

ISSN 2500-0047

НАУЧНО-АГРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC AGRONOMY
JOURNAL

3 (118) 2022



НАУЧНО-АГРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC AGRONOMY JOURNAL

3 (118) 2022

Волгоград
2022

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., профессор, ФНЦ агроэкологии РАН, Россия
Беленков А.И., д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Россия
Еремин Г.В., д.с.-х.н., академик РАН, Крымская ОСС – филиал ВИР, Россия
Кружилин И.П., д.с.-х.н., профессор, академик РАН, ФГБНУ ВНИИОЗ, Россия
Мелихов В.В., д.с.-х.н., член-корреспондент РАН, ФГБНУ ВНИИОЗ, Россия
Муканов Б.М., д.с.-х.н., профессор, КазНИИЛХА, Республика Казахстан
Рулёв А.С., д.с.-х.н., профессор, академик РАН, ФНЦ агроэкологии РАН, Россия
Сложенкина М.И., д.б.н., профессор, член-корреспондент РАН, ФГБНУ «Поволжский НИИММП», Россия
Турусов В.И., д.с.-х.н., академик РАН, ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева», Россия
Чекмарев П.А., д.с.-х.н., академик РАН, НО Ассоциация союзов отраслевых АПК России, Россия

Редакционная коллегия:

Барабанов А.Т., д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН	Манаенков А.С., д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН
Беляков А.М., д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН	Нефедьева Е.Э., д.б.н., ФГБОУ ВО ВолгГТУ
Воронина В.П., д.с.-х.н., к.б.н., ФГБОУ ВО ВолГАУ	Оконов М.М., д.с.-х.н., ФГБОУ ВО КалмГУ
Гурова О.Н., к.с.-х.н., Комитет с/х Волгоградской обл.	Питоня А.А., к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН
Желтобрюхов В.Ф., д.т.н., ФГБОУ ВО ВолгГТУ	Рахимжанов А.Н., к.с.-х.н., ТОО «КазНИИЛХА им. А.Н. Букейхана», Республика Казахстан
Зайцев В.Г., к.б.н., ФНЦ агроэкологии РАН	Рулева О.В., д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН
Зеленев А.В., д.с.-х.н., ФГБОУ ВО ВолГАУ	Сагалаев В.А., д.б.н., ФГБОУ ВО ВолГУ
Зеленская Г.М., д.с.-х.н., ФГБОУ ВО Донской ГАУ	Смутнев П.А., к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН
Иванцова Е.А., д.с.-х.н., ФГАУ ВО ВолГУ	Солонкин А.В., д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН
Иванченко Т.В., к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН	Срослова Г.А., к.б.н., ФГАУ ВО ВолГУ
Кошелев А.В., к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН	Тютюма Н.В., д.с.-х.н., ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»
Крючков С.Н., д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН	Юферев В.Г., д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН
Кулик А.К., к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН	

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

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

© ФНЦ агроэкологии РАН
© Научно-агрономический журнал

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

ISSN 2500-0047 DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.000

Печатается в копировально-множительном бюро ФНЦ агроэкологии РАН
Адрес: 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97

Тираж 500 экз. Заказ 7, подписано в печать 28 сентября 2022 г. Дата выпуска 30 сентября 2022 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 State Budget Scientific Institution «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.**, D.S-Kh.N., 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., D.S-Kh.N., Professor, FSC of Agroecology RAS, Russia
Belentsov A.I., D.S-Kh.N., Professor, RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev, Russia
Eremin G.V., D.S-Kh.N., Academician of RAS, Krymsk experimental breeding station – branch of the VIR, Russia
Kruzhilin I.P., D.S-Kh.N., Professor, Academician of RAS, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Russia
Melikhov V.V., D.S-Kh.N., RAS corr. member, «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture» (FSBI VNIIOZ), Russia
Mukanov B.M., D.S-Kh.N., Professor, Academician of NAS of Kazakhstan, Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Scientific Consultant, Republic of Kazakhstan
Rulev A.S., D.S-Kh.N., Professor, Academician of RAS, FSC of Agroecology RAS, Russia
Slozhenkina M.I., D.B.N., Professor, RAS corr. member, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (VRIMMP), Russia
Turusov V.I., D.S-Kh.N., Academician of RAS, Voronezh FANC named after V. V. Dokuchaev, Russia
Chekmarev P.A., D.S-Kh.N., Academician of RAS, BUT the Association of Unions of industrial agro-industrial complex of Russia

Editorial Board:

Barabanov A.T. , D.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS	Manayenkov A.S. , D.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS
Belyakov A.M. , D.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS	Nefed'eva E.E. , D.B.N., Volgograd State Technical University
Voronina V.P. , D.S-Kh.N., K.B.N., Volgograd State Agrarian University	Okonov M.M. , D.S-Kh.N., Kalmyk State University
Gurova O.N. , K.S-Kh.N., Com. of Agriculture of the Volgograd region	Pitonya A.A. , K.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS
Zheltobruykhov V.E. , D.T.N., Volgograd State Technical University	Rakhimzhanov A.N. , K.S-Kh.N., Kazakh Scientific Research Institute of Forestry and Agroforestry
Zaitsev V.G. , K.B.N., FSC of Agroecology RAS	Ruleva O.V. , D.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS
Zelenev A.V. , D.S-Kh.N., Volgograd State Agrarian University	Sagalayev V.A. , D.B.N., Volgograd State University
Zelenskaya G.M. , D.S-Kh.N., Don State Agrarian University	Smutnev P.A. , K.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS
Ivantsova E.A. , D.S-Kh.N., Volgograd State University	Solonkin A.V. , D.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS
Ivanchenko T.V. , K.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS	Sroslova G.A. , K.B.N., Volgograd State University
Koshelev A.V. , K.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS	Tyutyuma N.V. , D.S-Kh.N., Caspian Agrarian FSC of RAS
Kryuchkov S.N. , D.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS	Yuferev V.G. , D.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS
Kulik A.K. , K.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS	

Managing Editor: Leontyeva E.E.
Translation into English: Khnyckin A.S.

Publisher's Address: 400062, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97
e-mail: 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.2022.118.3.000

Published by FSC of Agroecology RAS
Address: 400062, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97

Circulation 500 copies. Order 7, signed to print on 28 September 2022. Date of issue 30 September 2022
The journal is published 4 times a year and distributed through an address list and at agro-industrial exhibitions and fairs.

The price is free. Subscription index IIP354

The publisher is not responsible for the credibility of the data in the published materials.
Reprints of the materials must include a reference to the journal.

Содержание

Content

<u>Колонка редактора</u>	5
<u>События, новости</u>	
О прошедшей конференции в ФНЦ агроэкологии РАН.....	6
Обращение к молодым ученым ФНЦ агроэкологии РАН.....	7
<u>Проблемы, суждения, факты</u>	
К.Н. Кулик. Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засух и опустынивания земель.....	8
<u>Агролесомелиорация</u>	
З.Г. Залибеков, М.Ш. Абдуллаев, С.А. Мамаев, М.А. Мусаев, П.Д. Мусалаева, З.В. Валиев. Подземные пресные воды засушливых регионов юга России и их использование в борьбе с опустыниванием почв.....	14
Марс М. Хисматуллин, Марсель М. Хисматуллин. Развитие противозерозийной мелиорации в Республике Татарстан и ее эколого-экономическая эффективность.....	23
В.В. Дорошенко Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае.....	31
М.О. Шатровская, Н.О. Шатровский. Моделирование водосборных областей реки Донская Царица.....	37
А.В. Мелихова. Пространственный анализ защитных лесных насаждений северной части Ергенинской возвышенности.....	43
А.Н. Берденгалиева, Р.Н. Берденгалиев. Связь сезонной динамики озимой пшеницы и рельефа в поздней зоне южных черноземов Волгоградской области.....	49
В.В. Танюкевич, Е.К. Верещагин, В.В. Танюкевич. Влияние аридности климата на ландшафтные пожары в Волгоградской области.....	57
<u>Лесовосстановление</u>	
С.К. Стеценко, Г.Г. Терехов, Е.М. Андреева. Влияние пестицидов на морфологию сеянцев сосны в лесных питомниках: прошлое и настоящее.....	65
<u>Биотехнология растений</u>	
А.П. Дегтярева. Особенности содержания фотосинтетических пигментов в хвое сосны обыкновенной в разных экологических условиях.....	70
К.А. Мельник, А.Ш. Хужахметова. Феноритмика представителей родового комплекса <i>Gleditsia</i> в условиях интродукции.....	75
<u>Экология</u>	
Ш. Матвеев. Геоинформационный анализ основных источников климатической информации на территорию Волгоградской области.....	81
О.А. Гордиенко, Р.Н. Балкушкин. Особенности почв городских рекреационных территорий сухостепной природной зоны (на примере парка «Дружба»).....	86
<u>От редакции</u>	94

<u>Editorial Column</u>	5
<u>Events, news</u>	
About the Last Conference in the FSC of Agroecology RAS.....	6
Appeal to Young Scientists of the FSC of Agroecology RAS.....	7
<u>Problems, judgments, facts</u>	
K.N. Kulik. The Current State of Protective Forest Plantations in the Russian Federation and Their Role in Mitigating the Effects of Droughts and Land Desertification.....	8
<u>Agroforestry melioration</u>	
Z.G. Zalibekov, M.Sh. Abdullaev, S.A. Mamaev, M.A. Musaev, P.D. Musalaeva, Z.V. Valiev. Underground Fresh Waters of Arid Regions of Southern Russia and Their Use in Combating Soil Desertification.....	14
Mars M. Khismatullin, Marsel M. Khismatullin. Anti-Erosion Melioration Development in the Republic of Tatarstan and Its Ecological and Economic Efficiency.....	23
V.V. Doroshenko. Geoinformation Analysis of the Desertification Processes Development in the Stavropol Region.....	31
M.O. Shatrovskaya, N.O. Shatrovskij. Modeling of the Drainage Areas of the Donskaya Tsaritsa River.....	37
A.V. Melikhova. Spatial Analysis of Protective Forest Plantations in the Northern Part of the Ergeninskaya Upland.....	43
A.N. Berdengalieva, R.N. Berdengaliev. The Relationship of Relief and Winter Wheat Seasonal Dynamics in the Subzone of Southern Chernozems in the Volgograd Region.....	49
V.V. Tanyukevich, E.K. Vereshchagin, V.V. Tanyukevich. The Climate Aridity Influence on Landscape Fires in the Volgograd Region.....	57
<u>Reforestation</u>	
S.K. Stetsenko, G.G. Terekhov, E.M. Andreeva. The Influence of Pesticides on the Pine Seedlings Morphology in Forest Nurseries: Past and Present.....	65
<u>Plant biotechnology</u>	
A.P. Degtyareva. Features of Photosynthetic Pigments Content in the Pine Needles of the Scots Pine in Different Environmental Conditions.....	70
K.A. Mel'nik, A.Sh. Khuzhakhmetova. Phenorhythmics of the <i>Gleditsia</i> generic complex representatives in the conditions of introduction.....	75
<u>Ecology</u>	
Sh. Matveev. Geoinformation Analysis of the Main Sources of Climate Information on the Territory of the Volgograd Region.....	81
O.A. Gordienko, R.N. Balkushkin. Soil Features of Urban Recreational Areas in the Dry-Steppe Natural Zone (on the Example of the «Druzhba» Park).....	86
<u>From the editorial board</u>	94

Уважаемые читатели и дорогие коллеги!

В новом номере «Научно-агрономического журнала» большинство авторов говорят о серьезной экологической проблеме – опустынивании территорий, касающейся стран с засушливым климатом, среди которых – Россия. Быстрыми темпами развивается антропогенное опустынивание аридных, субаридных и сухих субгумидных районов, частично охватившее территорию 28 субъектов Российской Федерации. Особенно критическая ситуация сложилась в юго-восточных регионах европейской части РФ. Например, в Прикаспии на Черноземельских пастбищах из-за перевыпаса и распашки площадь пустыни в 70-80 годах прошлого столетия увеличивалась каждый год на 40-50 тысяч гектаров. В 1986 году была разработана «Генеральная схема борьбы с опустыниванием Черноземельских и Кизлярских пастбищ». В результате ее реализации и выполнения работ первой очереди по фитомелиорации площадь единственной антропогенной пустыни в Европе сократилась. Однако в последние пять лет ситуация изменилась не в лучшую сторону – ученые наблюдают резкое усиление антропогенного опустынивания. Причин этого явления несколько. Вновь начался перевыпас на пастбищах, наметилась аридизация климата в этих районах, сокращается площадь лесов и защитных лесонасаждений. Так, лесистость черноземной полосы России за 150 лет уменьшилась с 38-40% до 6-15%, а водосборных бассейнов крупных рек с 30-40% до 10-20%. Это, в свою очередь, стало причиной деформации структуры тепло- и влагообмена, что привело к нарушению радиационного баланса агроландшафтов, ослаблению их регуляторно-восстановительного потенциала. Поэтому поступающая солнечная энергия в значительной части стала расходоваться не на синтез органического вещества, а на перегрев и обезвоживание территории. Иными словами, это способствует формированию более частых засух и суховеев. Процесс деградации и опустынивания усугубляется и нерациональной организацией территории землепользования.

В связи со сложившейся экологической обстановкой в агросфере Российской Фе-

дерации необходимо оперативно принять меры, чтобы восстановить природно-ресурсный потенциал, а также справиться с проблемой опустынивания территорий.

Именно этой теме была посвящена Всероссийская, научно-практическая конференция «Агроресомелиорация и опустынивание», которая состоялась на базе ФНЦ агроэкологии РАН. Она объединила на одной площадке ученых со всей страны. Свою лепту в работу научно-практической конференции внесли молодые специалисты. На базе Центра работают две молодежные лаборатории, инновационный совет молодых ученых. В рамках конференции состоялась «Школа молодых ученых» ФНЦ агроэкологии РАН «Взгляд молодых исследователей на решение проблемы опустынивания территорий». Несмотря на сравнительно небольшой опыт, молодые ученые работают над решением важных экологических проблем, среди которых и борьба с опустыниванием.

Одни проводят геоинформационные исследования особенностей таких территорий, анализируют, оценивают. Результаты моделирования с использованием современных инструментов очень важны для дальнейшей работы по противодействию отрицательным факторам как климатическим, так и антропологическим. Другие молодые исследователи работают с новыми видами растений, третьи разрабатывают новые инновационные технологии, которые помогут справиться с опустыниванием и другими экологическими проблемами.

В новом номере «Научно-агрономического журнала» четко прослеживается преемственность поколений ученых: академики Российской академии наук, доктора наук, которые еще в 80-е годы прошлого столетия боролись с проблемой опустынивания, участвовали в создании «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ», передают свои бесценные знания, опыт молодым перспективным специалистам, в чьих руках находится будущее российской и мировой науки.

Главный редактор К.Н. Кулик

О прошедшей конференции в ФНЦ агроэкологии РАН

22.07.2022 г. на базе ФНЦ агроэкологии РАН прошла Всероссийская научно-практическая конференция «Агроресомелиорация и опустынивание». Она объединила более 100 участников. Руководителем конференции выступил д.с.-х.н., профессор, директор ФНЦ агроэкологии РАН Александр Беляев. Основным мероприятием стало пленарное заседание, на котором выступили выдающиеся ученые России.

Академик РАН, д.с.-х.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН Константин Кулик озвучил доклад на тему «Агроресомелиорация и опустынивание». Академик РАН, д.с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой лесоводства и мелиорации ландшафтов РГАУ МСХА им. К. А. Тимирязева Николай Дубенок подготовил доклад «Комплексные мелиорации – основа продовольственной безопасности страны».

Доктор с.-х.н., Заслуженный работник сельского хозяйства Российской Федерации, Почетный работник науки и техники Российской Федерации (ФГБНУ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева») Юрий Духанин выступил с темой «Землепользование России в условиях изменения глобального климата и беспрецедентных социально-экономических вызовов: состояние почвенного (земельного) покрова, тенденции изменения, деградация, методология учета, прогнозы».

Академик РАН, доктор с.-х. наук ФБУ ВНИИЛМ Александр Мартынюк рассказал о «Роли леса в решении проблем опустынивания». Доктор биологических наук, главный редактор журнала «Аридные экосистемы» (Институт Геологии ДНЦ РАН) Залибек Залибеков подготовил доклад на тему «Проблемы опустынивания: теоретические и практические вопросы современных процессов аридизации в условиях антропогенного воздействия и глобальных изменений климата».

Доктор с.-х. наук, заслуженный мелиоратор Республики Татарстан, почетный работник АПК Российской Федерации, директор ФГБУ «Управление «Татмелиоводхоз» Марс Хисматуллин завершил пленарное заседание докладом «Развитие агроресомелиорации в Республике Татарстан, многофункциональная роль и значение проводимых мероприятий для АПК региона в условиях глобального изменения климата».

После пленарной сессии стартовало «Совместное заседание Координационного совета по агроресомелиорации и защитному лесоразведению Отделения сельскохозяйственных наук РАН и руководителей субъектов Российской Федерации (Республика Калмыкия, Республика Дагестан, Республика Татарстан, Саратовская

область, Волгоградская область, Астраханская область, Ростовская область, Республика Тыва, Ставропольский край, юг Кулунды, Республика Хакасия, юг Красноярского края, Республика Бурятия)». Председателем выступил директор ФНЦ агроэкологии РАН Александр Беляев. На повестке дня было несколько вопросов:

- Рассмотрение сводного документа по «Стратегии развития защитного лесоразведения Российской Федерации до 2035 года» (доклад академика РАН, д.с.-х.н., профессора, главного научного сотрудника лаборатории гидрологии агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН Константина Кулика).

- Разработка Национальных программ действий по борьбе с опустыниванием (НПДБО) по 13 субъектам РФ в рамках реализации Важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) «Единая система мониторинга климатически активных веществ» по результату.

- Расширение системы климатического и экологического мониторинга и прогнозирования на территории России в обеспечении адаптационных решений в отраслевом и региональном разрезе, включая борьбу с опустыниванием.

Финальным мероприятием научно-практической конференции стало проведение «Школы молодых ученых» ФНЦ агроэкологии РАН «Взгляд молодых исследователей на решение проблемы опустынивания территорий».

С приветственным словом к молодым исследователям обратился Денис Аширов, директор Департамента государственной молодежной политики и воспитательной деятельности Министерства науки и высшего образования РФ (См. на 7 странице).

Работало несколько секций:

- Проблемы агроэкологии и агролесоландшафтоведения в 21 веке.
- Лесная мелиорация земель и защитное лесоразведение.
- Проблема опустынивания территорий.
- Комплексная мелиорация агролесоландшафтов.
- Агрочвоведение и точное земледелие.
- Сохранение и повышение биоразнообразия агролесоландшафтов.
- Информационные технологии в сельском и лесном хозяйстве.
- Применение биотехнологий и молекулярной генетики в растениеводстве.
- Селекция растений и питомниководство: методы, технологии, перспективы.
- Эколого-гидрологические проблемы в условиях изменения климата.

На фото участники «Школы молодых учёных»

Обращение к молодым ученым ФНЦ агроэкологии РАН

Уважаемые коллеги!

Я рад приветствовать вас на этом значимом мероприятии – Всероссийской научно-практической конференции «Агроресомелиорация и опустынивание», которая посвящена 90-летию выдающегося научного центра – ФНЦ агроэкологии РАН.

Я вижу среди участников конференции много молодых ученых. ФНЦ агроэкологии РАН четко следует тренду, заданному Правительством Российской Федерации, – системно привлекает к работе перспективных специалистов по программе трудоустройства молодых ученых.

Более того, мне известно, что молодые ученые решили консолидировать свои усилия для развития отечественной и мировой науки – создан инновационный совет молодых ученых – это принципиально новый вид работы с молодым поколением. Опыт ФНЦ агроэкологии РАН необходимо взять на вооружение образовательным и другим научным организациям.

Чтобы молодые ученые могли развиваться и строить успешную карьеру, ФНЦ агроэкологии РАН создает для коллектива соответствующие условия работы. В Центре проведен капитальный ремонт, обновлена материально-техническая база, создается жилой фонд для молодых специалистов, функционирует аспирантура. Руководство ФНЦ агроэкологии РАН по-настоящему заботится о своих сотрудниках.

Отдельное внимание хочу уделить теме конференции. С проблемой опустынивания столкнулись во многих регионах России и за ее пределами. Именно у ФНЦ агроэкологии РАН есть уникальный опыт борьбы с этой угрозой. Сегодняшние доктора наук, профессора, академики в 80-е годы прошлого столетия боролись на практике со столь опасной экологической проблемой. Создан-

ные инновационные технологии легли в основу «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ», в разработке которой принимали активное участие сотрудники ФНЦ агроэкологии РАН.

И теперь этот опыт, эти уникальные знания заслуженные ученые передают новому поколению специалистов. Перед молодыми учеными стоят серьезные задачи, которые требуют конструктивных, нестандартных решений. И я уверен, что сегодня молодые специалисты, которые только начинают свой творческий, профессиональный путь, смогут найти новые подходы, создадут новые разработки и методы работы для борьбы с опустыниванием и другими экологическими проблемами.

Как вы знаете, прошлый год президентом России Владимиром Путиным был объявлен Годом науки и технологий. Подводя итоги, Владимир Владимирович дал старт целому научному десятилетию. Перед Россией стоит вызов будущего – переворот в технологических решениях. Он невозможен без развития отечественной науки. А научный прорыв невозможен без молодых специалистов!

В этот знаменательный день я хочу пожелать молодым ученым ФНЦ агроэкологии РАН быть смелыми, не бояться сложных задач и уверенно идти к цели, какой бы недостижимой она не казалась. Размышляйте, творите и создавайте. У российской науки прекрасное будущее, потому что будущее – это молодое поколение!

Денис Аширов,

директор Департамента государственной молодежной политики и воспитательной деятельности Министерства науки и высшего образования РФ



*Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засух и опустынивания земель

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

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «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

В аналитическом обзоре представлены результаты многолетних исследований ученых ФНЦ агроэкологии РАН (ранее ВНИАЛМИ) о состоянии защитных лесных насаждений в РФ. Дана оценка их роли в смягчении засух, борьбе с деградацией земель и опустыниванием, обеспечении роста урожайности сельхозкультур и стабилизации общей экологической обстановки в агроосфере. Отмечено, что в результате старения насаждений, вырубки, пожаров, самовольной раскорчевки, нестабильности, неорганизованности проведения посадочных работ и уходов за посадками, которые проводятся, как правило, в авральном режиме после катастрофических засух, пыльных бурь, происходит ежегодная гибель лесокультур. С 1994 года площадь насаждений сократилась на 287 тыс га. На сегодня площадь искусственных защитных лесных насаждений составляет 1,3% аграрной территории России, что в 3-6 раз меньше научно обоснованных норм облесения. Исследования показали, что агролесоконструкции эффективны в том случае, когда они охватывают полностью площадь водосбора или района дефляции и опустынивания. Предложены актуальные направления научных исследований для обеспечения лесомелиоративных работ и проект первоочередных организационных и законодательных мер для эффективной реализации мероприятий, направленных на развитие агролесомелиорации и защитного лесоразведения в РФ. Засушливый пояс в границах Российской Федерации включает лесостепную, степную, сухостепную, полупустынную и частично пустынную биоклиматические зоны. Эти земли являются основой сельскохозяйственного производства РФ. Здесь выращивается 80% зерновых и овощных культур, 70% фруктов и ягод, 100% бахчевых и винограда. Однако эти территории периодически в разной степени подвергаются воздействию засух, суховеев, пыльных бурь, дефляции, эрозии и засолению почв и, как следствие, опустыниванию.

Ключевые слова: агролесомелиорация, причины опустынивания, антропогенное опустынивание, мониторинг процессов опустынивания, защитные лесонасаждения, агролесоконструкции, фитомелиорация.

Поступила в редакцию: 05.08.2022

Принята к печати: 05.09.2022

В последнее столетие резкое усиление антропогенного воздействия на биосферу привело к изменению климата, нарушению многообразия функциональных связей в природе, снижению способности экосистем агроосферы к саморегуляции и естественному восстановлению. Негативная агроэкологическая обстановка усугубляется высокой степенью распаханности и малой лесистостью сельскохозяйственных земель (в зоне степей пашня занимает 60-80% всех сельхозугодий, в лесостепи – 50-70% и более, на долю лугов и пастбищ приходится менее 40% их совокупной площади). По сравнению с 1990 годом площадь сельхозугодий в РФ, подверженных эрозии и дефляции, увеличилась на 22 млн га и составила 126 млн га. Площадь заовраженных земель достигла около 8 млн га. Темпы оврагообразования колеблются от 10 до 15 тыс га/год, а среднегодовой прирост эродированных земель достигает 0,4-0,5 млн га. Вследствие дефляции почвы ежегодный вынос пыли в атмосферу составляет 0,37 т/га. Ежегодная убыль гумуса на пашне в среднем составляет 0,62 т/га. Его со-

держание в почве за 100 лет снизилось на 30-40%.

