-006-9148-5

13. Maciel S.A., Fermino Junior P.C., Silva R.A., Scherwinski-Pereira J.E. Morpho-anatomical characterization of embryogenic calluses from immature zygotic embryo of peach palm during somatic embryogenesis. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2010;32:263-267. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i2.3248

14. Quainoo A.K., Dwomo B.I. The effect of TDZ and 2,4-D concentrations on the induction of somatic embryo and embryogenesis in different cocoa genotypes. *Plant Studies*. 2012;1(1): DOI:10.5539/jps.v1n1p72

15. Ramírez-Mosqueda M.A. Somatic Embryogenesis. *Methods in Molecular Biology*. 2022. pp. 1-8. DOI: 10.1007/978-1-0716-2485-2

16. Rastogi S., Dwivedi U.N. Regeneration and genetic transformation of tree legumes with special reference to *Leucaena* species. *Applied Genetics of Leguminosae Biotechnology*. 2003. pp. 301-326. DOI: 10.1007/978-94-017-0139-6\_19

17. Isah T. Induction of somatic embryogenesis in woody plants. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2016; 38: 1-22. DOI: 10.1007/s11738-016-2134-6

18. Nic-Can G. I., Loyola-Vargas V. M. The role of the auxins during somatic embryogenesis. *Somatic embryogenesis: fundamental aspects and applications*. 2016. pp. 171-182. DOI: 10.1007/978-3-319-33705-0\_10

19. Germana M.A., Maurizio L.E. In vitro embryogenesis in higher plants. New York, Heidelberg: Humana Press. 2016. pp. 559. DOI: 10.1007/978-1-4939-3061-6

**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.