Продукты водной и ветровой эрозии совместно с химическими реагентами заиливают и загрязняют водные источники. Например, до недавнего времени в реки и водоем Донского водосборного бассейна ежегодно поступало около 300 млн т почвы, содержащей 75 тыс т азота, фосфора и других биофильных элементов и 1 тыс т гербицидов.

Особенно быстрыми темпами развивается антропогенное опустынивание аридных, субаридных и сухих субгумидных районов страны, частично охватившее территорию 28 субъектов России. В Прикаспийском регионе на Черноземельских пастбищах прирост площади пустыни в 70-90-х годах XX века составлял 40-50 тыс га/год. В начале XXI века вследствие сокращения поголовья овец и выполнения первой очереди работ по фитомелиорации площадь единственной антропогенной пустыни в Европе существенно сократилась. Однако в последние 5 лет вновь наблюдается резкое усиление антропогенного опустынивания, связанное с вышеназванными причинами.

* Статья написана по материалам доклада, представленного на Всероссийской научно-практической конференции «Агролесомелиорация и опустынивание», состоявшейся в Волгограде 22 июля 2022 года в ФНЦ агроэкологии РАН.

Одной из важнейших причин опустынивания и деградации агроценоза является уменьшение площади лесов. Так, лесистость черноземной полосы России за 150 лет уменьшилась с 38-40% до 6-15%, а водосборных бассейнов крупных рек с 30-40% до 10-20%. Существенно ухудшился генофонд многих древесных и кустарниковых пород.

Сокращение лесов на фоне усиления индустриально-промышленного и транспортного загрязнения (эмиссия вредных веществ только от стационарных источников достигает 35 млн т/год) привело к деформированию структуры тепло- и влагообмена, нарушению радиационного баланса агроландшафтов, ослаблению их регуляторно-восстановительного потенциала. По этой причине поступающая солнечная энергия в значительной части стала расходоваться не на синтез органического вещества, а на перегрев и обезвоживание территории, т.е. на формирование более частых и интенсивных засух и суховеев. В Поволжье и ЦЧО почти каждый второй-третий год стали засушливыми, увеличилось количество пыльных бурь. Климатологи прогнозируют дальнейшее осложнение агроэкологических условий в связи с перспективой глобального потепления климата, увеличения в атмосфере концентрации CO₂ и других парниковых газов.

На фоне усилившегося негативного воздействия природных и антропогенных факторов процесс деградации и опустынивания усугубляется нерациональной организацией территории землепользования. Шаблонность прямоугельно-прямолинейного межевания земель, присущая крупным коллективным хозяйствам, способствовала активизации процессов эрозии и снижению эффективности многих противоэрозионных мероприятий, в том числе защитного лесоразведения. Сказывается также несовершенство систем земледелия, технологий и технических средств, применяемых в сельском хозяйстве. Поэтому недавние попытки увеличения урожаев сельскохозяйственных культур за счет интенсификации, механизации и химизации земледелия лишь частично и на короткое время приостановили убывающее плодородие почвы при непрерывном истощении природных энергобиоресурсов и ускоренной деградации агроландшафтов. Полученный за 30-40 лет 30%-ный прирост урожая зерновых сопровождался 4-кратным увеличением энергетических затрат, 5-6-кратным – количества вносимых удобрений и возрастающей дестабилизацией агроэкосистем.

По данным ФНЦ агроэкологии РАН (быв. ВНИАЛМИ – научное учреждение, занимающееся исследованиями фундаментальных и прикладных проблем в области агролесомелиорации с целью защиты почв от эрозии и дефляции, предотвращения деградации и опустынивания агроэкосистем на основе адаптивного природопользования и увеличения их продуктивности, а также охраны окружающей среды), только за счет негативного воздействия комплекса природно-антропогенных

факторов Россия ежегодно недобирает до 47,3 млн т продукции растениеводства в зерновом эквиваленте, в том числе из-за водной эрозии 13,3 млн т, дефляции 4,5 млн т, совместного их проявления 3,9 млн т, развития овражной сети 1,4 млн т, засух и суховеев 24,2 млн т. К этому следует добавить ущерб от загрязнения химическими веществами, радионуклидами поверхностного стока, грунтовых вод, рек, водоемов, а также косвенные последствия нерациональной деятельности человека, не поддающиеся пока точной экономической оценке [3].

Таким образом, в связи со сложившейся экологической обстановкой в агроценозе Российской Федерации требуются скорейшие и адекватные меры по восстановлению природно-ресурсного потенциала, предотвращению опустынивания и загрязнения агротерриторий. Наиболее экологичное и экономичное решение этих проблем во всем мире связывают с развитием защитного лесоразведения.

К концу 1991 года на территории бывшего СССР имелось 5,6 млн га ЗЛН (без Государственных защитных лесных полос и других насаждений несельскохозяйственного назначения). В агроценозе России (по государственной отчетности) на начало 1994 года сохранилось 2750 тыс га защитных лесных насаждений (ЗЛН), в т.ч. 1008 тыс га противоэрозионных, 1233 полеззащитных, 97 на аридных пастбищах, 360 на песках и 52 тыс га по берегам малых рек и вокруг поселков (Федеральная программа..., 1995). По экспертной оценке, на 2020 год площадь их резко сократилась и составила 2463 тыс га (967, 1102, 46, 293, 55 тыс га.) соответственно. К этому привели ежегодная гибель лесонасаждений из-за нестабильности, неорганизованности проведения посадочных работ и ухода за посадками, которые велись, как правило, в авральном режиме с подъемами после сильных засух, пыльных бурь и спадами в более благоприятные годы, низкое их качество, а также старение насаждений, вырубка, пожары, самовольная раскорчевка и т. д.

В настоящее время площадь искусственных ЗЛН разного назначения составляет лишь 1,3% аграрной территории РФ (204,5 млн га), что, по крайней мере, в 3-6 раз меньше научно обоснованных норм облесения. Увеличивая лесистость, лесомелиоративные комплексы оптимизируют влагооборот, тепло- и газообмен территории, преобразуют простые аграрные ландшафты в более сложные, а следовательно, и в более устойчивые лесоаграрные экосистемы (агроресурсоаграрные ландшафты). В них подавляются деструктивные процессы, ослабевает вредность засух и суховеев, пыльных бурь [2].

По данным ВНИАЛМИ, в лесоаграрных ландшафтах повышается актуальное и потенциальное плодородие почв, увеличивается содержание в них гумуса (в лесомелиорированных ландшафтах РФ аккумулировано около 200 млн т гумуса) и биогумусных элементов, улучшается структура и водопропускная способность почвенных агрегатов, активизируются микробиологические процессы, снижается содер-

жание токсичных солей. Средняя урожайность зерновых культур под защитой насаждений выше, чем на незащищенных полях, на 18-23%, технических на 20-26%, кормовых на 29-41%. К примеру, имеющиеся 1,2 млн га полезащитных лесополос обеспечивают получение около 12 млн т дополнительной сельскохозяйственной продукции (в зерновом эквиваленте). Подсчитано, что на территории малолесных промышленно развитых районов страны ЗЛН секвестровали 426 млн т CO₂.

При всей значимости различных мелиораций в комплексной системе защитных мероприятий лесной мелиорации принадлежит ведущая роль в преобразовании аграрных ландшафтов. Мелиоративные лесонасаждения образуют каркас защитного комплекса, занимают ключевое положение при конструировании агроландшафтов. Обладая ярко выраженными ландшафто-стабилизирующими свойствами, ЗЛН существенно изменяют внешний облик территории, увеличивают длительно действующие биоэнергетические мощности экосистемы на 400-500 тыс МДж/га, формируют пространственное расчленение угодий и тем самым определяют размещение многих других его компонентов, организацию полеводства и кормопроизводства применительно к жестко закрепленному членению территории, в какой-то мере регламентируют землепользование.

Современное состояние ЗЛН повсеместно неудовлетворительное. Они нередко загрязнены бытовыми и промышленными отходами, повреждены пожарами, самовольными рубками, болезнями и вредителями. В них прогрессируют процессы задернения почвы, изреживания верхнего яруса и внутренних рядов древостоя и т. п. Примерно на половине площади, занимаемой насаждениями, необходимо срочное проведение лесохозяйственных мероприятий: смена поколений, реконструкция, улучшение санитарного состояния и повышение мелиоративной эффективности древостоев.

Ситуацию усугубляет и то, что в современной эколого-экономической обстановке лесные полосы оказались бесхозными, их часто не берут на баланс землепользователи. Разработанная ВНИ-АЛМИ по поручению Правительства Российской Федерации и одобренная Коллегией Минсельхоза России «Федеральная программа развития агролесомелиоративных работ в России» как самостоятельный документ не реализуется [4]. Объемы лесомелиоративных мероприятий, проводимых в рамках ФЦП «Повышение плодородия почв», не соответствуют научно обоснованным нормам. По этой программе в 2006-2010 гг. планировалось создать 118 тыс га ЗЛН, вместо требуемых 759 тыс га создали всего 16 тыс га (для сравнения: создают в Китае 1,4 млн, США – 250 тыс, Канаде – 300 тыс га/год). При таких темпах задача сохранения плодородия почв, защиты их от деградации и опустынивания окажется нерешенной, что отрицательно отразится не только на состоянии и продуктивно-

сти сельскохозяйственных земель, но и на общей экологической обстановке в агросфере.

Все работы по защитному лесоразведению должны вестись концентрированно и направляться на создание агролесокомплексов совокупности всех требующихся видов ЗЛН на сельскохозяйственной территории в рамках зональных геоморфологических структур, способных совместно с другими мелиорациями (агротехническими, лугомелиоративными, гидротехническими, культуртехническими и пр.) стабилизировать деградированные ландшафты и повышать их продуктивность. Агролесокомплексы наиболее эффективны при охвате целых водосборных бассейнов или районов дефляции и опустынивания независимо от границ административно-хозяйственных формирований. Только в этом случае обеспечивается относительно быстрый и надежный положительный эффект. Их в первую очередь следует формировать в районах, где они дадут наибольшую отдачу и в более короткий срок, а также в тех районах, где для завершения таких комплексов требуются сравнительно небольшие объемы работ. К ним относятся прежде всего Центрально-Черноземные области, Поволжье и Северный Кавказ. Для развертывания работ по защитному лесоразведению первоочередными являются территории, охваченные разработанными субрегиональными национальными программами действий по борьбе с опустыниванием (НПДБО), и районы экологического бедствия, где в опасных масштабах развиты дефляция и водная эрозия, а также орошаемые земли во всех природных зонах страны.

Кроме пахотных земель, к первоочередным объектам, подлежащим полномасштабному охвату защитным лесоразведением, относятся неудобные, истощенные земли, барханные и бугристые пески. Целью облесения является их трансформация в лесные, лесохозяйственные, кормовые и другие угодья с повышенной продуктивностью и устойчивостью к деградации.

Главными элементами лесомелиоративной части защитного комплекса агроландшафта служат системы полезащитных и противоэрозионных лесонасаждений на пахотных землях водосборов, овражно-балочных и других землях гидрографической сети в комплексе с ЗЛН вдоль дорог, каналов, вокруг ферм, полевых станций, населенных пунктов и т. п.

Все лесомелиоративные мероприятия носят региональный характер, планируются в зависимости от природно-хозяйственных факторов и в соответствии с лесомелиоративным и лесохозяйственным районированием территории страны. Каждому району соответствует свой набор мероприятий. Их оптимальное соотношение между собой, с другими мелиоративными и природоохранными мероприятиями продиктовано особенностью конкретной территории.

Реализация лесомелиоративных мероприятий осуществляется путем землеустроительного про-

ектирования всех уровней, начиная от генеральных схем природопользования на крупные территории и кончая землеустроительным проектом на отдельное хозяйство (коллективное или фермерское). Ведущим принципом проектирования принимается ландшафтно-экологический, при котором реализуется привязка ЗЛН к геоморфологическим элементам водосборов, рельефу, почвенному покрову, водному и ветровому режимам местности, то есть каждому экотопу должно соответствовать свое определенное угодые и свои методы мелиорации. Отсюда возникает очевидная необходимость научного сопровождения всех работ, связанных с реализацией проектов лесомелиорации территорий.

Высокое качество и мелиоративная эффективность ЗЛН достигаются подбором пород и проведением комплекса лесохозяйственных мероприятий в насаждениях. Важнейшим условием оптимизации породного состава ЗЛН является создание местной семенной и питомнической базы, маточных плантаций на основе использования селекционно-генетических методов, рассчитанных на объемы предстоящих работ.

В условиях многоукладной экономики сельского хозяйства важное значение приобретает обустроенность фермерских и других хозяйств малого размера, межевание земель для которых во многих случаях проводится без учета общих задач противозерозионной охраны и ландшафтной организации генетически однородных территорий и водосборных бассейнов. Поэтому для фермерских хозяйств необходимо выделять уже защищенные лесонасаждениями, обустроенные гидротехническими сооружениями земли либо участки, на которых запроектированы противозерозионные мероприятия.

Очень важно осуществлять научное обеспечение лесомелиоративных работ. В настоящее время актуальными направлениями для научных исследований являются:

- картографо-аэрокосмический мониторинг состояния и прогноз развития агролесоландшафтов в условиях возрастающей антропогенной нагрузки аридизации глобального климата;
- определение оптимального соотношения полей, пастбищ, лесов, вод, обеспечивающего рациональное природопользование;
- совершенствование технологий создания ЗЛН и ухода за ними;
- разработка лесомелиоративных способов управления эрозионно-гидрологическим режимом водосборных бассейнов;
- формирование устойчивых агролесоландшафтов на основе объективной оценки лесопригодности земли, использования биоразнообразия, методов генетики, селекции, интродукции и научного семеноводства, новых форм и способов ведения лесного хозяйства в ЗЛН;
- развитие теории защитного лесоразведения, разработка технологий и технических средств

восстановления и адаптивного лесоаграрного освоения агроресурсного потенциала опустыненных земель;

- разработка экономического механизма повышения заинтересованности землепользователей в создании ЗЛН.

Для мониторинга процессов опустынивания необходима разработка единой системы индикаторов, включающей биологические индикаторы (растительный покров и животный мир), физические индикаторы (почвенно-геохимические и гидрологические условия, процессы эрозии и дефляции, пыльные бури, засухи и другие неблагоприятные климатические и погодные явления и др.) и социальные индикаторы (землепользование, расселение населения, демография и др.).

В настоящее время объективной необходимостью является разработка системы мероприятий по борьбе с деградацией и опустыниванием сельскохозяйственных земель в аридных, субаридных и сухих субгумидных районах, оценка и картографирование современного состояния опустыненных земель, а также прогнозирование и моделирование процессов опустынивания и восстановления продуктивности сельскохозяйственных угодий путем фитомелиоративной реконструкции нарушенных земель в зависимости от климатических условий и антропогенной нагрузки на агроландшафты [1].

Именно для этих целей в ФНЦ агроэкологии РАН разработан комплекс из шести уникальных, экологически безопасных, инновационных технологий по фитомелиоративной реконструкции деградированных и опустыненных пастбищ. Технологии включают ряд последовательных операций: оценку фитоэкологических условий, фитомелиоративную классификацию и картографирование территории с учетом степени деградации пастбищ, лесомелиоративное обустройство угодий путем создания на них системы пастбищезащитных и мелиоративно-кормовых лесонасаждений, древесных зонтов и затишков, а также формирование высокопродуктивного кустарниково-травяного покрова. Деградированные пастбища через 2-3 года после фитомелиорации восстанавливаются.

Данные мероприятия планируется выполнять на базе созданного центра по борьбе с опустыниванием территорий на базе ФНЦ агроэкологии РАН.

Учитывая изложенное, для эффективной реализации мероприятий, направленных на развитие агролесомелиорации, защитного лесоразведения, прекращение процессов, связанных с опустыниванием территорий, и устранение их последствий, считаем необходимым предложить для рассмотрения проект первоочередных организационных мер.

1. Отметить особую значимость агролесомелиорации и защитного лесоразведения для сохранения и улучшения плодородия земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации.

2. Считать актуальными в развитии агролесомелиоративной науки РФ направления фундаментальных и приоритетных прикладных исследований ФНЦ агроэкологии РАН: «Картографо-аэрокосмический мониторинг состояния и прогноз развития агролесоландшафтов в условиях возрастающей антропогенной нагрузки и аридизации глобального климата»; «Развитие теории защитного лесоразведения, разработка технологий восстановления и адаптивного лесоаграрного освоения агроресурсного потенциала опустыненных земель».

3. Рекомендовать бюро отделения сельскохозяйственных наук РАН: инициировать рассмотрение и утверждение в Минсельхозе «Стратегии развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2035 года» как законодательного документа;

– выйти с инициативой в Министерство сельского хозяйства РФ о разработке целевой федеральной программы «Развитие защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2035 года».

4. Минсельхозу России совместно с заинтересованными субъектами Российской Федерации и ФНЦ агроэкологии РАН определить первоочередные участки земель, подверженные опустыниванию, на которых необходимо осуществить мероприятия по фитомелиоративной реконструкции.

5. Минсельхозу России совместно с ФНЦ агроэкологии РАН обеспечить разработку проектной документации по фитомелиоративной реконструкции на первоочередных участках земель, подверженных опустыниванию.

6. Минсельхозу России совместно с Минфином России предусмотреть с 2022 года финансирование мероприятий по фитомелиоративной реконструкции на первоочередных участках земель, подверженных опустыниванию. Определиться со специализированными государственными организациями для проведения работ по фитомелиорации и защитному лесоразведению.

7. Минсельхозу России обеспечить разработку федеральной целевой программы по борьбе с опустыниванием территорий (земель).

8. Минсельхозу России совместно с Минприроды России и Минобрнауки России разработать проект федерального закона «Об охране почв».

Литература:

1. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)» 2019, (под редакцией Р.С.-Х. Эдельгериева). Том 2. М.: ООО «Издательство МБА», 476 с.


2. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявление засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)» 2021. (под редакцией Р.С.-Х. Эдельгериева). Том 3. М.: ООО «Издательство МБА», 700 с.

3. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года, переработанная и дополненная 2018 / К.Н. Кулик [и др.], ФНЦ агроэкологии РАН. - Волгоград, 36 с.

4. Федеральная программа развития агролесомелиоративных работ в России. 1995 г. Волгоград: ВНИАЛМИ, 245 с.

DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.001.08-13

The Current State of Protective Forest Plantations in the Russian Federation and Their Role in Mitigating the Effects of Droughts and Land Desertification

Konstantin N. Kulik , D.S.-Kh.N., Professor, Academician of RAS, Leader Researcher, ORCID 0000-0001-7124-8116, e-mail: Kulikk@vfanc.ru –

Federal State Budget Scientific Institution «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. The analytical review presents the results of long-term research by the FSC of agroecology RAS (formerly VNIALMI) scientists about the state of protective forest plantations in the Russian Federation. Their role in droughts mitigating, combating land degradation and desertification, ensuring crop yield growth and stabilizing the overall environmental situation in the agricultural sphere is assessed. It is noted that there is an annual loss of forest crops as a result of the aging of plantings, deforestation, fires, unauthorized uprooting, instability, disorganization of planting and

care of plantings, which are carried out, as a rule, in an emergency mode after catastrophic droughts, dust storms. Since 1994, the area of plantings has decreased by 287 thousand hectares. Today, the area of artificial protective forest stands is 1.3% of the agricultural territory of Russia, which is 3-6 times less than the scientifically based afforestation standards. Studies have shown that agroforestry complexes are effective when they completely cover the catchment area or the area of deflation and desertification. The current directions of scientific research to ensure forest reclamation work as well as the draft

of priority organizational and legislative measures for the effective implementation of measures aimed at the development of agroforestry and protective afforestation in the Russian Federation are proposed. The arid zone within the borders of the Russian Federation includes forest-steppe, steppe, dry-steppe, semi-desert and partially desert bioclimatic zones. These lands are the basis of agricultural production in the Russian Federation. 80% of grain

and vegetable crops, 70% of fruits and berries, 100% of melons and grapes are grown here. However, these territories are periodically affected by droughts, dry winds, dust storms, deflation, erosion and salinization of soils and, as a result, desertification.

Keywords: agroforestry, causes of desertification, anthropogenic desertification, monitoring of desertification processes, protective forest plantations, agroforestry complexes, phytomelioration

Received: 05.08.2022

Accepted: 05.09.2022

References:

1. National report «Global Climate and soil cover of Russia: desertification and land degradation, institutional, infrastructural, technological adaptation measures (agriculture and forestry)». Edited by R.S.-Kh. Edel'geriev. 2019. T. 2. Moscow. IBA Publishing House LLC. 476 p.

2. National report «Global Climate and soil cover of Russia: drought phenomenon, prevention, control measures, elimination of consequences and adaptation

measures (agriculture and forestry)». Edited by R.S.-Kh. Edel'geriev. 2021. T. 3. Moscow. IBA Publishing House LLC. 700 p.

3. Strategy for the development of protective afforestation in the Russian Federation for the period up to 2025, revised and supplemented. K.N. Kulik et al. FSC of agroecology RAS Publ. house. Volgograd. 2018. 36 p.

4. Federal Program for the development of agroforestry works in Russia. 1995. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 245 p.



Участники Всероссийской научно-практической конференции «Агроресомелиорация и опустынивание», 22.07.2022 г., ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград

Цитирование. 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. 08-13. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.001.08-13

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.

Citation. 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. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 08-13. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.001.08-13

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or 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.

***Подземные пресные воды засушливых регионов юга России и их использование в борьбе с опустыниванием почв**

Залибек Гаджиевич Залибеков , д.б.н., профессор, ORCID 0000-0001-7008-9870,

Мустангер Шарабуттинович Абдуллаев, к.х.н., ORCID 0000-0003-0030-594X,

Сурхай Ахмедович Мамаев, к.т.н., ORCID 0000-0002-0250-7759,

Магомедрасул Абакарович Мусаев, ORCID 0000-0001-9918-0045,

Патимат Джамаловна Мусалаева, Залимхан Валиевич Валиев – Институт геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, e-mail: dangeo@mail.ru, 367030, ул. Ярагского, 75, г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

В решении проблемы продовольственной безопасности важное значение имеет рациональное использование почвенного покрова с применением подземных пресных вод с учетом их качества, запасов и ареалов распространения. Исходя из этой концепции, нами проведены исследования по повышению плодородия почв с использованием нетрадиционных источников воды, пригодных для орошения и находящихся в состоянии категории неиспользуемых резервов, обладающих большими запасами. Это особенно важно для аридных регионов, где высокая степень обеспеченности солнечной энергией и светом, а подземные пресные воды остаются незамеченными среди ресурсов, используемых в отраслях, производящих биологическую продукцию. По результатам наших экспериментов объемы подаваемой воды по используемым видам растений установлены в пределах 120–130 м³/га. Режим поливов, применяемый на площади 6,5 га, осуществляется за 12-14 дней и повторяется 4-5 раз в течение года. В результате повышается плодородие деградированных почв пастбищ и урожайность кормовых растений на 25-30%. Для практического применения рекомендуется представить технологию использования подземных пресных вод в качестве альтернативы к общепринятой системе классических методов орошения.

Ключевые слова: подземные воды, почвы аридных земель, плодородие, гидрогеологические параметры, деградация почв, травосмесь, ресурсоведческий потенциал, естественная возобновляемость, продовольственная безопасность.

Поступила в редакцию: 08.09.2022

Принята к печати: 23.09.2022

Выявление изменений, происходящих в состоянии почвенного покрова и его ресурсоведческого потенциала, рассматривается не только как биологическая, географическая проблема, но и социальная, социально-экономическая. Это связано с тем, что почвенный покров как объект многопланового использования в различных отраслях народного хозяйства является источником производства биологической продукции и регулятором процессов, происходящих в биологическом круговороте веществ. В тоже время почвы отдельных регионов характеризуются ограниченностью ресурсоведческого потенциала с тенденцией формирования отрицательного баланса круговорота веществ между отчуждаемой и синтезируемой массой органического вещества.

Главным фактором формирования негативных процессов является отсутствие научного подхода в осуществлении хозяйственной деятельности человека и ее односторонняя интенсификация в безводных условиях полупустыни, направленная на максимальное извлечение сырьевых, пищевых, кормовых ресурсов. Учитывая ограниченность площадей плодородных почв – с одной стороны, и растущих потребностей общества в продовольствии – с другой, необходимо выявить современ-

ное состояние почв и перспектив их использования как объекта многосторонних интересов человека [6, 11].

Кроме того, в аридных регионах не изучены и не используются нетрадиционные виды водных ресурсов, освоение которых связано с вложением дополнительных средств. К такой группе ресурсов относятся подземные пресные воды, обладающие самовосстанавливающимися запасами.

В настоящей работе приводятся результаты исследований, посвященных освоению ресурсов подземных пресных вод одного из типичных регионов, подверженных опустыниванию юга Европейской части России, – дельты Терека и Терско-Кумской низменности. Преобладающими типами опустынивания в исследуемом регионе являются фитогенный, литогенно-галогеенный, формирующиеся под воздействием дигрессии пастбищ и процессов засоления солонцеватости и ветровой эрозии. Воздействие засушливого климата осложняется отсутствием поверхностных источников воды, усыханием естественных водоемов и озер. В северной половине региона практически нет воды для удовлетворения бытовых потребностей населения.

Процессы опустынивания в максимальной степени проявляются в регионах Калмыкии, северно-

* Статья написана по материалам доклада, представленного на Всероссийской научно-практической конференции «Агролесомелиорация и опустынивание», состоявшейся в Волгограде 22 июля 2022 года в ФНЦ агроэкологии РАН

го Дагестана, Астраханской и Волгоградской области, расположенных между черноморско-Азовской морской системой и Каспийско-Волжской артерией [2, 8]. Здесь смыкается горная система Кавказа с Каспийским морем и приморскими ландшафтами [4]. Пространственные особенности природных регионов, включая гидрологию территории, отражены в материалах Атласа тематических карт

для агролесомелиорации и защитного лесоразведения, составленного ВНИАЛМИ 2007 г. По этой карте видно, что (рис.1) Европейский юг России, включая северную часть Прикаспийской низменности, залегает в форме узкой полосы между Черноморско-Азовской морской системой (с запада) и Каспийско-Волжской артерией (с востока) [1, 2].

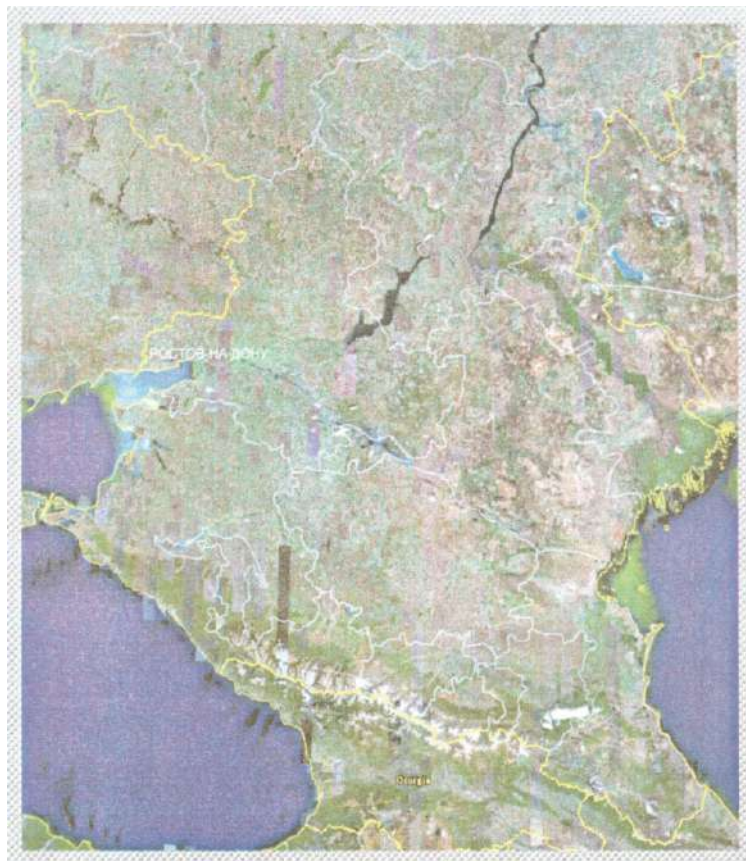


Рисунок 1. Космофотоснимок южной части Европейской территории России (ВНИАЛМИ, 2007 г.)

Сужение сухопутной территории между материковообразующими морями и гидрологические особенности указывают на актуальность исследований по использованию нетрадиционных видов водных ресурсов в региональном и межконтинентальном масштабах. Общая площадь засушливых земель юга Европейской части России (по данным разных экспертов) составляет более 15 млн. га.

Территория характеризуется высотными отметками от минус 26 метров до плюс 100 метров, имеет форму бессточной равнины: координаты региона $46^{\circ}20' - 44^{\circ}50'$ северной широты и $47^{\circ}17' - 43^{\circ}26'$ восточной долготы.

Северная граница простирается до волжских степей, на юге – до передовой цепи Кавказских гор. Севернее Каспийского моря граничит с Казахстаном, с востока территорию ограничивает Каспийское море, а с запада – Кавказские горы, значительная часть которых омывается Черным и Азовским морями. В целом, территория юга Европейской России приобретает вид расширяющегося в северном направлении крупного массива. При

этом образуется обширная депрессионная равнина, располагающаяся между Каспийско-Волжской водной артерией – с востока и Кавказскими горами – с запада [14, 18].

Объектами экспериментальных исследований является полигон и заложенные полевые опыты – территория Кочубейской биосферной станции Дагестанского федерального исследовательского центра РАН.

Цель исследований – разработка теоретических основ восстановления запасов и определение химического состава подземных пресных вод и ареалов их загрязнения. Для практических целей составляется технологическая схема их использования с определением перспектив развития нетрадиционных способов борьбы с опустыниванием почв.

Результаты исследования и их обсуждение. Подземные пресные воды (ППВ), залегающие в Хвалынском и Хазарском ярусах четвертичных отложений, выполняют роль фактора почвообразования, воздействие которых направлено на увеличение запасов влаги в почве в условиях

прогрессирующей аридизации, опустынивания. Определяющим направлением почвенных процессов является иссушение почвенного профиля, усиление солонцеватости, увеличение щелочности почвенной среды, развитие ветровой эрозии и засоления. Одним из основных видов, недостаточно используемых для орошения, обводнения засушливых земель региона являются ППВ, обладающие большими запасами в условиях дельтово-аллювиальных и континентальных равнин юга России.

Определяющим природным фактором проявления деградационных процессов являются климатические условия, острый дефицит влаги и отсут-

ствие поверхностных вод для орошения.

Важное значение имеет определение запасов и ареалов распространения ППВ и местоположения скважин, учитывающее глубину залегания водоносных пород, координаты которых определяются при гидрогеологической съемке. Глубина водоносных горизонтов в изучаемом регионе составляет 280-450 м. Изменение глубины в большей степени зависит от интенсивности водообмена и периодичности затопления приморской полосы в результате трансгрессий Каспия. В недостаточной степени учитывается также влияние морей и речных систем на запасы и ареалы распространения ППВ.

ТИПЫ ПРОЦЕССОВ ОПУСТЫНИВАНИЯ

Обозначение	Типы	Генетическое происхождение	Индекс почвы
Ф _т	Фитогенный	дигрессия пастбищ	К ₁
Л _г	Литогенный	ветровая эрозия, движение песков и мелкозема	К ₁
Л _{га}	литогенно-аккумулятивный	седиментация движущихся песков и мелкозема	К _л
Л _{тг}	литогенно-галогенный	обнажение засоленных пород	К _л +С _к
Л _{тд}	литогенно-гидрогенный	водная эрозия	К _л +С _к
Г _д	Гидрогенный	затопление, плавни	Л _{гб}
Г _{да}	гидрогенно-аккумулятивный	затопление, потопление	Л _г +С _к
Л _{тк}	литогенно-климатический	обсыхание дна сезонно функционирующих озер и водоемов	К ₄
Г _л	Галогенный	вторичное засоление орошаемых почв	С _к
Т _х	Техногенный	отводы земель, физическое разрушение почв	Л _т
З _{гп}	зоогенно-галогенный	вторичное засоление почв при перевыпасе скота	Л _т +С _к
З _{оо}	Зоогенный	физическое разрушение растительности	—
К _л	Климатогенный	иссушение профиля почв	К ₄

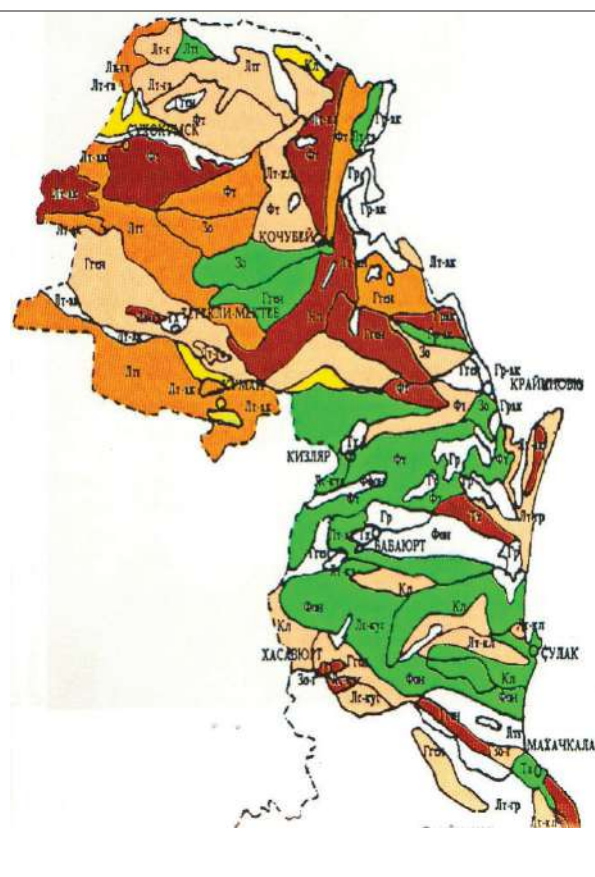


Рис. 2. Карта опустынивания почв северной части равнинной зоны Дагестана

Экологически важными свойствами ППВ является наличие возможностей дифференциации ареалов залегания, формирующихся в условиях отсутствия загрязнения без признаков содержания мышьяковистых и других вредных соединений. В качестве положительных качеств следует отметить также отсутствие процессов ирригационной эрозии у водоносных горизонтов. Высокая экономическая эффективность применения ППВ объясняется несколькими причинами, среди которых важными являются вовлечение почв в обработку и категорию пахотных угодий, обладающих устойчивыми показателями плодородия, естественной возобновляемостью запасов ППВ за счет интен-

сивного водообмена между водоносными геологическими породами суши и акватории Каспия. Для оценки типов опустынивания приводится характеристика качественных показателей поверхностных и пресных подземных вод (табл. 1).

По сравнительной оценке качества используемых подземных пресных вод с поверхностными поливными водами выделяются стабильность, защищенность от воздействий человека и оптимальная температура воды. Кроме того, при применении капельного орошения ППВ устраняются процессы ирригационной эрозии, уменьшается испарение и равномерно распределяется поливная вода по распределительным каналам и от-

дельным участкам [15].

На исследуемой территории КБС, расположенной в центральной части Терско-Кумской низменности, использованы подземные пресные воды по технологии, разработанной в Институте гео-

логии ДФИЦ РАН, с параметрами, характерными литогенному типу опустынивания. Такие опыты по технологии применения ППВ ранее в аридных условиях не применялись.

Таблица 1 – Сравнительная оценка подземных пресных и поливных (поверхностных) вод, рекомендуемых для орошения почв Терско-Кумской низменности

Определяющие параметры	Единицы измерения	Типы потребляемой воды		Примечание
		Пресные подземные	Поверхностные поливные	
Глубина залегания	м	200-600	-	-
Защищенность от загрязнения	%	98-100	60-70	
Запасы	м ³	Не ограничены	Отсутствуют	
Стабильность	циклы	Полувековые, вековые	Отсутствуют	
Источники питания	м ³	Дренажные потоки вод морей, океанов, осадки	Речные воды, атмосферные осадки	Продолжительность действия не определена
Экологическое состояние	Стандартная	Гарантированная	Условная	
Стоимость бурения 1 скважины	млн. руб.	3-4	-	Для данного региона
Затраты	руб./га	300-400	200-300	Денежные средства
На 1 га полива	м ³ /га	40-50	400-500	Воды
Испарение	%	<1	10-25	
Ирригационная эрозия	%	<1	10-20	На единицу площади
Продолжительность функционирования природных показателей плодородия почв	годы	3-4	-	Рекомендована ротация культур

Особое значение имеют показатели, характеризующие различия в источниках питания ППВ и поверхностных вод. Для ППВ источниками являются речные, озерные воды, атмосферные осадки, включая подземные дренажные водные потоки, формирующиеся атмосферными осадками и поверхностным стоком. Восстанавливающая способность запасов ППВ и ее потенциал обуславливается факторами планетарного и регионального значения: Каспийское море, речные системы Волги, Урала, Терека и др. Относительно роли мирового океана можно полагать о наличии косвенных связей формирования запасов подземных вод в отличие от поверхностных вод. Здесь действуют разные факторы, обуславливающие режимы мирового океана: температурный, газовый, солнечная энергия и силы тяготения, обусловленные планетарными процессами. Экологическое состояние ППВ отличается стабильностью химического состава, связанное с исключением вмешательства человека и воспроизводстве их ресурсов. Продолжительность функционирующих природных свойств – незагрязненность, отсутствие испарения, наличие источников питания – характеризует ППВ как незаменимого водного ресурса [9, 10].

Неограниченный характер накопления запасов ППВ и стабильная динамика поступления воды из скважины независимо от недостатка осадков

и сильного испарения подчеркивают, что в современных условиях обеспечения водой потребностей человека нет альтернативы в экологической, экономической целесообразности использования ППВ.

Экспериментальные исследования проводятся на почвах Кочубейской биосферной станции, расположенной на северной части Тарумовского административного района РД общей площадью 3045 га.

Рельеф полигона представлен слабонаклонной на север и северо-восток равниной с небольшими повышениями, направленными на северо-восток. Северо-западная часть имеет вид депрессионной равнины с небольшими полосами, вытянутыми в меридианном направлении. Климатические условия характеризуются слабо выраженной континентальностью: летний максимум достигает температуры +40° – +45° С, нижний – снижается до минимума: -20° – -25° С. Количество атмосферных осадков: 200 – 250 мм в год, преобладающая часть выпадает в летне-осенний период. Снежный покров неустойчивый, количество дней со снегозалегами не превышает 15 – 20, толщина снежного покрова 5 – 20 см. Характерной особенностью климата являются летние максимумы температур с часто повторяющимися суховеями, сильными ветрами, пыльными бурями, обуславливающими развитие процессов опустынивания (рис. 3).



Рисунок 3. Территория, подверженная сильной степени опустынивания в центральной части Терско-Кумской низменности, 2022 г.

Почвенный покров представлен светло-каштановыми, лугово-каштановыми карбонатными слабо-среднезасоленными разновидностями. Значительную площадь, до 20%, занимают почвы лугового, лугово-степного режимов разной степени засоления. Опытные поля размещаются на светло-каштановых карбонатных и лугово-каштановых слабосолонцеватых почвах, подверженных сильной степени опустынивания [7].

Для сравнительной оценки региональных особенностей ППВ и разрабатываемой технологии проанализировано использование ресурсов, связанных с материальными и финансовыми за-

тратами по отдельным регионам. В пустынных ландшафтах Алжирской Сахары, Эфиопии ППВ залегают на глубине более 1000 м с большой продолжительностью периодов самовозобновления. Затраты, необходимые для бурения одной скважины, там на порядок выше, чем в Терско-Кумской низменности. Полученные данные по Терско-Кумской низменности и материалы гидрогеологической съемки по другим регионам позволяют отметить, что фундаментальной основой освоения аридных земель и борьбы с опустыниванием является использование ППВ засушливых регионов Европейской части юга России [13, 16].

Таблица 2 – Мероприятия по подготовке технологии поливов подземными пресными водами почв деградированных пастбищ

№	Мероприятия	Характеристики	Сроки выполнения
1	Подготовка артезианской скважины	Глубина 300 м, дебит воды 1 л/сек	01.01.2021
2	Водопроводные трубы	Диаметр – 65 мм, длина – 2000 м	15.07.2021
3	Накопитель влаги	Емкость – 1500 м ³ , размеры 30x40x1,5 м	20.08.2021
4	Распределитель воды по делянкам опыта	Установка на подставке высота – 4,5 м Емкость 5000 л	10.08.2021
5	Посадка защитной лесополосы	Площадь – 0,5 га, длина – 200 м	15.11.2021
6	Приобретение семян	Люцерна – 30 кг, рапс яровой – 12 кг Травосмесь – 30 кг	03.02.2022
7	Объем накопленной воды	1500 м ³	31.03.2022
8	Экспериментальные посевы кормовых культур	Люцерна – 4 га, рапс яровой – 1 га Травосмесь – 1,5 га	10.04.2022

Для практического применения исследованы технологические основы проведения поливов ППВ, учитывающие местные условия региона (табл. 2). Для этой цели заложены эксперименты с подбором и подготовкой необходимого оборудования, почвообрабатывающей техники. Перечень мероприятий включает разнообразие приобре-

таемого оборудования с указанием сроков их использования. Накопитель и водопроводные трубы являются дорогостоящими с большим объемом земляных и транспортных работ. Остальные виды оборудования являются также необходимыми, стоимость которых определяется в пределах доступных величин.

Основной объект создаваемой системы – накопитель воды емкостью 1,5 тыс м³, расположенный в центральной части полигона, где вода поступает самотеком из скважины (рис. 4). Подача воды по

опытным делянкам осуществляется насосной системой. Регулируется норма подачи воды, исходя из потребностей кормовых растений с учетом влажности почвы.

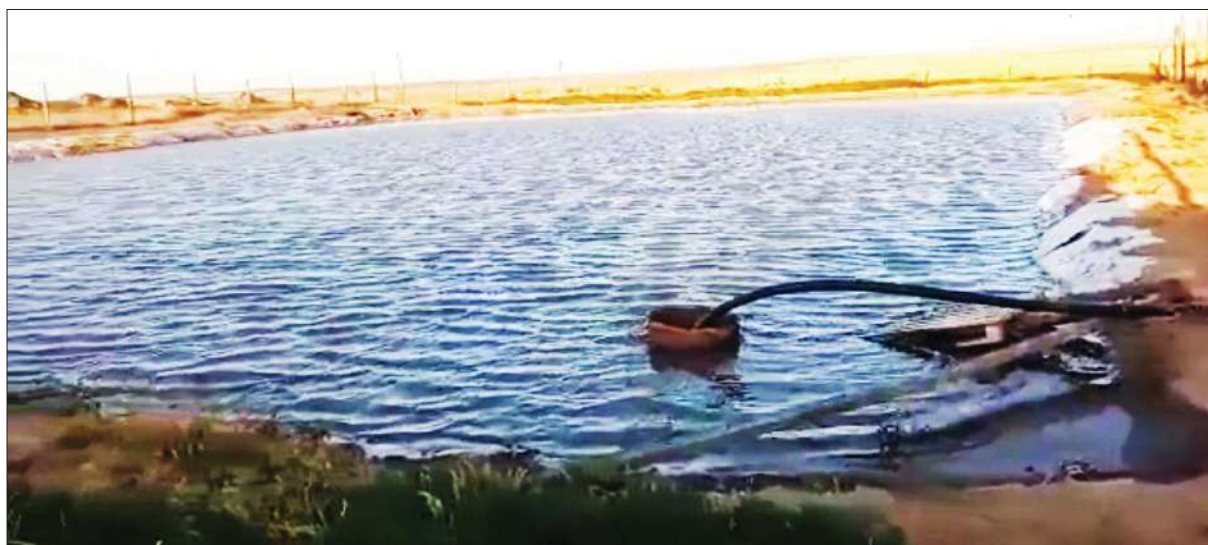


Рисунок 4. Накопитель пресной подземной воды, поступающей самотеком из скважины, 2022 г.

Территория опытного полигона представлена светло-каштановыми почвами деградированных пастбищ. Испытуемые виды растений – пырей ползучий, рапс озимый, люцерна полевая и травосмесь, представляющая фитоценозы пастбищ.

Накопитель воды имеет конфигурацию параллелепипеда, площадью 30×40 м, борта засыпаны грунтом, имеет глубину 1,5 м. Для профилактики и охраны боковых стен и донной поверхности накопитель облицован полиэтиленовой пленкой. Вокруг накопителя посажена защитная лесополоса, установлено ограждение. Наблюдения за динамикой накопления воды осуществляются измерением ее глубины через каждые 3 дня. Одновременно проводится учет потребляемой воды для полива по каждой культуре в отдельности.

Режим подземных пресных вод в регионе отличается стабильностью. Пьезометрический уровень режима ППВ практически не меняется в течение круглого года, что связано с односклонным залеганием водоносного горизонта в сторону Каспийского моря.

Особое значение имеет определение качества ППВ по степени минерализации и динамика ее показателей во времени и в пространстве. При этом важно провести учет ареалов распространения ППВ по степени мышьяковистого загрязнения. Поэтому мы использовали гидрогеологическую карту, составленную ИГ ДФИЦ РАН, и на основании картографических данных определили земельную территорию, незагрязненную, где показатели загрязнения не превышают ПДК. На территории Терско-Кумской низменности почвы, ниже ПДК, занимают площадь 0,5 млн. га, т.е. более 40% площадей почв данной территории находится в условиях, где исключено загрязнение при поливе

подземными водами. Почвы здесь деградированы, но обладают потенциальным плодородием, рациональное использование которых может быть достигнуто при улучшении водного режима [3, 5, 17].

Для характеристики химического состава поступающей воды из скважины и аккумулируемой части ее в накопителе проведена сравнительная оценка поведения отдельных элементов после годового контакта с атмосферой (табл.3).

Таблица 3 – Анализ химического состава подземной пресной воды из скважины и накопителя, расположенных на территории Кочубейской биосферной станции

Компоненты	Содержание (мг/л)		ПДК (мг/л)
	из скважины	из накопителя	
Натрий	562,4	340,0	-
Магний	8,5	20,8	-
Кальций	10,0	29,8	-
Железо	0,07	0,07	0,3
Медь	0,002	0,002	1,0
Цинк	0,007	0,007	5,0
Мышьяк	0,023	0,023	0,05
Фториды	0,7	0,7	1,5
Хлориды	296,0	394,3	350
Нитраты	14,2	14,4	45
Сульфаты	2,4	40,3	500
Бикарбонаты	1037,0	400,8	-
Общая жесткость	1,2	1,5	7,0
Минерализация	1931,2	1242,4	1000
Ph	8,7	8,2	6 – 8

Результаты анализов свидетельствуют о широком наборе элементов (щелочных, щелочно-земельных), характерных регионам аридного климатического режима. Для орошения сельскохозяйственных культур и повышения плодородия деградированных почв лимитирующими элементами, включая и комплексные органические соединения, являются токсические формы легкорастворимых солей и концентрация мышьяка и его соединений.

Общая минерализация поступающей из скважины воды характеризуется в пределах ПДК. Содержание мышьяка составляет 0,023 мг/л, тогда как ПДК <0,05 мг/л, по остальным элементам – содержание их ниже величин ПДК. Учитывая эти особенности, предлагается квалифицировать подземную пресную воду, добываемую из скважины, пригодной для использования при орошении без ограничений. Это позволяет рекомендовать в качестве технологической основы использование подземных пресных вод в сельском хозяйстве в целях повышения плодородия почв. Большое значение имеет учет показателей динамики изменения химического состава подземных пресных вод при накоплении и хранении в специальном искусственно созданном земляном накопителе (водоеме).

Выход подземной воды на поверхность земли и смена контактирующей с нею поверхности водоносных горизонтов четвертичных отложений приводит к формированию новых процессов, связанных с взаимодействием атмосферы в условиях высокого содержания кислорода, водорода и других элементов. При этом уменьшается минерализация (от 1931,2 мг/л до 1242 мг/л), что связано с отсутствием в накопителе водоносных известняковых пород, характерных области формирования подземных пресных вод. Заметные изменения в составе аккумулярованной воды отмечаются в содержании хлоридов, количество которых подвергается увеличению; из скважины – 296,0 мг/л, а в накопителе за 1 год составило 394,3 мг/л. Это связано с содержанием хлористых солей в верхних горизонтах почвы и их переходом в растворенное состояние в накапливаемой воде. Вследствие общей сухости бассейна и наличия минеральных соединений в грунте под водой увеличивается минерализация аккумулярованной воды. Внутригодовая динамика минерализации, включая содержание токсичных солей, характеризуется сезонным максимумом летнего периода. Влияние испарительного процесса летнего периода на увеличение минерализации и содержание солей остается на уровне величин, допустимых ПДК. Общей особенностью сезонных изменений и качества незагрязненных подземных вод является отсутствие негативной роли испарительного процесса, засоление грунта под накапливаемой водой и других явлений, возникающих в борьбе с опустыниванием земель и повышением плодородия почв [12, 19].

В составе накопленной воды за 1 год произошли некоторые изменения в химическом составе, где

отмечается уменьшение общей минерализации от 562,4 мг/л до 340,0 мг/л. При этом отмечено увеличение хлоридов до 394,3 мг/л, что укладывается в пределах допустимых норм (ПДК). Формирование указанных различий связано с переходом растворимых соединений донных отложений в водную среду, создаваемую в искусственном накопителе воды. Существенных изменений в концентрации соединений мышьяка, аккумуляруемой в воде накопителя, не обнаруживается.

Формирующиеся различия в содержании других элементов незначительны: они характерны содержанию Na, Mg, Ca и не являются лимитирующими в оценке загрязнения. Уменьшение Ph щелочной среды проявляется с тенденцией снижения и стабилизации. В остальных показателях химического состава ППВ при контакте с атмосферой в накопителе изменений не наблюдается.

Заключение. Разработаны научные и прикладные основы использования пресных подземных вод в засушливых регионах Европейской части юга России. Определены качественные показатели и степень пригодности для практического использования. Представлены данные по увеличению гумуса до 2,5% – 2,8%, где изменения связаны с условиями микрорельефа. Такой подход является основой радикальных изменений, направленных на повышение плодородия деградированных почв, развитие орошаемого земледелия и получение экологически чистой продукции.

Установлено, что наиболее важными из региональных факторов повышения плодородия почв в безводных острозасушливых условиях является использование нетрадиционных видов водных ресурсов. К такой категории ресурсов относятся пресные подземные воды, залегающие относительно на небольшой глубине и обладающие способностью самовосстановления запасов.

В рассматриваемых регионах подземные воды залегают в толще четвертичных отложений на глубине 200 – 500 м и обладают значительным самовосстанавливающимся запасом. ППВ приморских равнин юга Европейской части России обладают межрегиональной планетарной циркуляцией потоков, обусловленных речными и морскими течениями в пределах глубины Хазарского, Бакинского и Апшеронского ярусов.

Определены координаты и местоположения скважин, глубина залегания водоносных пород, динамика миграции, разгрузки и накопления запасов ППВ в пространственном плане. Интенсивный водообмен между геологическими породами, почвенным покровом суши и поверхностных вод морей и речных систем способствует сохранению стабильности самовосстанавливающегося запасов ППВ. Планетарный характер взаимодействия элементов суши и водных источников проявляется в уменьшении глубины залегания подземных вод с приближением к морям, озерам и речным системам.

Установлены параметры экологических свойств ППВ: значительный объем самовосстанавливаю-

щихся запасов воды, дифференциация ареалов незагрязненных мышьяковистыми соединениями и тяжелыми металлами, отсутствие ирригационной эрозии. Выявлена также стабильность химического состава по сезонам года в наземных условиях, защищенность от воздействий человека, испарения и высоких летних температур.

Выявленные экологические показатели и параметры химического состава ППВ приняты в качестве основы для разработки технологии накопления, хранения ППВ. Определены режимы работы и эксплуатации технологических средств и оборудования для подачи накапливаемого объема ППВ к заложенным производственным опытам. Составлен график учета суточной динамики влажности, солевого состава почв и содержания питательных элементов при поливе ППВ. Применяемая технология защищает накапливаемую воду от пыльных бурь, суховея, испарения в летний период, а также просачивания воды в глубокие слои грунта, находящегося под аккумулятивной водой.

Рекомендуемые для использования в безводных условиях пустыни ППВ и создание накопителя в форме водоема для аккумуляции и хранения являются нетрадиционными. Их освоение и использование связано с обоснованием норм расхода воды на единицу площади, повышением продуктивности пастбищ и плодородием деградированных почв. Исследования по этой проблеме в аридных регионах мира, включая юг Европейской части России, не производились. Полагаем обоснованным, что применение ППВ является одним из главных факторов, определяющих в современных условиях мировое состояние опустынивания почвенного покрова.

Литература:

1. Акимцев В.В. Почвы Прикаспийской низменности Кавказа. Ростов на Дону, 1957. 282 с.
2. Атлас тематических карт для агроресомелиорации и защитного лесоразведения. ВНИАЛМИ. Волгоград. 2007. 150 с.
3. Баламирзоев М.А., Мирзоев Э. М-Р. О современном состоянии почвенных ресурсов Дагестана и способах их улучшения // Биологические проблемы и перспективы их изучения в регионах Каспийского моря. Махачкала, 1995. С. 112 – 120.
4. Герасимов И.П. Коричневые почвы Средиземномор-

ских областей. Доклад на V Международном конгрессе почвоведов // Наука. АН СССР, 1954. С. 181 – 192.

5. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. М.: Наука, 1990. 261 с.
6. Добровольский Г.В. Значение биосферы в сохранении биоразнообразия // Почвоведение, 1966. № 6. С. 694 – 699.
7. Докучаев В.В. К учению о зонах природы. Горизонтальные и вертикальные почвенные зоны. Соч. Т. 4. М – Л, 1951. С. 398 – 414.
8. Залибеков З.Г., Мамаев С.А., Биарсланов А.Б., Асгирова Д.Б. Об использовании пресных подземных вод засушливых регионов мира // Аридные экосистемы. Т. 25. № 2, 2019. С 3-12.
9. Залибеков З.Г., Биарсланов А.Б. Методы изучения разнообразия почв западного Прикаспия по космическим снимкам // Исследование земли из космоса. 2018. № 5. С. 162 – 166.
10. Залибеков З.Г. Типы опустынивания почв и критерии оценки деградационных процессов // Изв. вузов. Северокавказский регион, естественные науки, 2017. № 2. С. 50 – 56.
11. Зонн. С.В. Почвы Дагестана. Сб. «Сельское хозяйство Дагестана». Т. 1. Изд. АН СССР, 1940. С. 43 – 56.
12. Керимханов С.У. Почвенно-эрозионное районирование территории Дагестана // Вопросы рационального использования и повышения плодородия почв Дагестана. Махачкала, 1972. С. 18 – 35.
13. Кондаков В.М., Газалиев И.М., Курбанова Л.М., Ибаев Ж.Г. Геологические аспекты формирования макро – микрокомпонентного состава подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна // Геология и ресурсы Кавказа. Махачкала, 2019. С. 5 – 21.
14. Кулик К.Н., Петров В.И. Изменение климата, хозяйственная деятельность человека в аридных районах и современные проблемы. // Природные и антропогенные изменения аридных экосистем и борьба с опустыниванием. Труды Института геологии ДНЦ РАН. Махачкала. 2016. С. 94 – 98.
15. Курбанова Л.М., Меликов М.М, Гусейнова А.Ш. Геолого-экономические аспекты контаминации использования подземных вод Северо-дагестанского бассейна // Горный журнал. № 3, 2018. С. 77 – 81.
16. Курбанов М.К. Северо-дагестанский артезианский бассейн. Махачкала. Даг. книгоиздательство. С. 92 – 105.
17. Плотников П.А. Оценка запасов подземных вод. М.: ГосТехГеоиздат, 1969. 112 с.
18. Солдатов А.С. Каштановые почвы // Тр. Отдела почвоведения Даг. филиала АН СССР, Махачкала. 1956. С. 40 – 52.
19. Фридланд В.М. О структуре (строении) почвенного покрова // Почвоведение. № 4. 1965. С. 16 – 28.

DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.002.14-22

Underground Fresh Waters of Southern Russia Arid Regions and Their Use in Combating Against Soil Desertification

Z.G. Zalibekov[✉], D.S-Kh.N., Professor, ORCID 0000-0001-7008-9870,

M.Sh. Abdullaev, K.Ch.N., ORCID 0000-0003-0030-594X, S.A. Mamaev, K.T.N., ORCID 0000-0002-0250-7759,

M.A. Musaev, ORCID 0000-0001-9918-0045, P.D. Musalaeva, Z.V. Valiev –

Institute of Geology, Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, e-mail: dangeo@mail.ru, 367030, 75 Yaragskogo str., Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia

Abstract. In solving the problem of food safety, rational use of soil cover with the use of underground fresh water, taking into account their quality, reserves and distribution areas, is important. Based on this

concept, we have carried research to increase soil fertility using unconventional water sources suitable for irrigation and in the category of unused reserves with large stocks. This is especially important for arid

regions, where there is a high degree of solar energy and light provision, and underground fresh water remains unnoticed among the resources used in manufacturing biological products industries. According to the results of our experiments, the volumes of supplied water for the plant species are set within 120-130 m³/ha. The irrigation regime applied on an area of 6.5 hectares is carried out in 12-14 days and is repeated 4-5 times throughout the year. As a result, the fertility of degraded pasture soils and the yield of forage plants increases by 25-30%. For practical application, it is recommended to present the technology of using underground fresh water as an alternative to the generally accepted system of classical irrigation methods.

Keywords: groundwater, soils of arid lands, fertility, hydrogeological parameters, soil degradation, grass mixture, resource potential, natural renewability, food safety

Received: 08.09.2022

Accepted: 23.09.2022

References:

1. Akimtsev V.V. *Pochvy Prikaspijskoj nizmennosti Kavkaza* [Soils of the Near-Caspian lowland of the Caucasus], Rostov-on-Don. 1957. 282 p.
2. Atlas of thematic maps for agroforestry melioration and protective afforestation. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2007. 150 p.
3. Balamirzoev M.A., Mirzoev E. M-R. *O sovremennom sostoyanii pochvennykh resursov Dagestana i sposobakh ikh uluchsheniya* [On the current state of Dagestan's soil resources and ways to improve them]. *Biologicheskie problemy i perspektivy ikh izucheniya v regionakh Kaspijskogo morya* [Biological problems and prospects for their study in the regions of the Caspian Sea]. Makhachkala. 1995. pp 112-120.
4. Gerasimov I.P. *Korichnevye pochvy Sredizemnomorskikh oblastej. Doklad na V Mezhdunarodnom kongresse pochvovedov* [Brown soils of the Mediterranean regions. Report at the V International Congress of Soil Scientists]. Nauka [Science]. USSR Academy OF Sciences Publ. house, 1954. pp 181-192.
5. Dobrovolskiy G.V., Nikitin E.D. *Funktsii pochv v biosfere i ekosistemakh* [Soil functions in the biosphere and ecosystems]. M. «Nauka» Publ. house. 1990. 261 p.
6. Dobrovolskiy G.V. *Znachenie biosfery v sokhranении bioraznoobraziya* [The importance of the biosphere in the conservation of biodiversity]. *Soil science*. 1966. 6. pp. 694-699.
7. Dokuchaev V.V. *K ucheniyu o zonakh prirody. Gorizontal'nye i vertikal'nye pochvennye zony* [On the doctrine of the zones of nature. Horizontal and vertical soil zones]. Essays. Vol. 4. M – L. 1951. pp. 398-414.
8. Zalibekov Z.G., Mamaev S.A., Biarslanov A.B., Asgerova D.B. *Ob ispol'zovanii presnykh podzemnykh vod zasushliviyykh regionov mira* [On the use of fresh groundwater in arid regions of the world]. *Arid ecosystems*. T. 25. 2. 2019. pp 3-12.
9. Zalibekov Z.G., Biarslanov A.B. *Metody izucheniya*

raznoobraziya pochv zapadnogo Prikaspiya po kosmicheskim snimkam [Methods of studying the diversity of soils of the Western Near-Caspian Region by satellite images]. *Issledovanie zemli iz kosmosa* [Earth exploration from space]. 2018. 5. pp. 162-166.

10. Zalibekov Z.G. *Tipy opustynivaniya pochv i kriterii otsenki degradatsionnykh protsessov* [Types of soil desertification and degradation processes assessing criteria]. *Izv. vuzov. Severokavkazskij region, estestvennye nauki* [News of universities. North Caucasus region, natural sciences]. 2017. 2. pp. 50-56.

11. Zonn S.V. *Pochvy Dagestana. Sb. «Sel'skoe khozyajstvo Dagestana»* [Soils of Dagestan. Compilation «Agriculture of Dagestan»]. T. 1. USSR Academy OF Sciences Publ. house. 1940. pp. 43-56.

12. Kerimkhanov S.U. *Pochvenno-erozionnoe rajonirovanie territorii Dagestana* [Soil-erosion zoning of the Dagestan territory]. *Voprosy ratsional'nogo ispol'zovaniya i povysheniya plodorodiya pochv Dagestana* [Issues of rational use and improvement of soil fertility of Dagestan]. Makhachkala. 1972. pp. 18-35.

13. Kondakov V.M., Gazaliev I.M., Kurbanova L.M., Ibaev Zh.G. *Geologicheskie aspekty formirovaniya makro – mikrokomponentnogo sostava podzemnykh vod Tersko-Kumskogo artezijskogo bassejna* [Geological aspects of the formation of macro-micro-component composition of the Terek-Kuma interfluvial artesian basin underground waters]. *Geologiya i resursy Kavkaza* [Geology and resources of the Caucasus]. Makhachkala. 2019. pp. 5-21.

14. Kulik K.N., Petrov V.I. *Izmenenie klimata, khozyajstvennaya deyatel'nost' cheloveka v aridnykh rajonakh i sovremennye problemy* [Climate change, human economic activity in arid areas and current problems]. *Prirodnye i antropogennye izmeneniya aridnykh ekosistem i bor'ba s opustynivaniem* [Natural and anthropogenic changes in arid ecosystems and combating desertification]. Proceedings of the Institute of Geology of the DFRC RAS. Makhachkala. 2016. pp.94-98.

15. Kurbanova L.M., Melikov M.M, Guseynova A.S.H. *Geologo-ekonomicheskie aspekty kontaminatsii ispol'zovaniya podzemnykh vod Severo-dagestanskogo bassejna* [Geological and economic aspects of groundwater use contamination in the North Dagestan basin]. *Gornyy zhurnal* [Mining Journal]. 2018. 3. pp. 77-81.

16. Kurbanov M.K. *Severo-dagestanskij artezijskij bassejn* [Dagestan artesian basin]. Makhachkala. pp. 92-105.

17. Plotnikov P.A. *Otsenka zapasov podzemnykh vod* [Assessment of groundwater reserves]. M.: «GosTekhGeoizdat» Publ. house. 1969. 112 p.

18. Soldatov A.S. *Kashtanovye pochvy* [Chestnut soils]. Proceedings of the Department of Soil Science of the Dag. branch of the USSR Academy of Sciences. Makhachkala. 1956. pp. 40-52.

19. Fridland V.M. *O strukture (stroenii) pochvennogo pokrova* [About the structure (composition) of the soil cover]. *Pochvovedenie* [Soil Science]. 4. 1965. pp. 16-28.

Цитирование. Залибеков З.Г., Абдуллаев М.Ш., Мамаев С.А., Мусаев М.А., Мусалаева П.Д., Валиев З.В. Подземные пресные воды засушливых регионов юга России и их использование в борьбе с опустыниванием почв // Научно-агрономический журнал. 2022. №3(118). С. 14-22. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.002.14-22

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.

Citation. Zalibekov Z.G., Abdullaev M.Sh., Mamaev S.A., Musaev M.A., Musalaeva P.D., Valiev Z.V. Underground Fresh Waters of Arid Regions of Southern Russia and Their Use in Combating Soil Desertification. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 14-22. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.002.14-22

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or 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.

*Развитие противозерозийной мелиорации в Республике Татарстан и ее эколого-экономическая эффективность

Марс Мансурович Хисматуллин ✉, д.с.-х.н., e-mail: marsmansurovic@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0201-8373

Марсель Мансурович Хисматуллин, д.с.-х.н., доцент, ORCID: 0000-0002-1640-9447

Казанский государственный аграрный университет, info@kazgau.com, 420015, ул. К. Маркса, 65, г. Казань

В обзорной статье рассмотрена одна из ключевых проблем развития земледелия в Республике Татарстан – прогрессирующая деградация почвенного покрова. Показано, что растущие масштабы водной эрозии наносят огромный ущерб не только сельскому хозяйству, но и большим и малым рекам региона. Территория республики характеризуется большой расчлененностью, что является базисом эрозии почв. В статье исследованы вопросы влияния эрозии почв на эффективность сельскохозяйственного производства. Особое внимание уделено разработке научно-обоснованных противозерозийных мер борьбы с эрозией почв в земледелии Республики Татарстан. В работе представлены выявленные тенденции развития эрозии почв на региональном уровне и обоснованы первоочередные противозерозийные меры в земледелии Республики Татарстан. Показано, что одним из самых эффективных способов борьбы против эрозии почв и оптимизации агроландшафтов служит создание почвозащитных лесополос, а также строительство противозерозийных сооружений, которые оказывают стабилизирующее действие на формирование высокопродуктивных агроценозов сельскохозяйственных культур. Установлено, что в среднем по Республике Татарстан один комплекс противозерозийных мероприятий защищает до 120 га земель от дальнейшего развития эрозионных процессов. Стоимость комплекса противозерозийных мероприятий, включая противозерозийный пруд – 2,5 млн руб., срок окупаемости составляет 2 года. Приведены примеры, эффективной борьбы с прогрессирующей деградацией почвенного покрова сельскохозяйственных земель в Республике Татарстан. Предложены меры, позволяющие повысить плодородие почвенного покрова земли, по развитию аграрного производства, сокращению выбытия сельскохозяйственных угодий, а также способствующие восстановлению реки Волги, улучшению экологической ситуации в Поволжье.

Ключевые слова: проблемы земледелия, эрозия почв, противозерозийные мероприятия, агролесомелиорация, экология, экономический эффект.

Поступила в редакцию: 01.09.2022

Принята к печати: 23.09.2022

Эффективность сельскохозяйственного производства зависит не только от предпринимательской активности хозяйствующих субъектов на земле, но и от состояния факторов сельскохозяйственного производства. Земля была, есть, будет главным богатством любой страны мира, поэтому создание системы эффективного, экономного землепользования по важности и актуальности должно стоять на одном из ведущих мест в политической и социально-экономической жизни Российской Федерации, в том числе и Республики Татарстан [1, 2, 3].

Одной из острых проблем земледелия Республики Татарстан является прогрессирующая деградация почвенного покрова. Проведенные исследования свидетельствуют, что продуктивность и способность почв к самовосстановлению в последние годы значительно снизилась [4, 5, 6]. Отчуждение питательных веществ с урожаем, дегумификация и эрозия почв, загрязнение и захламливание земель, увеличение антропогенной нагрузки, высокая распаханность сельскохозяйственных угодий приводят к разрушению природных ландшафтов и экосистем [7, 8, 9].

Научно доказано, что мелиорация в сочетании с агрохимическими мероприятиями является одним из важных факторов обеспечения высокой эффективности сельскохозяйственного производства, а также воспроизводства плодородия почв [10, 11].

Под воздействием природно-климатических и антропогенных факторов с каждым годом увеличиваются масштабы водной эрозии, наносящие огромный ущерб не только сельскому хозяйству, но и большим и малым рекам (экологии) региона. Территория Республики Татарстан характеризуется большой расчлененностью овражно-балочной системы [12, 13, 14]. Развитию эрозии почв способствует такой фактор, как высокая степень распаханности сельхозугодий (76,6%) при низкой облесенности пашни (3,3%, при оптимальных значениях 4,7–7%) [15, 16].

Исследования проводились с целью анализа современного состояния развития эрозий почв, ее масштабов и негативного влияния на сельскохозяйственное производство и экологию Республики Татарстан и разработки научно-обоснованных и экономически эффективных предложений, рекомендаций по борьбе с различными ее видами.

* Статья написана по материалам доклада, представленного на Всероссийской научно-практической конференции «Агролесомелиорация и опустынивание», состоявшейся в Волгограде 22 июля 2022 года в ФНЦ агроэкологии РАН

Материалы и методы. Методологической основой исследования выступает системный анализ, в пределах которого применены следующие подходы: конструктивный, детерминированный, ретроспективный, статистический.

В ходе исследования применяли монографический, абстрактно-логический, расчетно-конструктивный, экономико-статистические методы.

Методологической базой стали работы отечественных ученых и практиков: А.А. Зотова (защита почвы от эрозии и повышение ее плодородия, природоохранная роль сенокосов и пастбищ) [1], Ф.Н. Сафиоллина (вопросы системы мелиоративного земледелия и лесотехнического обустройства территорий оросительных систем в Республике Татарстан) [3, 4, 8], В.Г. Гребенникова, И.А. Шипилова, Г.С. Миннулин (применение многолетних трав как фактора защиты почв от эрозии и повышения почвенного плодородия) [11, 17], Д.И. Файзрахманова, рассматривающего организационно-экономические аспекты повышения эффективности противоэрозийной мелиорации [5], В.А. Аксанова, изучившего состав почвенного покрова и ее влияние на устойчивость почвенной эрозии в Республике Татарстан [19], правовые нормы, регулирующие отношения, возникающие в процессе осуществления противоэрозийных работ [10, 23].

Информационной базой исследования послужили официальные данные Федеральной службы государственной статистики, Министерства сельского хозяйства РФ, Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, Федерального государственного учреждения «Управление Татмелиоводхоз», плановые и отчетные документы сельскохозяйственных организаций, материалы научных конференций, материалы, содержащиеся в базах данных eLIBRARY.RU, монографиях, отчетах НИИ, данные, полученные в ходе авторского анализа и расчетов.

Основная часть. Проведенные исследования динамики изменения качественных показателей земель выявили четкую тенденцию снижения плодородия почв и ухудшения общей экологической обстановки в агропромышленном комплексе Республики Татарстан.

Масштабы водной эрозии, прогрессирующая деградация почвенного покрова и ущерб, наносимый эрозионными процессами, для сельского хозяйства республики достигли внушительных размеров [17]. Так, в Республике Татарстан насчитывается более 21 тыс. действующих оврагов, их суммарная длина превышает 29 тыс. километров. В результате размыва плодородного слоя почвы ежегодно выводится из оборота более одной тысячи гектаров сельхозугодий [18].

По сравнению с 1960 годом только по причине эрозии почв площадь пашни уменьшилась на 247,5 тыс. гектаров – это территория трех районов Республики.

Площади сельскохозяйственных угодий, под-

верженные водной эрозии, увеличились на 925 тыс га, количество действующих вершин оврагов на 7450 шт., они занимают площадь в 114 тыс га [19, с. 266-269].

Площадь пашни, требующей проведения противоэрозийных мероприятий, за последние 40 лет возросла более чем в два раза и достигла 2 млн га. Талыми и ливневыми водами с каждого гектара смывается в среднем по 22 тонны плодородной почвы в год. Потери гумуса по этой причине в целом по республике составляют около 700 тыс. тонн ежегодно, что равносильно внесению 10 млн. тонн органических удобрений. Другими словами, почти половина вносимых минеральных туков расходуется на покрытие потерь от смыва.

Площадь эрозионно-опасных земель сельскохозяйственного назначения составляет 2263,2 тыс га, из них процессам водной эрозии подвержено 1390 тыс га пашни – 42%, в том числе сильной степени – 6,7, средней – 254, слабой – 1129 тыс га. Насчитывается 21 тысяча оврагов общей протяженностью более 29 тыс км, из которых более 21 тыс км приходится на акваторию реки Волга [20, с. 52-56].

В Республике Татарстан свыше 70% площади сельхозугодий расположено на склонах различной крутизны: в том числе пашни на склонах крутизной: до 1 градуса – 42,4%, 1–3 градуса – 52,0%, 3–5 градусов – 5,6% [21].

Положительную роль в уменьшении эрозионных процессов играет агролесомелиорация и строительство противоэрозийных сооружений мелиоративного назначения, часть которых в свою очередь являются источником воды для орошаемых земель.

Развитие мелиорации и ее научное обеспечение в Республике Татарстан ведется на программной основе.

В целях разработки целевых программ по развитию мелиорации, а также комплексных проектов мелиорации земель для сельхозтоваропроизводителей, включающих научные разработки по гидромелиоративным, агролесомелиоративным, культуртехническим мероприятиям, а также агрохимическое окультуривание почв на основе агроландшафтной системы земледелия при ФГБУ Управление «Татмелиоводхоз» был создан в 2011 году «Научно-технический центр разработки и внедрения инновационного развития мелиорации земель в Республике Татарстан» (рис. 1). Это принципиально новая организационная система управления региональной мелиорацией и ее научным обеспечением, не имеющая аналогов в других регионах.

Научно-технический центр обеспечивает единство мероприятий в части землеустройства, мелиорации и научно-технического сопровождения, взаимодействуя при работе с Академией наук Республики Татарстан, научными и производственными учреждениями, а также Ассоциацией фермеров и потребительских кооперативов республики.

Работа на программной основе позволяет привлекать значительные инвестиции на развитие мелиорации. В рамках реализованных федеральных и республиканских целевых программ по раз-

витию мелиорации земель в Татарстане ежегодно восстанавливаются и вводятся новые орошаемые земли на площади 5-6 тыс га, проводится известкование на площади 70-80 тыс га (табл. 1).



Рисунок 1. Организационная структура взаимодействия научных, производственных учреждений и сельхозтоваропроизводителей по развитию мелиорации и реализуемые функции

Таблица 1 – Финансовое обеспечение реализации мелиоративных программ, реализуемых в Республике Татарстан в 2018-2020 гг.

Направления финансирования	Годы			
	2018	2019	2020	Всего
На строительство, реконструкцию мелиоративных систем и гидротехнических сооружений из бюджета РФ на федеральные объекты, млн. руб.	142,1	113,0	117,7	372,8
Капитальный ремонт прудов и гидротехнических сооружений из бюджета РТ, млн. руб.	92,7	58,1	89,8	240,6
Строительство, реконструкция и капитальный ремонт орошаемых и осушаемых земель, млн. руб.	62,3	46,9	70,2	179,4
Создание противозрозионных и полевых лесных насаждений, млн. руб.	150	186,5	150	486,5
Всего за 3 года привлечено в мелиорацию	447,1	404,5	427,7	1279,3

Примечание: таблица составлена авторами на основе анализа внутренних документов ФГБУ «Управление «Татмелиоводхоз».

В каждой программе, кроме гидромелиоративных работ, имеется раздел агролесомелиорация, предусматривающий ежегодное проектирование и освоение почвозащитных лесополос и защиту почв от водной и ветровой эрозии.

Одним из эффективных методов снижения эрозионных процессов является агролесомелиорация. В рамках реализации целевых программ по развитию мелиорации в республике подразделениями

ФГБУ «Управление «Татмелиоводхоз» и ОАО Трастовая компания «Татмелиорация» совместно с районными лесхозами ведется работа по созданию защитных лесных насаждений, ежегодно высаживаются более 2,5 тыс га защитных полос. За 2016-2021 годы проведена работа на площади около 11 тыс га на сумму более 800 млн рублей (порядка 150-160 млн руб. в год).

Агролесомелиоративные мероприятия являют-

ся одним из приоритетных направлений работы по защите земель сельхозназначения от ветровой и водной эрозии, которые являются одним из наиболее экологичных, дешевых, надежных и долгосрочных средств мелиорации и защиты земель от деградации. В Республике Татарстан функционируют 50 лесных питомников, в том числе уникальный лесной селекционно-семеноводческий центр в Сабинском районе, который является крупнейшим автоматизированным питомником в Европе, где одними из первых в России приступили к работе по созданию посадочного материала собственного производства с улучшенными наследственными свойствами, полученными вегетативным путем. В питомниках региона ежегодно выращивается свыше 35 млн шт. стандартного посадочного материала, в том числе более 12 млн семян с закрытой корневой системой в Сабинском семеноводческом центре, процент приживаемости которых достигает до 95-99%.

За 2011-2021 в республике привлечено на агролесомелиорацию 1 675 млн рублей инвестиций, посажено защитных лесополос на площади 29,3 тыс га. Это позволило защитить от водной и ветровой эрозии сельхозземли на площади более 130 тыс га, образуя противодеградационный экологический каркас территории [23, 24].

Полезатитные лесные полосы в условиях Республики Татарстан способствуют также снижению силы ветра на 25-30%, увеличению относительной влажности воздуха на 5-6%, двукратному уменьшению непродуктивного испарения влаги и накоплению продуктивной влаги, снижению коэффициента водопотребления сельскохозяйственных культур, повышению продуктивности орошаемых земель.

Самое главное, лесная полоса при подборе влаголюбивых пород деревьев (тополь, береза, осина) и кустарников (ива, ольха) играет роль биологического дренажа и предотвращает заболачивание орошаемого участка.

Следующим значимым мероприятием по борьбе с эрозией является строительство противоэрозионных гидротехнических сооружений.

В Республике Татарстан в разные годы построено и введено в эксплуатацию более 880 противоэрозионных и мелиоративных гидротехнических сооружений (плотин) общим объемом более 360 млн м³ (полезный – 283,6 млн м³). Основная часть указанных гидротехнических сооружений построена согласно утвержденным проектно-сметным документациям с учетом объема накопления воды: до 500 тыс м³ – 395 шт.; до 1 млн м³ – 166 шт.; более 1 млн м³ – 78 шт. [24]. Татарстан занимает первое место среди регионов Поволжского федерального округа по общей площади озёр и водохранилищ. Кроме мелиоративных целей и обводнения территорий они служат надежным средством, призванным улучшить экологическую ситуацию в бассейне рек Волжского бассейна за счет сокращения не менее чем на 80% объема диффузионных стоков,

вызванных эрозионными процессами на склоновых землях сельскохозяйственного назначения.

По данным органов государственной статистики, за период с 1968 г. на территории республики по естественным и антропогенным причинам, в том числе вследствие заиления, исчезло 1681 водоем. Наиболее активному заилению подвергаются пруды и озера, построенные путем запруживания оврагов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения, подверженных эрозионному смыву. На них скорость заиления достигает 10-50 мм в год, что значительно выше средней величины осадконакопления, характерной для территории Республики Татарстан [23].

С 2013 года в рамках реализации долгосрочной республиканской целевой программы по капитальному ремонту гидротехнических сооружений приведены в нормативное техническое состояние более 450 прудов из имеющихся 887 сооружений, в них аккумулируется более 150 млн м³ воды, это также позволяет сохранить сельскохозяйственные земли от воздействий водной эрозии на площади 44,7 тыс га. Посредством проведения ремонтно-восстановительных работ достигнуто повышение технической надежности и устойчивости гидротехнических сооружений, снижение угрозы возникновения аварийных ситуаций на плотинах во время весеннего пропуска паводковых вод через гидротехнические сооружения, обеспечена защита населения и объектов, попадающих в зону возможного затопления [24, с. 70-72].

Эффективность противоэрозионных мероприятий представляет собой укрупненную оценку экологического и экономического ущерба, предотвращенного в результате реализации природоохранных противоэрозионных мероприятий. Экологическая эффективность (предотвращенный экологический ущерб) определяется в зависимости от степени снижения интенсивности указанных выше негативных процессов в результате реализации противоэрозионных мероприятий. Экологическая эффективность мероприятий составляет следующее:

- Одно противоэрозионное сооружение в комплексе с почвоохранными мероприятиями защищает в среднем 120 га земель от дальнейшего развития эрозионных процессов.

- Стоимость комплекса противоэрозионных мероприятий, включая противоэрозионный пруд, – 2,5 млн руб. Срок окупаемости затрат – два года.

В тоже время в республике имеется объективная необходимость продолжения восстановительных работ на гидротехнических сооружениях, так как на многих сооружениях сохраняются риски возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных разрушением плотин и подтоплением близлежащих территорий. Кроме того, серьезным загрязнителем природы, в том числе рек, является применение пестицидов и минеральных удобрений. По республике на сельхозугодиях ежегодно применяется около 2 тыс т ядохимикатов

и более 190 тыс т в действующем веществе (д.в.) минеральных удобрений. Кроме предотвращения заиления рек, противоэрозионные сооружения задерживают сток химикатов и пестицидов, применяемых в сельскохозяйственных формированиях.

Анализ результатов совместной инвентаризации МЧС Республики Татарстан, специалистов Минсельхозпрода Республики Татарстан и компании «Татмелиорация» на 01.01.2021 года показал, что проведения ремонтных работ требуют дополнительно 160 гидротехнических сооружений (ГТС). По экспертным оценкам для приведения их в нормативное состояние требуется более 840 млн рублей средств в текущих ценах.

Вызывает также тревогу факт заиления многих водоемов и развитие в связи с этим процессов деградации водного объекта, что обуславливает необходимость их очистки от донных отложений.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что низко плодородные земли Предкамской зоны, наиболее подверженные эрозии, могут быть защищены правильным подбором и возделыванием бобово-злаковых многолетних трав в широких масштабах. В этом случае создается возможность прекращения развития эрозионных процессов, коренного улучшения плодородия и структурности серо-лесных, светло-серых, дерново-подзолистых, темно-серых почв анализируемого региона (В.Г. Гребенков, И.А. Шипилов) [17]. Данный метод борьбы с проявлениями эрозии почв является менее затратным и доступным для широкого круга сельскохозяйственных формирований, а также способствует снижению отрицательного влияния засухи на результативность хозяйственной деятельности сельскохозяйственных организаций (например, посев райграсса многоукосного с многолетними травами из семейства бобовых является наилучшим способом уменьшения отрицательного действия дефицита влаги, поскольку стержневая корневая система люцерны, козлятника и клевера лугового достает воду из таких глубоких слоев почвы, которые совершенно недоступны райграссу многоукосному, также бобовые культуры весной раньше трогаются в рост и притеняют в первом укосе злаковые многолетние травы), что позволяет повысить экономическую эффективность сельскохозяйственного производства как в растениеводстве, так и в животноводстве [25, 26, 27]. Данный метод практически не требует привлечения в большом объеме государственных вложений. Достаточно сельскохозяйственным формированиям научно-обоснованно составлять свои севообороты, широко включая бобово-злаковые многолетние травы.

Заключение. В сложившихся современных экономических и геополитических реалиях мелиорация земель призвана создать комплекс благоприятных природных условий на обширных территориях, направленных на улучшение агроклиматических, гидрологических, и почвенных условий сельскохозяйственных земель, способст-

вующий сохранению площадей и качества почвенного покрова основного фактора аграрного производства – земли, повысить отдачу через получение стабильных, высоких урожаев возделываемых сельскохозяйственных культур.

Для получения максимальной отдачи от мелиорированных угодий и стимулирования высокоэффективной и наиболее полной их эксплуатации было бы целесообразно предусмотреть в рамках целевых программ механизмы субсидирования из консолидированного бюджета затрат на текущий ремонт, эксплуатацию и полив сельхозкультур на орошаемых землях, а также механизмы стимулирования государством реализации комплекса мер по противоэрозионной мелиорации. В этом отношении, считаем, интересен опыт Татарстана, где субсидируется 60% затрат на подачу воды и электроэнергию, а противоэрозионные лесополосы создаются полностью за счет бюджета субъекта федерации.

Для повышения технической надежности и устойчивости гидротехнических сооружений, находящихся в предаварийном и аварийном состоянии, считаем, целесообразным включить в программу по защите Волги мероприятия по ремонту и очистке от донных отложений гидротехнических сооружений, расположенных на ее акватории, и комплекс реабилитационных мероприятий, направленных на восстановление экологического статуса данного водоема.

В целях существенного уменьшения загрязненных паводковых стоков и закрепления точек роста оврагов, считаем, также важно предусмотреть в программе строительство новых противоэрозионных сооружений на овражно-балочных системах, расположенных в бассейне Волги. Строительство противоэрозионных гидросооружений позволит обеспечить водой для орошения около 57 тыс га пашни. Для обеспечения населения Республики Татарстан продуктами растениеводства необходимо площади орошаемых земель расширять до 100 тыс га.

Учитывая это, считаем необходимым включить в Федеральный проект «Оздоровление Волги» мероприятия по созданию ежегодно не менее 5 тыс га полезащитных лесных полос на облесенных оврагах, крутых склонах, расположенных в зоне акватории Волги с ежегодным финансированием по 300 млн рублей. Реализация предлагаемых мероприятий не только обеспечит сохранение и повышение плодородия основного фактора сельскохозяйственного производства – почвенного покрова земли, но и восстановление реки Волги, а также будут способствовать улучшению экологической ситуации в Поволжье, развитию аграрного производства, сокращению выбытия сельскохозяйственных угодий [18, 28].

Литература:

1. Зотов А.А. Улучшение и использование природных сенокосов и пастбищ Среднего Поволжья. – Казань: Зур Казан, 2014. 267 с.
2. Валиев А.Р., Уллах Р., Комиссаров А.В. и др. Роль и

место орошаемого земледелия в производстве сельскохозяйственной продукции и его экономическая эффективность (опыт Республики Татарстан) // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 160-166.

3. Сафиоллин Ф.Н. Научное обеспечение инновационного развития мелиоративного земледелия в Республике Татарстан. – Казань: ООО ПК «Астор и Я», 2022. 209 с.

4. Сафиоллин Ф.Н., Хисматуллин М.М. Система мелиоративного земледелия в Республике Татарстан. – Казань: ООО «Центр инновационных технологий», 2015. 318 с.

5. Файзрахманов Д.И., Зиганшин Б.Г., Валиев А.Р. и др. Экономически эффективное кормопроизводство на основе райграса многокучного. – Казань: Казанский государственный аграрный университет. 2021. 392 с.

6. Хисматуллин М.М. Ресурсосберегающие технологии поверхностного улучшения пойменных лугов лесостепи среднего Поволжья. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет. 2012. 300 с.

7. Сафиоллин Ф.Н., Сулейманов С.Р. и др. Экономические показатели применения антистрессовых и фитогормонных препаратов на посевах ярового рапса Руян в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан // Финансовый бизнес. 2021. № 6(216). С. 192-196.

8. Сафиоллин Ф.Н., Сочнева С.В., Сулейманов С.Р. Лесотехническое обустройство территории оросительных систем Республики Татарстан / Энергосберегающие технологии в ландшафтном земледелии: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 65-летию кафедры «Общее земледелие и землеустройство» и Дню российской науки, Пенза, 09 февраля 2016 года. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. С. 351-355.

9. Сафиоллин Ф.Н., Лукин А.С., Мухаметгалиев Ф.Н. Экономическая эффективность использования биологических препаратов в технологии возделывания многолетних трав // Финансовый бизнес. 2021. № 3(213). С. 183-187.

10. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 28 декабря 2013 года N 1083 Об утверждении Государственной программы «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов Республики Татарстан» URL: <https://docs.cntd.ru/document/469122554> (дата обращения 10.04.2022).

11. Миннуллин Г.С., Вафина Л.Т., Сафиоллин Ф.Н. Химический состав и питательность кормов из многолетних трав в зависимости от фона минерального питания и сроков их уборки // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2011. Т. 6. № 1(19). С. 160-162.

12. Зотов А.А., Косолапов В.М., Панферов Н.В. и др. Улучшение и использование пойменных лугов / под общей редакцией доктора сельскохозяйственных наук А.А. Зотова, члена-корреспондента РАСХН. – Москва: Российская академия сельскохозяйственных наук, 2013. 690 с.

13. Хисматуллин М.М., Хисматуллин М.М., Валиев А.Р. и др. Противозероизионная мелиорация и ее экономическая эффективность // Региональная экономика: теория и практика. 2022. Т. 20. № 7(502). С. 1350-1366.

14. Хисматуллин М.М., Чекмарев П.А. Расширение видового набора многолетних трав – необходимое условие повышения эффективности поверхностного улучшения пойменных лугов // Кормопроизводство. 2012. № 2. С. 10-12.

15. Nizamov R.M., Safiollin F.N., Khismatullin M.M. et al. Modern Biological Products and Growth Stimulators in

the Technology of Cultivation of Sunflower for Oilseeds. International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 2019. Vol. 10. No 1. P. 341-347.

16. Хисматуллин М.М., Уллах Р., Хисматуллин М.М. Мелиорация в Республике Татарстан: современное состояние, проблемы и перспективы // Региональная экономика: теория и практика. 2022. Т. 20. № 1(496). С. 168-185.

17. Шипилов И.А., Гребенников В.Г. Многолетние травы как фактор защиты почв от эрозии и повышения почвенного плодородия каштановых почв. Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2010. Т. 3. № 1. С. 68-71.

18. Хисматуллин М.М., Мухаметгалиев Ф.Н., Валиев А.Р. и др. Противозероизионная мелиорация в Республике Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 2 (66). С. 47-54.

19. Ансанов В.А., Алиев Ш.А. Состав почвенного покрова и агрохимическое обследование почв Республики Татарстан / Пути мобилизации биологических ресурсов повышения продуктивности пашни, энергоресурсосбережения и производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции. – Казань: Фолиантъ, 2005. С. 266-269.

20. Хисматуллин М.М. Агроэнергетическая и экономическая эффективность поверхностного улучшения пойменных лугов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2010. Т. 5. № 1(15). С. 120-122.

21. Шарипов С.А. Земельные отношения и эффективность землепользования в аграрном производстве // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2017. № 4. С. 52-56.

22. Гатауллин Д.Г., Сафиоллин Ф.Н., Миннуллин Г.С. и др. Антистрессовые и фитогормонные препараты в технологии возделывания ярового рапса на серых лесных почвах Республики Татарстан // Агрохимический вестник. 2021. № 2. С. 45-49.

23. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 25 июля 2011 г. N 580 «Об утверждении экономически значимых региональных программ» URL: <https://docs.cntd.ru/document/917047178> (дата обращения 10.04.2022).

24. Mukhametgaliev F.N., Asadullin N.M., Avkhadiev F.N., and Ullah Raheem. Implementation of government support measures for reclamation as an incentive for the development of the agricultural industry: Experience of the Republic of Tatarstan. BIO Web of Conferences. 2021. vol. 37.

25. Хисматуллин М.М. Бобовые и бобово-злаковые многолетние травы - составная часть органического земледелия Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 2(53). С. 64-67.

26. Хисматуллин М.М. Изучение накопления нитратов в зеленой массе многолетних трав // Агрохимический вестник. 2010. № 3. С. 28-29.

27. Мухаметгалиев Ф.Н., Лукин А.С. и др. К вопросу развития и экономической эффективности орошаемого земледелия // Финансовый бизнес. 2022. № 3. С. 68-74.

28. Хисматуллин М.М., Асадуллин Н.М., Авхадиев Ф.Н. и др. Роль противозероизионной мелиорации в повышении плодородия почв и экономической эффективности аграрного производства // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2022. № 4. С. 139-144.

Anti-Erosion Melioration Development in the Republic of Tatarstan and Its Ecological and Economic Efficiency

Mars M. Khismatullin✉, D.S-Kh.N., e-mail: marsmansurovic@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0201-8373

Marsel M. Khismatullin, D.S-Kh.N., Docent, ORCID: 0000-0002-1640-9447 –

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan State Agricultural University»,
info@kazgau.com, 420015, 65 K. Marx street, Kazan

Abstract. The review article considers one of the key problems of agriculture development in the Republic of Tatarstan – the progressive degradation of the soil cover. It is shown that the growing scale of water erosion causes enormous damage not only to agriculture, but also to large and small rivers of the region. The relief of the republic is characterized by a large fragmentation, which is the basis of soil erosion. The article examines the impact of soil erosion on the efficiency of agricultural production. Special attention is paid to the development of scientifically-based anti-erosion measures to combat soil erosion in agriculture of the Republic of Tatarstan. The paper presents the identified trends in the development of soil erosion at the regional level and substantiates the priority anti-erosion measures in agriculture of the Republic of Tatarstan. It is shown that one of the most effective ways to combat soil erosion and optimize agricultural landscapes is the creation of soil-protective forest belts, as well as the construction of anti-erosion structures that have a stabilizing effect on the formation of highly productive agrocenoses. It is established that, on average, in the Republic of Tatarstan, one system of anti-erosion measures protects up to 120 hectares of land from further development of erosion processes. The cost of an anti-erosion measures system, including an anti-erosion pond, is 2.5 million rubles, the payback period is 2 years. Examples of effective control of the agricultural lands soil cover progressive degradation in the Republic of Tatarstan are given. Measures to increase the soil cover fertility, develop an agricultural production, reduce the agricultural land disposal, as well as to contribute the Volga River restoration, improve the ecological situation in the Volga region are proposed.

Keywords: problems of agriculture, soil erosion, anti-erosion measures, agroforestry melioration, ecology, economic effect

Received: 01.09.2022

Accepted: 23.09.2022

References:

1. Zotov A.A. *Uluchshenie i ispol'zovanie prirodnykh senokosov i pastbishch Srednego Povolzh'ya* [Improvement and use of natural hayfields and pastures of the Middle Volga region]. Kazan. «Zur Kazan» Publ. house. 2014. 267 p.
2. Valiev A.R., Ullakh R., Komissarov A.V. et al. *Rol' i mesto oroshaemogo zemledeliya v proizvodstve sel'skokhozyajstvennoj produkcii i ego ekonomicheskaya effektivnost' (opyt Respubliki Tatarstan)* [The role and place of irrigated agriculture in the output of agricultural products and its economic efficiency]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Kazan State Agrarian University]. 2021. T. 16. 3(63). pp. 160-166.

3. Safiollin F.N. *Nauchnoe obespechenie innovatsionnogo razvitiya meliorativnogo zemledeliya v Respublike Tatarstan* [Scientific support of innovative development of reclamative agriculture in the Republic of Tatarstan]. Kazan. LLC PC «Astor i YA» Publ. house. 2022. 209 p.

4. Safiollin F.N., Khismatullin M.M. *Sistema meliorativnogo zemledeliya v Respublike Tatarstan* [System of reclamative agriculture in the Republic of Tatarstan]. Kazan. «Center of Innovative Technologies» LLC Publ. house. 2015. 318 p.

5. Fajzrakhmanov D.I., Ziganshin B.G., Valiev A.R. et al. *Ekonomicheskii effektivnoe kormoproizvodstvo na osnove rajgrasa mnogoukosnogo* [Cost-effective feed production based on multi-corn ryegrass]. Kazan. Kazan State Agrarian University. Publ. house. 2021. 392 p.

6. Khismatullin M.M. *Resursoberegayushchie tekhnologii poverkhnostnogo uluchsheniya pojmennykh lugov lesostepi srednego Povolzh'ya* [Resource-saving technologies for surface improvement of the forest-steppe floodplain meadows of the Middle Volga region]. Kazan. Kazan (Volga region) Federal University. Publ. house. 2012. 300 p.

7. Safiollin F.N., Sulejmanov S.R. i dr. *Ekonomicheskie pokazateli primeneniya antistressovykh i fitogormonnykh preparatov na posevakh yarovogo rapsa Ruyan v pochvenno-klimaticheskikh usloviyakh Respubliki Tatarstan* [Economic indicators of the anti-stress and phytohormonal drugs use on spring rape crops of Ruyan variety in soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan]. *Finansovyy biznes* [Financial business]. 2021. 6(216). pp 192-196.

8. Safiollin F.N., Sochneva S.V., Sulejmanov S.R. *Lesotekhnicheskoe obustrojstvo territorii orositel'nykh sistem Respubliki Tatarstan* [Forest engineering arrangement of the territory of the Republic of Tatarstan irrigation systems]. *Energoberegayushchie tekhnologii v landshaftnom zemledelii* [Energy-saving technologies in landscape agriculture]: Compilation of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of the Department «General Agriculture and Land Management» and the Day of Russian Science materials, Penza, FSBEIHE Penza SAU Publ. house. 2016. pp. 351-355.

9. Safiollin F.N., Lukin A.S., Mukhametgaliev F.N. *Ekonomicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya biologicheskikh preparatov v tekhnologii vozdeleyvaniya mnogoletnikh trav* [Economic efficiency of the biological preparations use in the technology of perennial herbs cultivation]. *Finansovyy biznes* [Financial business]. 2021. 3(213). pp. 183-187.

10. Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan dated December 28. 2013. 1083. On approval of the State Program «Environmental protection, reproduction and use of Natural resources of the Republic of Tatarstan» URL: <https://docs.cntd.ru/document/46912254> (accessdate10.04.2022).

11. Minnullin G.S., Vafina L.T., Safiollin F.N. *Khimicheskij sostav i pitatel'nost' kormov iz mnogoletnikh trav v zavisimosti ot fona mineral'nogo pitaniya i srokov ikh uborki* [Chemical composition and nutritional value of feeds from perennial grasses depending on the mineral nutrition background and the timing of their harvesting]. *Vestnik Kazanskogo*

gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Kazan State Agrarian University]. 2011. T. 6. 1(19). pp. 160-162.

12. Zotov A.A., Kosolapov V.M., Panferov N.V. et al. *Uлучshenie i ispol'zovanie pojmyennykh lugov* [Improvement and use of floodplain meadows] under the general editorship of Doctor of Agricultural Sciences A.A. Zotov, corresponding member of RASKHN, M: Russian Academy of Agricultural Sciences Publ. house. 2013. 690 p.

13. Khismatullin M.M., Khismatullin M.M., Valiev A.R. et al. *Protivoerozionnaya melioratsiya i ee ekonomicheskaya effektivnost'* [Anti-erosion land melioration and its economic efficiency]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika* [Regional economy: theory and practice]. 2022. T. 20. 7(502). pp. 1350-1366.

14. Khismatullin M.M., Chekmarev P.A. *Rasshirenie vidovogo nabora mnogoletnikh trav – neobkhodimoe uslovie povysheniya effektivnosti poverkhnostnogo uluchsheniya pojmyennykh lugov* [Expansion of the perennial grasses species set as a necessary condition for increasing the effectiveness of floodplain meadows surface improvement]. *Kormoproizvodstvo* [Forage production]. 2012. 2. pp. 10-12.

15. Nizamov R.M., Safiollin F.N., Khismatullin M.M. et al. Modern Biological Products and Growth Stimulators in the Technology of Cultivation of Sunflower for Oilseeds. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. 2019. Vol. 10. 1. P. 341-347.

16. Khismatullin M.M., Ullakh R., Khismatullin M.M. *Melioratsiya v Respublike Tatarstan: sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy* [Land reclamation in the Republic of Tatarstan: current state, problems and prospects]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika* [Regional economy: theory and practice]. 2022.T.20. 1(496). pp. 168-185.

17. Shipilov I.A., Grebennikov V.G. *Mноголетние травы как фактор зашchиты почв от эрозий и povysheniya pochvennogo plodorodiya kashtanovykh почв* [Perennial grasses as a factor of soil protection from erosion and increasing soil fertility of chestnut soils]. *Compilation of scientific papers of the Stavropol Scientific Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production*. 2010. T. 3. 1. pp. 68-71.

18. Khismatullin M.M., Mukhametgaliev F.N., Valiev A.R. et al. *Protivoerozionnaya melioratsiya v Respublike Tatarstan* [Anti-erosion land reclamation in the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Kazan State Agrarian University]. 2022. T. 17. 2 (66). pp. 47-54.

19. Aksanov V.A., Aliev Sh.A. *Sostav pochvennogo pokrova i agrokhimicheskoe obsledovanie почв Respubliki Tatarstan* [Composition of soil cover and agrochemical survey of the Republic of Tatarstan soils]. *Puti mobilizatsii biologicheskikh resursov povysheniya produktivnosti pashni, energoresursosberezheniya i proizvodstva konkurentosposobnoj sel'skokhozyajstvennoj produktsii* [Ways of biological resources mobilization to increase the arable land productivity, energy conservation and production of competitive agricultural products]. Kazan.«Foliant» Publ.

house. 2005. pp. 266-269.

20. Khismatullin M.M. *Agroenergeticheskaya i ekonomicheskaya effektivnost' poverkhnostnogo uluchsheniya pojmyennykh lugov* [Agro-energetical and economic efficiency of surface improvement of floodplain meadows]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Kazan State Agrarian University]. 2010. T. 5. 1(15). pp. 120-122.

21. Sharipov S.A. *Zemel'nye otnosheniya i effektivnost' zemlepol'zovaniya v agrarnom proizvodstve* [Land relations and efficiency of land use in agricultural production]. *Ekonomika sel'skokhozyajstvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatij* [Economics of agricultural and processing enterprises]. 2017. 4. pp. 52-56.

22. Gataullin D.G., Safiollin F.N., Minnullin G.S. et al. *Antistressovye i fitogormonnye preparaty v tekhnologii vozdeyvaniya yarovogo rapsa na serykh lesnykh pochvakh Respubliki Tatarstan* [Anti-stress and phytohormone preparations in the technology of spring rape cultivation on gray forest soils of the Republic of Tatarstan]. *Agrokhimicheskij vestnik* [Agrochemical Bulletin]. 2021. 2. pp. 45-49.

23. Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Tatarstan No. 580 dated July 25. 2011 «On approval of economically significant regional programs»URL: <https://docs.cntd.ru/document/917047178>(accessdate 10.04.2022).

24. Mukhametgaliev F.N., Asadullin N.M., Avkhadiev F.N. and Ullah Raheem. Implementation of government support measures for reclamation as an incentive for the development of the agricultural industry: Experience of the Republic of Tatarstan. *BIOWebofConferences*. 2021. vol. 37.

25. Khismatullin M.M. *Bobovye i bobovo-zlakovye mnogoletnie травы - sostavnaya chast' organicheskogo zemledeliya Respubliki Tatarstan* [Legumes and legume-cereal perennial grasses as an integral part of organic farming of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Kazan State Agrarian University]. 2019. T. 14. 2(53). pp. 64-67.

26. Khismatullin M.M. *Izuchenie nakopleniya nitratov v zelenoj masse mnogoletnikh trav* [Studying the accumulation of nitrates in the green mass of perennial grasses]. *Agrokhimicheskij vestnik* [Agrochemical Bulletin]. 2010. 3. pp. 28-29.

27. Mukhametgaliev F.N., Lukin A.S. et al. *K voprosu razvitiya i ekonomicheskoy effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [On the issue of development and economic efficiency of irrigated agriculture]. *Finansovyy biznes* [Financialbusiness]. 2022. 3. pp. 68-74.

28. Khismatullin M.M., Asadullin N.M., Avkhadiev F.N. et al. *Rol' protiverozionnoy melioratsii v povyshenii plodorodiya почв i ekonomicheskoy effektivnosti agrarnogo proizvodstva* [The role of anti-erosion reclamation in increasing soil fertility and economic efficiency of agricultural production]. *Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii* [Competitiveness in the global world: economics, science, technology]. 2022. 4. pp. 139-144.

Цитирование. Хисматуллин Марс М., Хисматуллин Марсель М. Развитие противоэрозийной мелиорации в Республике Татарстан и ее эколого-экономическая эффективность // Научно-агрономический журнал. 2022. №3(118). С. 23-30. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.003.23-30

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.

Citation. Khismatullin Mars M., Khismatullin Marsel M. Anti-Erosion Melioration Development in the Republic of Tatarstan and Its Ecological and Economic Efficiency. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 23-30. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.003.23-30

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or 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.

Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае

Валерия Витальевна Дорошенко ✉, м.н.с., doroshenko-vv@vfanc.ru, ORCID: 0000-0003-3253-1132, лаборатория геоинформационного моделирования и картографирования агроресоландшафтов – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «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

В настоящей статье представлены результаты геоинформационного анализа пространственного развития процессов опустынивания на северо-востоке Ставропольского края – в Левокумском муниципальном районе и Нефтекумском городском округе. Резкий рост интенсивности этих процессов требует изучения, оценки и прогнозирования для своевременного принятия мер по предотвращению или смягчению последствий для деятельности человека. В рамках исследования проведено визуальное дешифрирование растровых данных космической съемки (Sentinel с пространственным разрешением 10 м и Landsat с пространственным разрешением 30 м) за период с 1990 по 2020 гг. с интервалом 10 лет. Полученные электронные карты проанализированы в среде геоинформационного программного обеспечения «QGIS 3.4», в статье приведены количественные данные по числу и площадям очагов опустынивания. Проведен анализ климатических условий и пастбищной нагрузки как факторов развития процессов опустынивания. Выявленные объекты концентрируются в восточной части территории исследования, граничащей с Республиками Калмыкия и Дагестан. В 2020 году выявлен значительный рост занятых песками площадей (до 40 раз по сравнению с 2010 годом), связанный с интенсивными песчаными бурями на территории сопредельных субъектов РФ. На основании векторных данных дешифрирования составлены схемы пространственного распределения очагов опустынивания и карта-схема динамики роста очагов опустынивания.

Ключевые слова: Ставропольский край, опустынивание, ГИС-технологии, геоинформационный анализ, дистанционное зондирование.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР № 122020100311-3, НИР № 122020100405-9, НИР № 122020100406-6.

Поступила в редакцию: 10.08.2022

Принята к печати: 31.08.2022

Оперативное камеральное картографирование опустыненных участков с использованием данных дистанционного зондирования Земли позволяет с высокой скоростью и достаточной точностью определять области, наиболее подверженные интенсивным процессам опустынивания, при относительно низких трудозатратах. Геоинформационный анализ данных космической съемки позволяет составлять прогнозы дальнейшего развития процессов опустынивания и планировать как полевые исследования, так и меры по предупреждению или сокращению нега-

тивного влияния опустынивания на исследуемую территорию.

В Ставропольском крае наблюдается рост интенсивности распространения процессов опустынивания и значительное увеличение площадей, занятых песками, чем обусловлена актуальность исследования (рис. 1). Северо-восточная часть Ставропольского края активно используется в сельскохозяйственных целях, в частности, для скотоводства, увеличение площади песков оказывает значительное влияние на эффективность этой деятельности [2, 5].



Рисунок 1 – Распространение песков в Нефтекумском районе (по состоянию на 2022 г., 44.8170 с.ш., 45.6144 в.д.)

Основная часть территории исследования имеет небольшие уклоны и находится на территории Кумо-Манычской впадины и Терско-Кумской низменности. В равнинной части Ставропольского края среднемноголетнее годовое количество осадков составляет 300-500 мм, но в последние годы отмечаются засухи, что в комплексе с повышением среднегодовых температур является благоприятным условием для роста площадей опустынивания [3].

Целью данного исследования являлось выявление очагов опустынивания и занятых песками площадей и их развития в северо-восточной части Ставропольского края.

Для выявления динамики процессов опустынивания в области исследования были поставлены следующие задачи: выполнить ретроспективное дешифрирование материалов космической съемки высокого пространственного разрешения для выявления площадей, занятых песками, и очагов опустынивания; проанализировать результаты дешифрирования с применением геоинформационных и статистических методов.

Материалы и методика исследований. Областью интересов являлась северо-восточная часть Ставропольского края, граничащая с Республиками Калмыкия и Дагестан, исследование проводилось на территории Левокумского муниципального района и Нефтекумского городского округа. Зона исследования характеризуется плоским рельефом и недостатком защитных лесных насаждений, то есть, отсутствием препятствий для эоловой эрозии и распространения пыльных и песчаных бурь [4, 11]. Для оценки климатических характеристик области исследования были использованы данные метеорологической станции в г. Буденновск, располагающейся в прилегающем муниципальном районе в аналогичных климатических условиях.

Муниципальные районы в области исследования по сельскохозяйственной специализации являются преимущественно животноводческими.

Учитывая имеющиеся в свободном доступе материалы дистанционного зондирования Земли, для экспертного дешифрирования визуальным способом были выбраны мультиспектральные космические со спутниковых аппаратов Sentinel (пространственное разрешение – 10 м) и Landsat (пространственное разрешение – 30 м).

Для выявления песков было составлено композитное изображение (мозаика снимков) с использованием спектральных каналов, соответствующих представлению в естественных цветах. Комбинация каналов «естественные цвета» демонстрирует достаточную контрастность изображения для дешифрирования растительности (травянистой и древесной), распаханых и голых земель, участков, занятых песками, солончаков визуальным способом без применения спектральных расшифровок (рис. 2). В целях обеспечения максимально возможной для доступного пространственного разрешения контрастности изображения использовались

космические снимки за вторую декаду августа, что соответствует рамкам вегетационного периода для выбранной территории [6, 7, 8, 10].

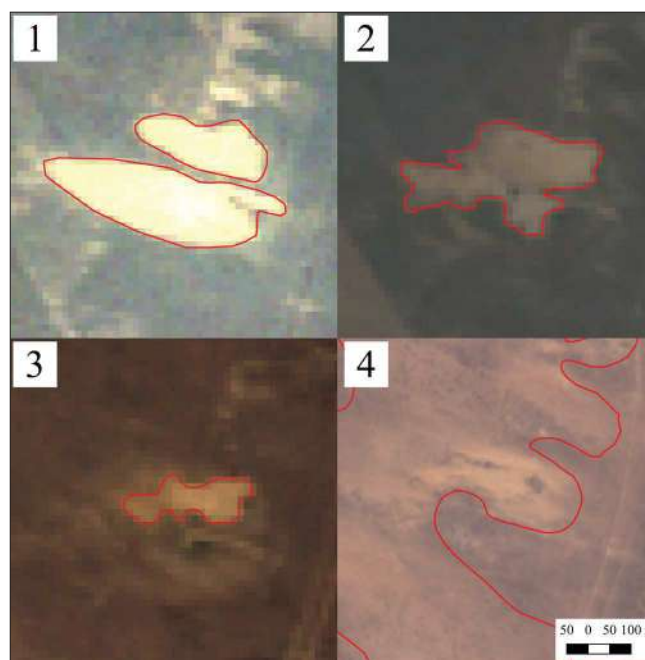


Рисунок 2 – Отдельный очаг опустынивания на космических снимках различных КА: 1. Landsat 1-5 (1990); 2. Landsat 1-5 (2000); 3. Landsat 7 (2010); 4. Sentinel 2 (2020) (45.1420 с.ш., 45.2991в.д.)

Важным аспектом дешифрирования песчаных территорий является отделение очагов опустынивания от солончаков, сорочных понижений и пересыхающих соленых озер, распространенных в зоне исследования. Пески дифференцируются от иных похожих по цвету объектов по внутренней структуре и вытянутой форме, соответствующей направлению господствующих ветров в данной области [1].

Дешифрирование проводилось с временным интервалом космической съемки в 10 лет (с 1990 года по 2020 год).

Для дешифрирования визуальным способом использовались прямые дешифровочные признаки: цвет – яркий, светлый, от белого до желтого; структура – материалы сверхвысокого пространственного разрешения (при соответствующей настройке отображения спектральных характеристик в среде геоинформационного ПО) позволяют выделить отдельные дюны на значительных по площади песчаных участках как вытянутые объекты с более светлым тоном, отбрасывающие тень сопоставимой формы.

Выделенные по результатам дешифрирования объекты вносились в векторный слой. Для отслеживания динамики площади, перемещения очага и развития его структуры каждому объекту присваивался идентификационный номер.

Для проведения анализа территория области исследования была разбита на регулярные ячейки со сторонами, равными 5 км. С помощью геоинформационного ПО в атрибутивную таблицу

каждой ячейки были внесены данные о площади занятых песками участков, дифференцированные в соответствии с годом выявления.

Обработка растровых материалов космической съемки, создание и редактирование материалов в векторном формате, геоинформационный анализ, а также формирование картографических материалов по результатам исследования проводились в среде геоинформационного программного обеспе-

чения «QGIS 3.4». Статистическая обработка данных проводилась в MS «Excel 2016».

Результаты и обсуждение. По результатам дешифрирования выявлено 187 очагов опустынивания и занятых песками участков на территории Левокумского муниципального района и 530 – на территории Нефтекумского городского округа. Обобщенные количественные результаты дешифрирования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Количественные результаты дешифрирования очагов опустынивания

Показатель / Год	1990	2000	2010	2020
Общая площадь песков, км ²	5,4	11,4	14,1	561,6
Средняя площадь очага, км ²	0,09	0,08	0,56	0,78
Количество очагов	56	138	215	717
Изменение площади песков (%)	-	211,1	123,7	3 982,9

Все очаги опустынивания и занятые песками участки располагаются в восточной части области исследования, на территориях, граничащих с Республиками Калмыкия и Дагестан. Взрывной рост как средней площади очага, так и общей площади занятых песками участков в интервале 2010-2020 гг. связан с интенсивными песчаными бурями на прилегающих территориях [3, 5, 6, 8, 10]. В пери-

од с 2010 по 2020 год увеличение общей площади занятых песками территорий составило 547,5 (40 раз). Несмотря на большое количество крупных объектов по состоянию на август 2020 года, средняя площадь очага остается невысокой за счет распространения множества небольших по площади очагов на территории Нефтекумского муниципального района – из 530 выявленных объектов 509 имеют площадь менее 1 км². Образование крупных участков, занятых песками, является результатом масштабных пыльных бурь, накрывших юг европейской части России с мая по октябрь 2020 года [9]. Минимальная площадь дешифрируемого объекта составила 1 749 (Нефтекумский городской округ, 2000 год), наибольший выявленный объект имел площадь 132,1 (Левокумский муниципальный район, 2020 год). В ячейках регулярной сети площади занятых песками участков ранжируются от 2 954 до 24,3. С использованием векторных данных, полученных по результатам дешифрирования материалов космической съемки, составлена схема пространственного распределения очагов опустынивания (рис. 3).

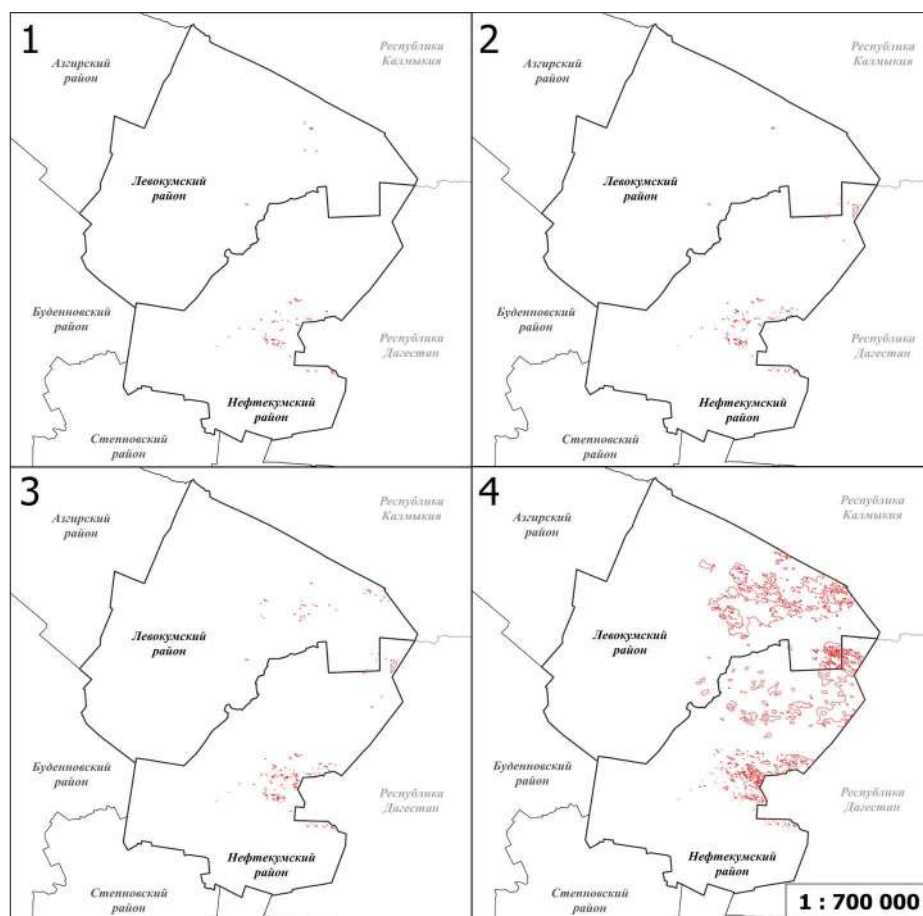


Рисунок 3 – Схема пространственного распределения очагов опустынивания по состоянию на: 1. 1990 год; 2. 2000 год; 3. 2010 год; 4. 2020 год.

По результатам последовательного дешифрирования данных космической съемки с интервалом в 10 лет составлена карта-схема динамики роста площади очагов опустынивания (рис. 4) с использованием ячеек регулярной сети со стороной 5 км, окрашенных в соответствии с процентным соотношением изменения площадей участков, занятых песками, по состоянию на 2020 год к году первичного выявления объекта. В отдельный класс выделены ячейки, в которых первичное выявление объекта относится к интервалу 2010-2020 гг.

Характер распространения песков в период с 1990 по 2010 год соответствует последствиям антропогенного воздействия, в частности, выпаса скота. Очаги являются точечными, имеют небольшие площади и расположены на значительном расстоянии друг от друга. Подобные очаги опустынивания стабильны и медленно увеличиваются по площади [3, 10].

Для учета влияния выпаса овец и коз на интенсификацию процессов опустынивания получены

статистические данные о величинах поголовья скота за период с 2010 по 2020 год (табл. 2).

Таблица 2 – Поголовье овец и коз по муниципальным районам

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Нефтекумский городской округ	496085	529911	-	664907	663084	628337	607026	592275	568559	546220	445011
Левокумский муниципальный район	598053	602906	-	594397	541626	504981	471557	391777	395308	398735	356062

Снижение поголовья овец и коз в области исследования может свидетельствовать о сокращении пастбищных угодий [8, 9, 10]. В то же время, интенсивный выпас на сопредельных территориях может приводить к образованию больших участков, лишенных растительности, и способствовать эоловому переносу песков. Наблюдается рост среднегодовых температур на фоне снижения годового количества осадков, таким образом, создаются благоприятные условия для дальнейшего распространения процессов опустынивания в зоне исследования. По количественным данным о среднегодовых температурах воздуха и годовых осадках за период с 1990 по 2020 год составлен график и рассчитаны тренды этих показателей (рис. 5).

После 2010 года значительно возрастает средняя площадь очага, форма очагов из округлой становится вытянутой в соответствии с преобладающим направлением ветров на востоке Ставропольского края, что сигнализирует о значитель-

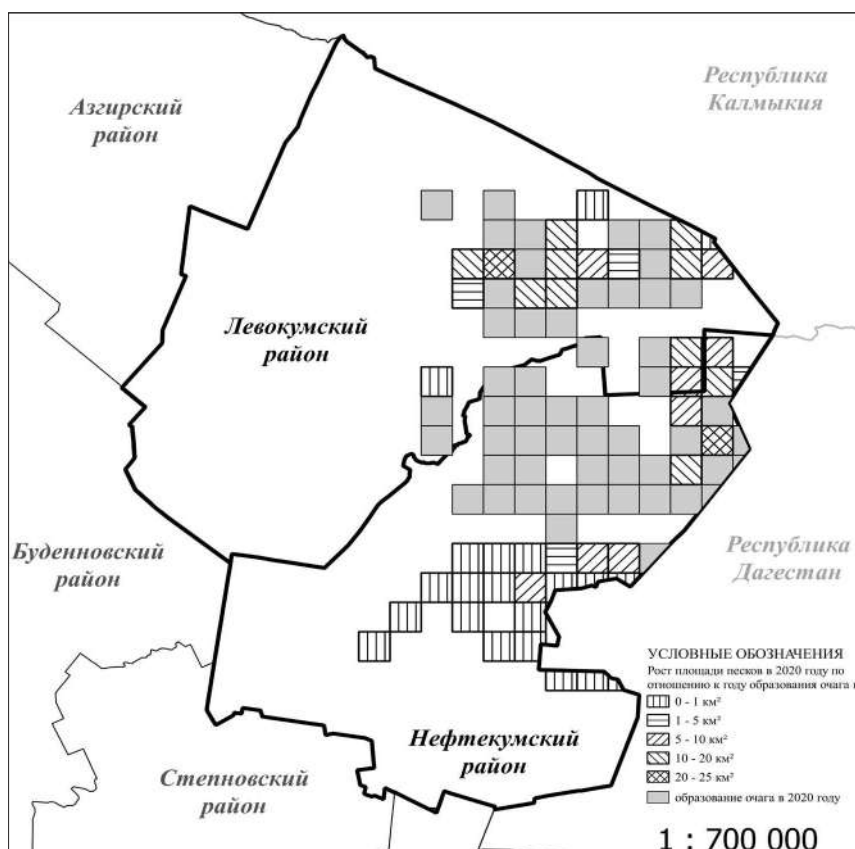


Рисунок 4 – Карта-схема динамики роста площади очагов опустынивания

ном влиянии песчаных бурь и переноса песков на состояние очагов в области исследования.

Увеличение занятых песками площадей способствует формированию пыльных и песчаных бурь и, как следствие, дальнейшему росту наносных песков, что позволяет прогнозировать рост площадей песков с течением времени.

Заключение. В результате последовательной геоинформационной обработки данных космической съемки за 30 лет выявлен взрывной рост площадей, занятых песками (до 40 раз). Векторные и статистические данные достоверно отражают реальную ситуацию и могут быть обновлены для оценки качества составленных прогнозов.

Характерная форма занятых песками участков позволяет предположить, что основным фактором, влияющим на значительное увеличение песчаных площадей в последнее десятилетие, являются песчаные бури. Влияние пастбищной нагрузки непосредственно в зоне исследования представляется незначительным, но выявленный тренд к ариди-

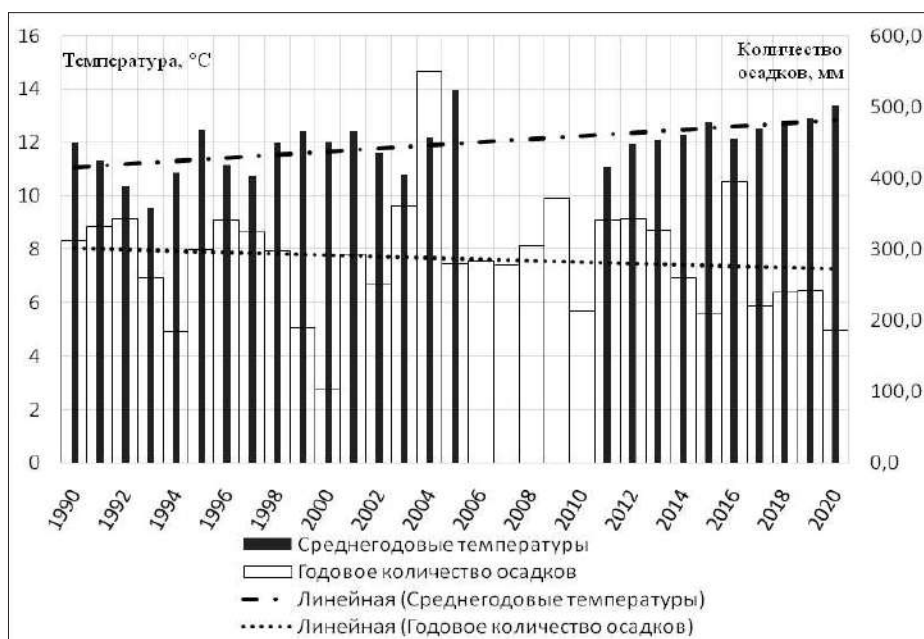


Рисунок 5. Динамика годового количества осадков и среднегодовых температур по данным метеостанции г. Буденновск

зации климата в регионе и повышенная пастбищная нагрузка на сопредельные территории способствуют формированию условий для эолового переноса песков.

Полученные в результате обработки и дешифрирования растровых материалов векторные данные станут основой последующего изучения развития процессов опустынивания и факторов, влияющих на них, с использованием как камеральных, так и полевых методов. Полученные материалы могут быть использованы при планировании мелиоративных мероприятий по борьбе с развитием процессов опустынивания.

Литература:

1. Бадахова Г.К. Ставропольский край: современные климатические условия. – Ставрополь: ГУП СК "Краевые сети связи". 2007. 272 с.
2. Кулик К.Н. Агроресомелиоративное картографирование и фитозоологическая оценка аридных ландшафтов. – Волгоград: изд. ВНИАЛМИ, 2004. 248 с.
3. 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.
4. Лошаков А.В., Хасай Н.Ю. Мониторинг качественного состояния защитных лесных насаждений Ставропольского края. International agricultural journal. 2020. Т.63. № 5. С. 13.
5. Савич В.И., Саидов А.К. Влияние антропогенного воз-

действия на опустынивание почв Кизлярских пастбищ Дагестана. Закономерности изменения почв при антропогенных воздействиях и регулирование состояния и функционирования почвенного покрова. 2011. С.147-151.

6. Стасюк Н.В., Добровольский Г.В., Залибеков З.Г. и др. Оценка деградации и опустынивания почвенного покрова северного равнинного Дагестана. Экология. 2004. № 3. С. 172-178.

7. Шинкаренко С.С., Дорошенко В.В., Берденгалиева А.Н., Комарова И.А. Динамика горимости аридных ландшафтов России и сопредельных территорий по данным детектирования активного горения. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т.18. № 1. С. 149-164. DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-1-149-164>.

8. Шинкаренко С.С., Барталев С.А. Оценка площади опустынивания на юге европейской части России в 2021 г. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т.18. № 4. С. 291-297. DOI 10.21046/2070-7401-2021-18-4-291-297.

9. 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. 2021. Т.17. №7. С. 270-275.

10. Шинкаренко С.С. Пространственно-временная динамика опустынивания на Черных землях // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 6. С. 155-168.

11. Gabriels D., Cornelis W.M., Eyletters M., Hollebosch P. Combating desertification. Monitoring, adaptation and restoration strategies. 2008. P. 207.

DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.004.31-36

Geoinformation Analysis of the Desertification Processes Development in the Stavropol Region

Valeria V. Doroshenko ✉, doroshenko-vv@vfanc.ru, ORCID: 0000-0003-3253-1132, Junior Researcher of the Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes – Federal State Budget Scientific Institution «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. This article presents the results of a geoinformation analysis of the spatial development of desertification processes in the north-east of the Stavropol Territory – in the Levokumsky municipal district and the Neftekumsky urban district. A sharp increase in the intensity of these processes requires studying, assessment and forecasting in order to take timely measures to prevent or mitigate the consequences for human activity. As part of the study, the visual decoding of satellite imagery raster data (Sentinel with a spatial resolution of 10 m and Landsat with a spatial resolution of 30 m) was carried out for the period from 1990 to 2020 with an interval of 10 years. The obtained electronic maps were analyzed in the environment of the geoinformation software «QGIS 3.4», the article provides quantitative data on the number and areas of desertification foci. The analysis of climatic conditions and pasture load as factors of the desertification processes development is carried out. The identified objects are concentrated in the eastern part of the study area bordering the Republics of Kalmykia and Dagestan. In 2020, a significant increase in the areas occupied by sand was revealed (up to 40 times compared to 2010), associated with intense sandstorms on the territory of neighboring subjects of the Russian Federation. Based on the vector data of decoding, desertification foci spatial distribution schemes and a map-scheme of the desertification foci growth dynamics are compiled.

Keywords: Stavropol Territory, desertification, GIS technologies, geoinformation analysis, remote sensing

This work was carried out within the framework of the state task of research in the FSC of Agroecology RAS № 122020100311-3, НИР № 122020100405-9, НИР № 122020100406-6.

Received: 10.08.2022

Accepted: 31.08.2022

References:

1. Badakhova G.K. *Stavropol'skij kraj: sovremennye klimaticheskie usloviya* [Stavropol Region: contemporary climatic conditions]. Stavropol'. State Unitary Enterprise of Stavropol' Region "Kraevye seti svyazi" Publ. house. 2007. 272 p.
2. Kulik K.N. *Agroresomeliativnoe kartografirovaniye i fitoekologicheskaya otsenka aridnykh landshaftov* [Agroforestry mapping and phytoecological assessment of arid landscapes]. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2004. 248 p.
3. Kulik K.N., Petrov V.I., Yuferev V.G. et al. *Geoinformatcionnyj analiz opustynivaniya severo-zapadnogo Prikaspiya* [Geoinformation analysis of north-western Near-Caspian Region desertification]. *Aridnye ekosistemy* [Arid ecosystems].

2020. T. 26. 2(83). pp. 16-24.

4. Loshakov A.V., Khasaj N.Yu. *Monitoring kachestvennogo sostoyaniya zashchitnykh lesnykh nasazhdenij Stavropol'skogo kraja* [Monitoring of the Stavropol Region protective forest plantations qualitative state]. *International Agricultural Journal*. 2020. T. 63. 5. p. 13.

5. Savich V.I., Saidov A.K. *Vliyanie antropogennogo vozdeystviya na opustynivaniye pochv Kizlyarskikh pastbishch Dagestana* [Influence of anthropogenic impact on soil desertification of Kizlyar pastures of Dagestan]. *Zakonomnosti izmeneniya pochv pri antropogennykh vozdeystviyakh i regulirovaniye sostoyaniya i funkcionirovaniya pochvennogo pokrova* [Patterns of soil changes under anthropogenic influences and regulation of the soil cover state and functioning]. 2011. pp. 147-151.

6. Stasyuk N.V., Dobrovolskij G.V., Zalibekov Z.G. et al. *Otsenka degradatsii i opustynivaniya pochvennogo pokrova severnogo ravninnogo Dagestana* [Assessment of degradation and desertification of the northern Dagestan flatland soil cover]. *Ekologiya* [Ecology]. 2004. 3. pp. 172-178.

7. Shinkarenko S.S., Doroshenko V.V., Berdengaliev A.N., Komarova I.A. *Dinamika gorimosti aridnykh landshaftov Rossii i sopredel'nykh territorij po dannym detektirovaniya aktivnogo goreniya* [The arid landscapes of Russia and adjacent territories burnability dynamics according to the data of active burning detection]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Contemporary problems of the Earth remote sensing from space]. 2021. T. 18. 1. pp. 149-164. DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-1-149-164>.

8. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A. *Otsenka ploshchadi opustynivaniya na yuge evropejskoj chasti Rossii v 2021 g* [Desertification area assessment in the south of the European part of Russia in 2021]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Contemporary problems of the Earth remote sensing from space]. 2021. T. 18. 4. pp. 291-297. DOI 10.21046/2070-7401-2021-18-4-291-297.

9. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A. *Posledstviya pyl'nykh bur' na yuge evropejskoj chasti Rossii v sentyabre-oktyabre 2020 g* [Consequences of dust storms in the south of the European part of Russia in September-October 2020]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Contemporary problems of the Earth remote sensing from space]. 2021. T. 17. 7. pp. 270-275.

10. Shinkarenko S.S. *Prostranstvenno-vremennaya dinamika opustynivaniya na Chernykh zemlyakh* [Spatio-temporal dynamics of desertification on Black lands]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Contemporary problems of the Earth remote sensing from space]. 2019. T. 16. 6. pp. 155-168.

11. Gabriels D., Cornelis W.M., Eyletters M., Hollebosch P. *Combating desertification. Monitoring, adaptation and restoration strategies*. 2008. p. 207.

Цитирование. 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

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.

Citation. Doroshenko V.V. Geoinformation Analysis of the Desertification Processes Development in the Stavropol Region. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 31-36. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.004.31-36

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or 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.

Моделирование водосборных областей реки Донская Царица

Мария Олеговна Шатровская✉, м.н.с., e-mail: shatrovskayam@vfanc.ru, ORCID: 0000-0002-3202-4184, лаборатория агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах –

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «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

Николай Олегович Шатровский, студент – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный университет» (ВолГУ), ob.otdel@volsu.ru, 400062, пр. Университетский, д. 100, г. Волгоград, Россия

В статье представлены результаты моделирования водосбора реки Донская Царица, которые необходимы при создании адаптивных агролесомелиоративных комплексов, противостоящих деградированию и опустыниванию земель. Картографирование и моделирование водосборных площадей малых рек, одной из которых является река Донская Царица, представляют собой современные и доступные инструменты изучения особенностей формирования поверхностного стока, его характера, направления и площади. Актуальность исследовательской работы обусловлена тем, что моделирование водосбора современными инструментами изучено недостаточно, а имеющиеся методики используют в основе классические методы изучения, которые зачастую не отличаются достаточной точностью. Объект исследования расположен сразу в двух районах Волгоградской области (Светлоярский и Калачовский) и является левым притоком реки Дон, впадающим в Цимлянское водохранилище. С помощью геоинформационных технологий моделирование позволяет определить ряд показателей поверхностного стока, а также провести измерения характеристик рельефа водосбора реки Донская Царица. Результатом исследования стало моделирование водосборных областей на территории бассейна реки Донская Царица и создание на основе цифровой модели местности карты рельефа водосбора и карты направления его стока. В результате выполненного исследования был выявлен перепад высот, который составил 154 м, при преобладающем северном (25,4% ячеек) и западном (15,8% ячеек) направлении стока. Анализ картографических данных выявил 379 водосборных областей в пределах реки Донская Царица. Площадь водосбора по результатам моделирования составила 1563,5 км².

Ключевые слова: моделирование водосбора, водосбор, поверхностный сток, рельеф, ГИС

Исследование выполнено в рамках Государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН «Теория и принципы формирования адаптивных агролесомелиоративных комплексов сухостепной зоны юга РФ в контексте климатических изменений» (№ 122020100312-0)

Поступила в редакцию: 15.08.2022

Принята к печати: 07.09.2022

В настоящее время проблема моделирования водосборных областей, и как следствие, и стока приобретает все большую значимость в вопросе гидрологических характеристик рек, что способствовало разработке и применению на практике множества методов. Но стоит заметить, что для реализации проекта по моделированию водосбора реки необходим ряд физико-географических характеристик объекта исследования. В прошлом такие исследования базировались на ручных трудоемких измерениях, включающих анализ топографических материалов, в частности карт. В настоящий момент движимые безостановочным прогрессом информационные технологии позволяют получить необходимые параметры при помощи современных географических информационных систем (ГИС), что несомненно ускоряет и упрощает работу исследователей. Развитие информационных систем в совокупности с технологическим прогрессом позволяют отодвинуть традиционные методы на задний план, поскольку современные методы являются более передовыми, точными и менее пропотливыми.

Все это ставит приоритетной задачей разработку и освоение методик использования ГИС при установлении как физико-географических, так и гидрологических параметров поверхностного стока крупных и малых рек. В данном направлении создание общего информационного пространства, учитывающего все нюансы, является наиболее значимым вектором развития геоинформационных систем.

Для решения таких задач, как моделирование водосбора реки, комплектуются локальные географические информационные системы, имеющие под собой основу из базы данных, что позволяет создавать цифровые карты с тематическими слоями изучаемой проблемы. Работа с данными ведется непосредственно в ГИС среде, с использованием встроенных и дополнительно установленных инструментов [3].

Геоинформационная система предполагает создание внушительного по характеристикам инструмента для сбора, анализа и систематизации большого объема данных, что позволяет отслеживать и проанализировать процессы, происходя-

щие на водосборной площади [5].

Информация, содержащаяся в картах, имеет различное тематическое содержание и степень генерализации [6]. При выявлении необходимого для моделирования набора исходной картографической информации должны быть решены задачи как устранения несопоставимости отдельных показателей, так и учета различной степени их значимости для регионального и топологического уровня исследований [8, 12].

Цель исследования заключалась в изучении особенностей рельефа и определении направления стока водосборной области реки Донская Царица, посредством моделирования при помощи ГИС, в частности с использованием таких программы как QGIS и ArcGIS.

Материалы и методы. Геоинформационные исследования особенностей водосбора реки Большая Царица основывались на методиках, представленных в работах Б.В. Виноградова, К.Н. Кулика, А.С. Рулева и В.Г. Юферева [2, 4, 6].

В большинстве ГИС наличествуют морфометрические и гидрологические элементы моделирования, использующие цифровые модели рельефа в качестве исходных данных. Одной из подобных является ГИС ArcGIS, имеющая широкий набор функций и возможностей, позволяющий рассчитать количество водосборных областей и их общую площадь [18]. Помимо этого, использование ArcGIS обусловлено еще и тем, что данная программа предлагает построение пирамидальных слоев для более быстрой обработки растровых данных при открытии растра с цифровой моделью местности (ЦММ) [10]. Наиболее целесообразным является использование алгоритмов, разработанных специально для построения цифровой модели рельефа (ЦМР) с учетом, в том числе, и требований гидродинамической модели [1]. Использование ЦМР является порой единственным и элементарным решением для анализа процессов, протекающих на объекте исследования.

Картографические источники используются в ГИС как для территориальной привязки, так и для получения данных об объекте исследования [15]. Картографические источники – это, помимо графических, фотографических и текстовых данных, еще и космокарты. Современный уровень развития компьютерной картографии обеспечивает оперативное наглядное представление пространственных данных, накапливаемых в информационных системах [9,11]. Объекты гидрографии, водные системы, а также связанные с ними явления и процессы традиционно являются одними из ведущих элементов содержания географических карт [13].

Моделирование водосбора реки Донская Царица проводилось с использованием ESRI ArcGIS, поскольку эта ГИС, единственная из всех существующих при открытии растра с ЦММ или ЦМР, позволяет в разы ускорить процесс обработки значи-

тельных по объемам данных [7, 10].

Для более корректного результата при моделировании и анализе водосбора следует соблюдать определенную последовательность действий [14, 16], включающую в себя ряд этапов. В геоинформационной среде разрабатываются слои с описанием характеристик объектов исследования, где обозначается граница исследуемого водосбора. Первостепенным является построение на основе ЦМР модели местности с использованием инструментов SRTM ArcSecond изолинейной карты высот. На следующем этапе идет построение карты направления стока. Стоит заметить, что растр с направлением стока необходим на всех этапах моделирования, поскольку на его основе впоследствии возможно будет рассчитать такие параметры, как: суммарный сток, расчет длины водотоков, выполнить идентификацию водотоков и т.д. Заключительным этапом данной работы стало создание карты водосборных областей малых водотоков на основе построения водоразделов с корректировкой по точкам устьев. Примечательно, что точки устьев создаются вручную на основе данных ЦММ.

Совокупный анализ имеющейся на данный момент информации дает возможность создавать электронные карты с учетом возможных изменений на водосборной площади, что в совокупности с цифровой моделью рельефа, данными космоснимков, различными математическими моделями и иной атрибутивной информацией позволит спрогнозировать и обеспечить мониторинг поверхностного стока реки Донская Царица.

Для моделирования поверхностного стока водосбора была выбрана река Донская Царица, являющаяся левым притоком реки Дона (рисунок 1). Территория исследования имеет следующие координаты крайних точек: 48°27' с.ш. 43°28' в.д.; 48°37' с.ш. 43°53' в.д.; 48°19' с.ш., 44°17' в.д.; 48°14' с.ш., 44°9' в.д. Исток реки расположен у хутора Северный (48°19' с. ш. 44°06' в. д.), а устье – у посёлка Ляпичев, где река впадает в Цимлянское водохранилище (48°30' с. ш. 43°29' в. д.).

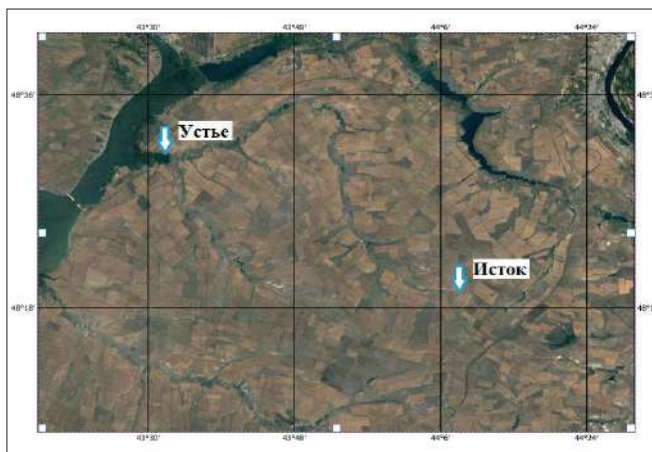


Рисунок 1. Космоснимок реки Донская Царица

Результаты и обсуждение. Первичный этап моделирования подразумевал выделение водосбора реки Донская Царица. Данные о высотах были получены благодаря SRTM ArcSecond, являющейся цифровой моделью местности с пространственным разрешением, составляющим 30 м [17]. ЦММ была создана на основе данных с портала Earthexplorer, разработанного геологической службой США.

Растр водосбора реки Донская Царица с направлениями стока был построен на территории в 2 тайла SRTM ArcSecond. Далее обработка данных заключалась в ручном выделении точек водотоков Донской Царицы на подготовленной ранее ЦММ.

Прежде чем приступить к анализу водосбора

Донской Царицы, необходимо исследовать рельеф изучаемой территории. Для водосбора реки Донская Царица была создана изолинейная модель распределения высотных отметок, основанная на ЦММ SRTM ArcSecond местности с дискретной классификацией высот через 20 м (рисунок 2). По результатам моделирования площадь водосбора составила 1563,5 км². Наибольшая высота над уровнем моря – 182 м, и наименьшая – 28 м. Перепад высот равен 154 м. Выявлен диапазон распределения высот в пределах водосбора, где диапазоны от 100 до 120 м занимают 328,2 км², что составляет 21,0% территории и диапазоны от 80 до 100 м, занимающие 327,1 км², что равно 20,9% территории водосбора.

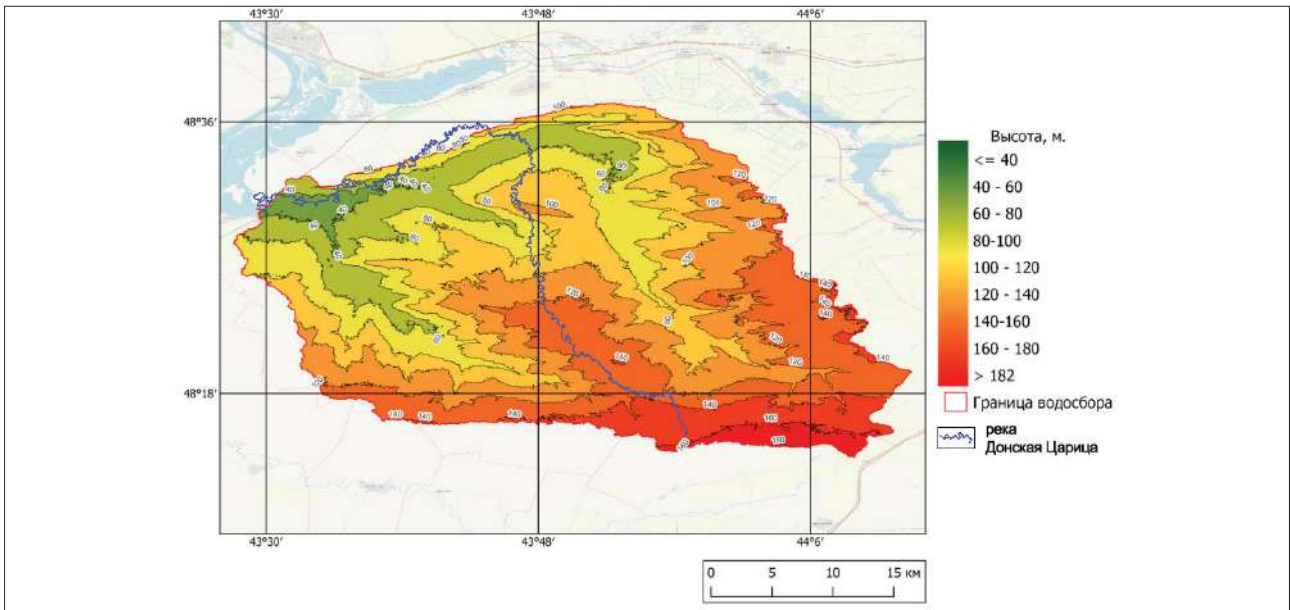


Рисунок 2 – Карта изолинейного распределения высотных отметок водосбора реки Донская Царица

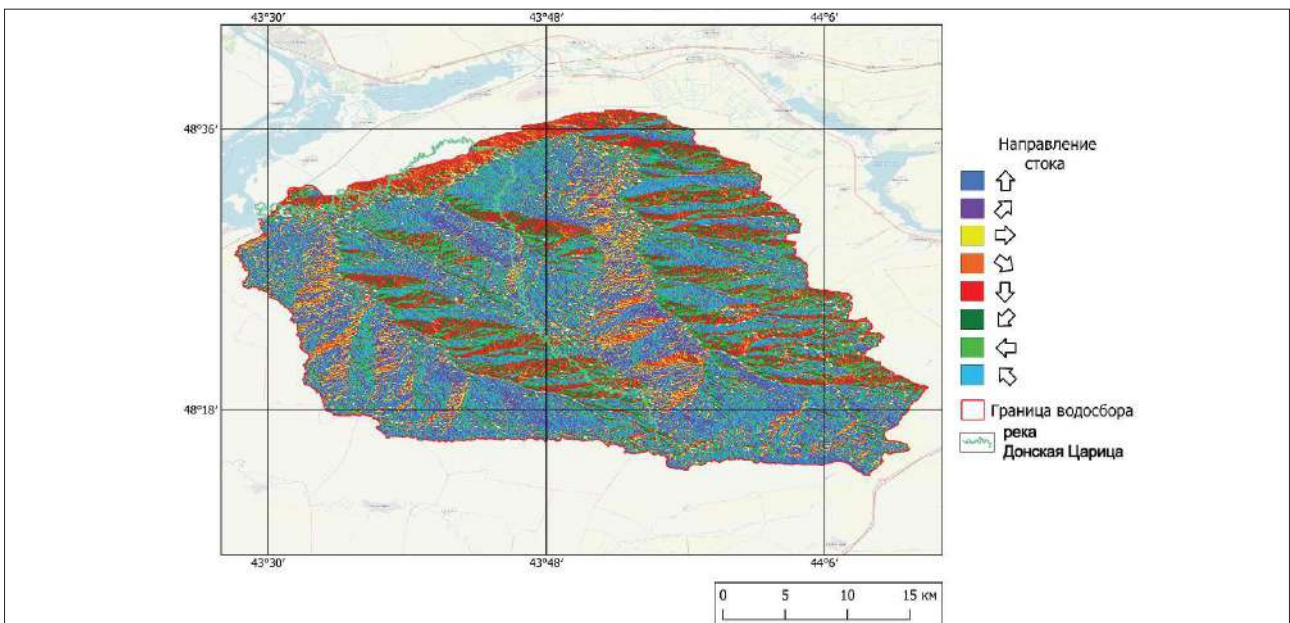


Рисунок 3 – Карта направления стока водосбора реки Донская Царица

Важным этапом моделирования является построение направления стока (рисунок 3). Так, в процессе исследования выявлены ключевые направления стока – северное и западное, на которые пришлось 25,4% и 15,8% ячеек соответственно. Стоит заметить, что растр с направлением стока является необходимым условием при характеристике водосбора и одним из начальных этапов в моделировании таких параметров как длина водостока и суммарный сток.

Корректируя водоразделы по точкам устьев, производилось моделирование водосборных областей реки Донская Царица. Точки устьев были заложены с использованием в основе ЦММ. Точность моделирования напрямую зависит от количества точек устьев (чем больше точек будет использовано в работе, тем результат будет точнее). Данный принцип позволяет произвести моделирование водосборных областей наиболее корректно (рисунок 4).

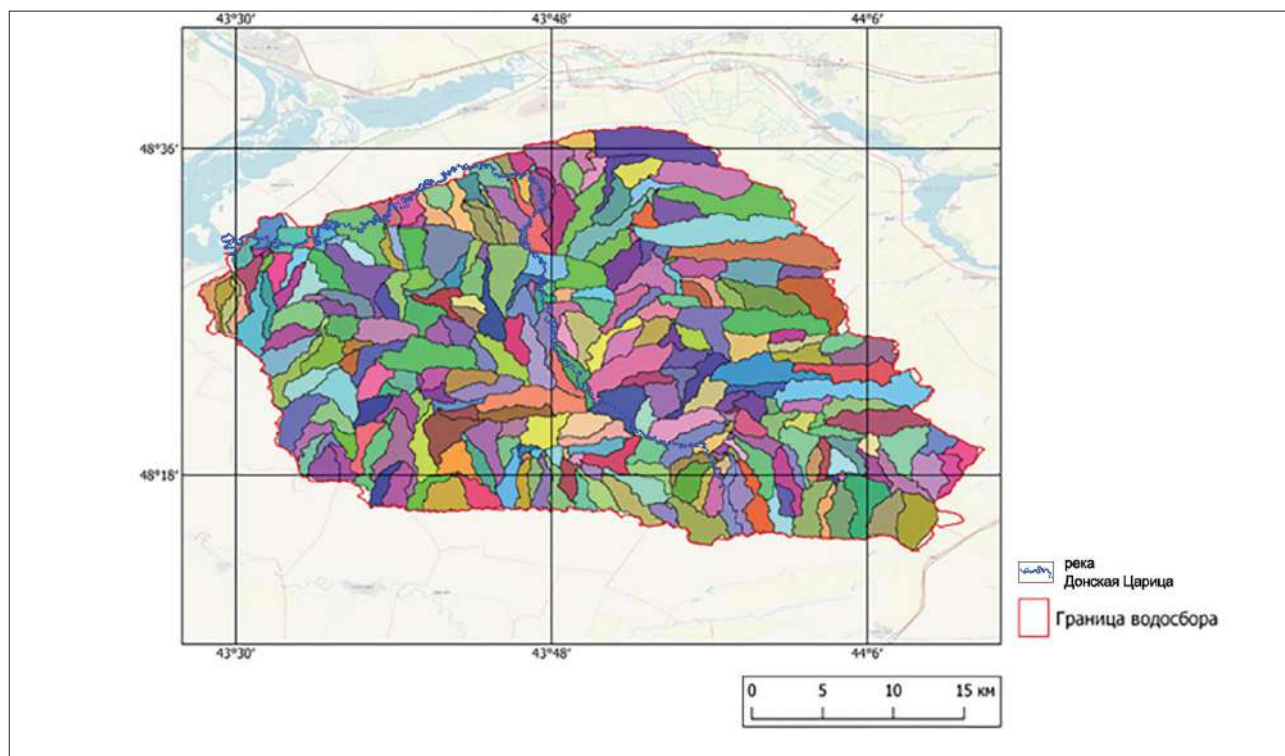


Рисунок 4 – водосборные области реки Донская Царица

В результате моделирования водосборных областей реки Донская Царица установлены 379 водосборных областей.

Дальнейшие исследования, направленные на гидрологическое моделирование поверхностного стока, сводятся к идентификации и построению водотоков. А финальным этапом такого моделирования является вычисление длины линии стока, что позволит вычислить время заполнения бассейна.

Выводы. Таким образом, опираясь на результаты исследования и моделирования водосбора реки Донская Царица, можно утверждать, что большая часть площади имеет высоты в диапазоне от 80 до 100 м (327,1 км² – 20,9% территории) и от 100 до 120 м (328,2 км² – 21,0% территории), перепад высот составляет 154 м. Преобладающее направление стока на водосборе – северное (25,4% ячеек) и западное (15,8% ячеек). Выявлено в пределах водосбора реки Донская Царица 379 водосборных областей, при общей площади водосбора 1563,5 км².

Применение ГИС технологий и различного ин-

струментария, в том числе ArcGIS и QGIS, позволяет обеспечить эффективное решение как научных, так прикладных задач, связанных с моделированием, анализом и прогнозированием поверхностного стока на водосборах.

Литература:

1. Беликов, В.В. Несибсоновская интерполяция – новый метод интерполяции значений функций на произвольной системе точек // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1997. Т. 37. № 1. С. 11-17.
2. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. – М: Наука, 1984. 380с.
3. Влацкий В.В. Моделирование речного стока с использованием ГИС технологий // Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 9(115). С. 104-109.
4. Геоинформационные технологии в агроресомелиорации / В.Г. Юферев, К.Н. Кулик, А.С. Рулев, К.Б. Мушаева, А.В. Кошелев, З.П. Дорохина, О.Ю. Березовикова. – Волгоград. ВНИАЛМИ, 2010. 102 с.
5. Гусева А.В. Геоинформационные системы // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 55. С. 50-55.

6. Кулик К.Н., Рулев А.С., Юферев В.Г. Дистанционно-картографическая оценка деградационных процессов в агроландшафтах юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. 2009. № 4. С. 12-25.

7. Бугаец А.Н. Разработка методов определения структурно-гидрографических характеристик по данным ЦМР для гидрологического моделирования. – Санкт-Петербург, 2011. 28 с.

8. Гостищев В.Д., Пономаренко Т.С., Рыжаков А.Н., Брева А.В. Гидрологические расчеты и результаты компьютерного моделирования прохождения максимальных расходов в русле реки Темерник // Гидрометеорология и экология. 2018. № 2(89). С. 89-98.

9. Кондратьев С.А., Голосов С.Д., Крейман К.Д., Игнатова Н.В. Моделирование гидрологических процессов и массопереноса в системе водосбор-водоем // Водные ресурсы. 1998. Т. 25. № 5. С. 571-580.

10. Лайкин, В.И. Геоинформатика: учебное пособие. – Комсомольск-на-Амуре: АмГПУ, 2010. 159 с

11. Мирная Д.С., Романова Д.С., Ариничева И.В. Математическое моделирование гидрологических процессов речного потока / Будущее науки: Сборник научных статей 8-й Международной молодежной научной конференции. – Курск, 2020. С. 29-32.

12. Неботова Д.В. Функциональный метод для целей моделирования гидрологических процессов / Земля и

Человек. Актуальные вопросы современного состояния окружающей среды: Сборник статей. – Санкт-Петербург: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2020. С. 151-153.

13. Полянин В.О. Ландшафтно-гидрологический подход к моделированию стока воды с речного водосбора. – Москва, 2003. 181 с.

14. Фисенко Б.В., Ткачев А.А., Аникина Е.В., Орлова Е.В. Оценка точности цифровой модели местности Саратовской области / Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве, природообустройстве и защите окружающей среды: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Саратов, 2017. С. 142-145.

15. Юферев В. Г., Ткаченко Н.А. Картографирование и моделирование агроландшафтов с использованием геоинформационных систем // Научно-агрономический журнал. 2020. № 4 (111). С. 23-28. DOI 10.34736/FNC.2020.111.4.005.23-28.


16. Mark D.M: Network Models in Geomorphology. Modelling Geo-morphological Systems, 2002. 1. 73-97.

17. ASTER GDEM. URL: <https://sovzond.ru/products/spatial-data/digital-models/aster-gdem/> (дата обращения 22.03.2022)

18. ESRI ArcGIS. URL: <https://www.arcgis.com/index.html> (дата обращения 21.03.2022)

DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.005.37-42

Modeling of the Drainage Areas of the Donskaya Tsaritsa River

Mariya O. Shatrovskaya , Junior Researcher, e-mail: shatrovskayam@vfanc.ru, ORCID: 0000-0002-3202-4184, Laboratory of Agricultural Technologies and farming systems in agroforest landscapes – Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of Agroecology RAS), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt, 97, Volgograd, Russia

Nikolaj O. SHatrovskij, student – Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Volgograd State University», ob.otdel@volsu.ru, 400062, 100 Universitetsky Ave., Volgograd, Russia

Abstract. The article presents the results of modeling the catchment area of the Donskaya Tsaritsa River, which are necessary for the creation of adaptive agroforestry complexes that resist land degradation and desertification. Mapping and modeling of catchment areas of small rivers, one of which is the Donskaya Tsaritsa River, are actual and accessible tools for studying the features of the surface runoff formation, its nature, direction and area. The relevance of the research work is due to the fact that the catchment area modeling with actual tools has not been studied enough, and the available methods are based on classical methods of study, which often do not differ in sufficient accuracy. The studied object is located in two districts of the Volgograd region (Svetloyarsky and Kalachovsky) and is a left tributary of the Don River flowing into the Tsimlyanskoye reservoir. With the help of geoinformation technologies, modeling makes it possible to identify a number of surface runoff indicators, as well as to measure the characteristics of the Donskaya Tsaritsa River catchment area relief.

The result of the study was the catchment areas modeling on the territory of the Donskaya Tsaritsa River basin and the creation of a digital terrain model of the catchment relief map and a map of its flow direction. As a result of the performed study, a height difference was revealed, which amounted to 154 m, with the predominant northern (25.4% of cells) and western (15.8% of cells) flow direction. The analysis of cartographic data revealed 379 catchment areas within the Donskaya Tsaritsa River. The catchment area according to the simulation results was 1563.5 km².

Keywords: watershed modeling, watershed, surface runoff, relief, GIS

The study was carried out within the framework of the State task of the Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences “Theory and principles of the adaptive agroforestry complexes formation in the dry steppe zone of the south of the Russian Federation in the context of

climate change" (122020100312-0)

Received: 15.08.2022

Accepted: 07.09.2022

References:

1. Belikov V.V. *Nesibsonovskaya interpolyatsiya - novyy metod interpolyatsii znachenij funktsij na proizvol'noj sisteme toчек* [Non-Sibson interpolation - a new method of function values interpolation on a random system of points]. *Zhurnal vychislitel'noj matematiki i matematicheskoy fiziki* [Journal of Computational Mathematics and Mathematical Physics]. 1997. T. 37. 1. pp. 11-17.

2. Vinogradov B.V. *Aerokosmicheskij monitoring ekosistem* [Aerospace monitoring of ecosystems]. M. «Nauka» Publ. house. 1984. 380 p.

3. Vlatskiy V.V. *Modelirovanie rechnogo stoka s ispol'zovaniem GIS tekhnologij* [River flow modeling using GIS technologies]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State University]. 2010. 9(115). pp. 104-109.

4. Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S., Mushaeva K.B., Koshelev A.V., Dorokhina Z.P., Berezovikova O.Yu. *Geoinformatsionnye tekhnologii v agrolesomeliorsii* [Geoinformation technologies in agroforestry melioration]. 2010. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 102 p.

5. Guseva A.V. *Geoinformatsionnyesistemy* [Geoinformation systems]. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'* [Mining information and analytical bulletin] (scientific and technical journal). 2013. 5. pp. 50-55.

6. Kulik K.N., Rulev A.S., Yuferev V.G. *Distantsionno-kartograficheskaya otsenka degradatsionnykh protsessov v agrolandshaftakh yuga Rossii* [Remote cartographic assessment of degradation processes in agricultural landscapes of southern Russia]. *Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower-Volga agrouniversity complex: Science and higher professional education]. 2009. 4. pp. 12-25.

7. Bugaets A.N. *Razrabotka metodov opredeleniya strukturno-gidrograficheskikh kharakteristik po dannym TSMR dlya gidrologicheskogo modelirovaniya* [Development of methods for determining structural and hydrographic characteristics according to DEM data for hydrological modeling]. Saint Petersburg. 2011. 28 p.

8. Gostishchev V.D., Ponomarenko T.S., Ryzhakov A.N., Breeva A.V. *Gidrologicheskie raschety i rezul'taty komp'yuternogo modelirovaniya prokhozheniya maksimal'nykh raskhodov v rusle reki Temernik* [Hydrological calculations and results of computer modeling of the passage of maximum flow rates in the Temernik riverbed]. *Gidrometeorologiya i ekologiya* [Hydrometeorology and ecology]. 2018. 2(89). pp. 89-98.

9. Kondrat'ev S.A., Golosov S.D., Krejman K.D., Ignat'eva N.V. *Modelirovanie gidrologicheskikh protsessov i massoperenosa v sisteme vodosbor-vodoem* [Hydrological processes and mass transfer modeling in the catchment-reservoir system]. *Vodnye resursy* [Water resources]. 1998. T. 25, 5. pp. 571-580.

10. Lajkin V.I. *Geoinformatika* [Geoinformatics]: a textbook. – Komsomolsk-on-Amur: ASUHP Publ. house. 2010. 159 p

11. Mirnaya D.S. Romanova D.S. Arinicheva I.V. *Matematicheskoe modelirovanie gidrologicheskikh protsessov rechnogo potoka* [Mathematical modeling of hydrological processes of river flow]. *Budushchee nauki* [The future of science]: Compilation of scientific articles of the 8th International Youth Scientific Conference. Kursk. 2020. pp. 29-32.

12. Nebotova D.V. *Funktsional'nyy metod dlya tselej modelirovaniya gidrologicheskikh protsessov* [Functional method for the purposes of hydrological processes modeling]. *Zemlya i Chelovek. Aktual'nye voprosy sovremennogo sostoyaniya okruzhayushchej sredy* [Earth and Man. Topical issues of the current state of the environment]: A compilation of articles. Saint Petersburg. RSHU Publ. house. 2020. pp. 151-153.

13. Polyaniy V.O. *Landshaftno-gidrologicheskij podkhod k modelirovaniyu stoka vody s rechnogo vodosbora* [Landscape-hydrological approach to water flow from a river catchment modeling]. Moscow. 2003. 181 p.

14. Fisenko B.V., Tkachev A.A., Anikina E.V., Orlova E.V. *Otsenka tochnosti tsifrovoy modeli mestnosti Saratovskoy oblasti* [Estimation of digital terrain model of Saratov region accuracy]. *Geoinformatsionnye tekhnologii v sel'skom khozyajstve, prirodoobustroytve i zashchite okruzhayushchej sredy* [Geoinformation technologies in agriculture, environmental management and environmental protection]: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Saratov. 2017. pp. 142-145.

15. Yuferev V.G., Tkachenko N.A. *Kartografirovaniye i modelirovanie agrolandshaftov s ispol'zovaniem geoinformatsionnykh sistem* [Mapping and modeling of agricultural landscapes using geoinformation systems]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal* [Scientific Agronomy Journal]. 2020. 4 (111). pp. 23-28. DOI 10.34736/FNC.2020.111.4.005.23-28.

16. Mark D.M. *Network Models in Geomorphology. Modeling Geo-morphological Systems*. 2002. 1. 73-97.

17. ASTER GDEM. URL: <https://sovzond.ru/products/spatial-data/digital-models/aster-gdem/> (Accessed 03/22/2022)

18. ESRI ArcGIS. URL: <https://www.arcgis.com/index.html> (Accessed 03/21/2022)

Цитирование. Шатровская М.О., Шатровский Н.О. Моделирование водосборных областей реки Донская Царица // Научно-агрономический журнал. 2022. №3(118). С. 37-42. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.005.37-42

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.

Citation. Shatrovskaya M.O., Shatrovskiy N.O. Modeling of the Drainage Areas of the Donskaya Tsaritsa River. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 37-42. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.005.37-42

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or 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.

Пространственный анализ защитных лесных насаждений северной части Ергенинской возвышенности

Алина Владимировна Мелихова ^{✉1,2}, лаборант-исследователь, студент, e-mail: melihova-a@vfanc.ru –

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «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

²Волгоградский государственный университет (ВолГУ), e-mail: info@volsu.ru, 4000620, проспект Университетский, 100, г. Волгоград, Россия

Исследование связано с проблемой опустынивания южных регионов России с аридным типом климата, где актуальным является постоянный мониторинг состояния полезащитных лесных полос, препятствующих деградации агроландшафтов. Статья посвящена пространственному анализу защитных лесных насаждений (ЗЛН) на территории водосборов реки Донская Царица, а также реки Большая Тингута, находящихся в пределах Ергенинской возвышенности, по данным дистанционного зондирования Земли. При помощи программного обеспечения QGIS проведен геоинформационный анализ крутизны и экспозиции склонов исследуемой территории. Морфометрический анализ территории по данным цифровой модели рельефа SRTM показал, что 35% защитных лесных насаждений размещены на склонах крутизной более 1°, следовательно, имеют противозерозионные свойства, еще 65% – противодефляционные на ровных склонах. Всего в районе исследований на основе экспертного дешифрирования спутниковых снимков высокого пространственного разрешения и обработки данных вегетационного индекса NDVI (нормализованный относительный индекс растительности) выделено 1011 лесных полос общей площадью 3700 га. Установлено, что почти половина всех ЗЛН имеют сохранность менее 50%. Полученные данные по сохранности и пространственному размещению существующих полезащитных лесных полос позволят разработать мероприятия по уходу, реконструкции и созданию новых лесных насаждений. Использованный подход к пространственному анализу агроландшафтов на основе геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования достаточно универсален и может применяться для любой территории.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, геоинформационные системы, геоинформационное картографирование, состояние лесных насаждений, Ергенинская возвышенность, агроресомелиорация, крутизна и экспозиция склона.

Поступила в редакцию: 11.08.2022

Принята к печати: 14.09.2022

Территориально Волгоградская область располагается на крайнем юго-востоке Европейской России, где преобладающее негативное влияние на ведение сельского хозяйства оказывают пыльные бури, суховеи и засухи. Защитные лесные полосы (ЗЛП) играют как природоохранную, так и средообразующую роль на занимаемой площади и прилегающей территории.

Благодаря созданию защитных лесных насаждений возможно добиться улучшения микроклиматических показателей и противостоять неблагоприятным климатическим условиям на межполосном пространстве, и практически предотвращать негативные последствия пыльных бурь, которые довольно часто проявляются на территории области. Стоит отметить, что большая часть полезащитных полос региона нуждается в проведении мероприятий по улучшению их состояния и повышению эффективности [6].

Оценка состояния защитных лесных насаждений является важнейшей задачей системы мониторинга лесов. Непосредственно анализу состояния защитных лесных насаждений лесоводы уделяют большое внимание по причине их биосферной и хозяйственной роли, для этого проводятся мероприятия по инвентаризации защитных

лесных насаждений [8].

В течение многих десятилетий при лесоустройстве таксационная характеристика насаждений записывалась в журналах таксации. Наиболее правильным для наших лесов при различной интенсивности хозяйства и разных целях работ является сочетание всех способов наземной таксации: глазомерного, перечислительного и измерительного.

Начиная с XX века, совершенствуя технологический процесс лесоинвентаризационных работ, лесоустроители с 1961 г. начали применять карточки таксации вместо журналов. К примеру, в 1965 г. с применением карточек было протаксировано 11,6 млн га. Преимущество карточек заключается в том, что они экономят рабочее время в полевой сезон и позволяют широко механизировать камеральную обработку таксационных материалов [7]. Помимо данных методов в исследованиях ЗЛП были также востребованы и применены методы аэровизуального обследования лесов, аэротаксационного обследования, аэротаксация (таксация с воздуха) и т.д.

Однако с развитием геоинформационных технологий появилась возможность оперативного мониторинга лесных насаждений в максимально сжатые сроки [11]. Современные геоинформационные методы исследований лесных насаждений

с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяют исследовать лесные насаждения с довольно высокой точностью [2]. Проблематика использования таких методов заключается лишь в оценке точности результатов. Часты случаи, когда исследуемые пространственные объекты по своему размеру граничат с пространственным разрешением данных ДЗЗ [4]. Проблема «смежного» пикселя для малых пространственных объектов дает большие ошибки в итоговых результатах. Поэтому обработка таких данных требует особого методологического подхода для повышения точности результатов. В таких исследованиях часто используют оптико-электронные спектрально-аналитические данные ДЗЗ [1]. Совокупное использование радарных и лидарных данных, а также оптико-электронных снимков позволяет комплексно изучать территорию, составлять достоверные пространственно-временные связи, изучать динамику, а также составлять прогнозы. Изучение сохранности защитных лесных насаждений в условиях засушливого климата Волгоградской области является перспективной задачей для агролесомелиорации [3].

Для пространственного анализа защитных лесных насаждений (ЗЛН) была выбрана территория водосборов рек Донская Царица, а также реки Большая Тингута, находящиеся в пределах Ергенинской возвышенности. Данные водосборы, находящиеся смежно, разделяются дорогой и относятся к разным крупным водосборам. Донская Царица относится к Донскому водосбору, а Большая Тингута – к водосбору Сарпинских озер. Ергенинская возвышенность – своеобразное геоморфологическое образование на юге России. Она является непосредственным морфологическим продолжением Приволжской возвышенности. Ергенинская возвышенность ассиметрична и вытянута в меридиональном направлении. Наиболее узкая часть ее расположена на севере в месте наибольшего сближения Волги и Дона (около 90 км) [5].

Целью данного исследования являлся пространственный анализ защитных лесных насаждений бассейна рек Донская Царица и Большая Тингута. Были поставлены следующие задачи:

- картографирование защитных лесных насаждений северной части Ергенинской возвышенности бассейна рек Большая Тингута и Донская Царица,
- морфометрический анализ исследуемой территории.

Материалы и методы. В качестве основных данных дистанционного зондирования Земли использовались данные сверхвысокого и высокого пространственного разрешения. Для картографирования проектных площадей ЗЛН использовались данные сверхвысокого разрешения, находящиеся в открытом доступе. Благодаря точности таких данных и хорошей цветовой коррекции, на таких снимках видны в том числе и выпавшие части ЗЛН [9]. В качестве данных для определения

фактического состояния ЗЛН были выбраны данные высокого пространственного разрешения со спутника Sentinel-2, сканер MSI, разрешение в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне спектра – 10 м. Из-за особенностей составления мозаики Sentinel-2 и поставки их геологической службой США [12] на территорию Ергенинской возвышенности составить безоблачный композит достаточно проблематично. Восточная часть водосбора р. Донская Царица на безоблачных снимках постоянно остается недоступной. По состоянию на 2022 год ближайшими данными для составления безоблачного композита являются снимки от 25.05.2019 г, кодировка в системе Sentinel-2: T38ULU и T38UMU.

В качестве исходных данных для моделирования рельефа являются материалы радиолокационной топографической миссии шаттла (SRTM) разрешением одна секунда. Данные SRTM ArcSecond являются цифровой моделью местности, а территорию исследования составляют две плитки мозаики: N048E043 и N048E044.

В качестве основного геоинформационного обеспечения использовалась бесплатная ГИС QGIS версии 3. Из-за особенностей алгоритмов, при обработке векторных данных, в некоторых случаях следует использовать QGIS версии 2.

Результаты и обсуждения. На этапе моделирования района исследования использовались стандартные инструменты построения водосборных областей. В основе всех данных о рельефе лежит цифровая модель местности SRTM ArcSecond разрешением 30 метров. Эти данные были склеены с помощью геоинформационных инструментов, а также обработаны посредством использования специальных фильтров для цифровых моделей рельефа и местности. На основе обработанных данных составлена карта рельефа территории исследования (рисунок 1).

Площадь территории исследования по результатам моделирования составила 2100 км². Наименьшая высота над уровнем моря в пределах водосбора составляет 1 м, а наибольшая – 181 м. Перепад высот составляет 180 м. Подавляющими высотами в пределах водосбора являются диапазоны от 80 до 100 м (20,9% территории) и от 100 до 120 м (21% территории). В геоинформационной среде карта оформлялась в виде псевдо-цветного одноканального изображения цифровой модели местности с дискретной классификацией высот через 20 м. Цветовая схема – общепринятая для карт рельефа: от зеленого к красному. Дополнительно были созданы изолинии и подписи к ним.

Моделирование слоя крутизны склонов производилось на основе ранее созданного слоя SRTM ArcSecond с помощью алгоритмов морфометрического анализа в ГИС.

С помощью инструментов морфометрического анализа был сформирован слой экспозиции склонов. Знание информации о экспозиции склонов очень важно при оценке территории исследова-

ния, так как это имеет большое значение при организации хозяйственной деятельности человека. Слой создан на основе 8 румбовой системы, дубли-

рование значений северной экспозиции удалось избежать путем кодирования двойного диапазона оформления данных раstra.

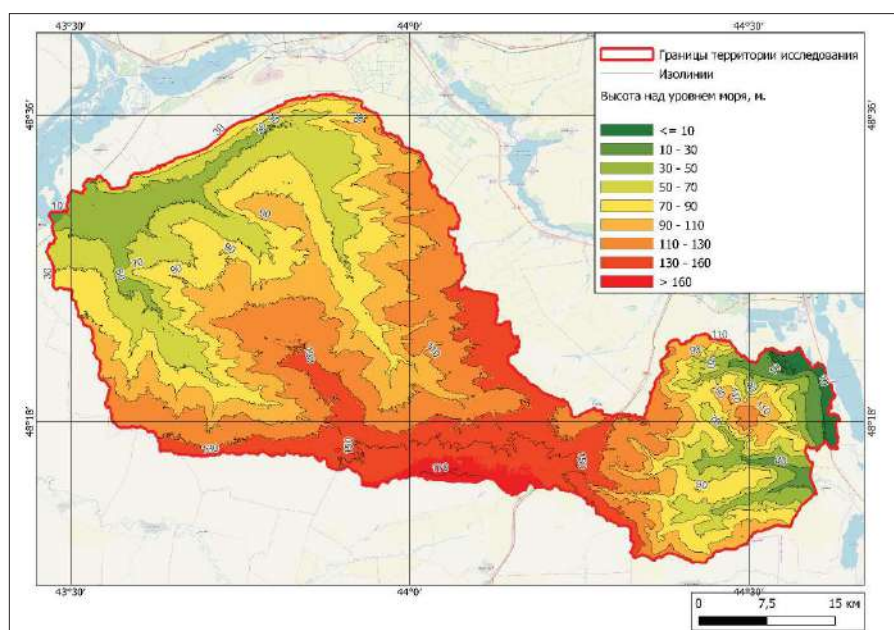


Рисунок 1. Карта рельефа Ергенинской возвышенности, 2022 год

Важным этапом при моделировании морфометрических показателей является перепроецирование данных из географической системы координат в метрическую. В данном проекте использовалась проекция WGS 84 UTM Zone 38N. Установлено, что наибольшую площадь занимают склоны южной экспозиции – 36%, это немногим больше, чем западной – 30%. Площади с северной экспозицией занимают 16% территории, а с восточной – 18%. Стандартное отображение экспозиции склона основано на оформлении пикселей. Множество элементов микрорельефа дает некорректные значения по многим пикселям-одиночкам (так назы-

ваемые бессточные области). Поэтому для более точного анализа ЗЛН была создана карта преимущественной экспозиции склонов (рисунок 2). Инструментально такая карта создавалась на основе сетки, каждая ячейка которой имела площадь в 1 км². В пределах каждой ячейки считалась площадь той или иной экспозиции путем перевода в векторную графику изображения с экспозицией склона. Далее, с помощью калькулятора полей выяснялось наиболее крупное значение площади во всех промежутках экспозиции в пределах каждой ячейки: задавалось условие (IF) или алгоритм (CASE).

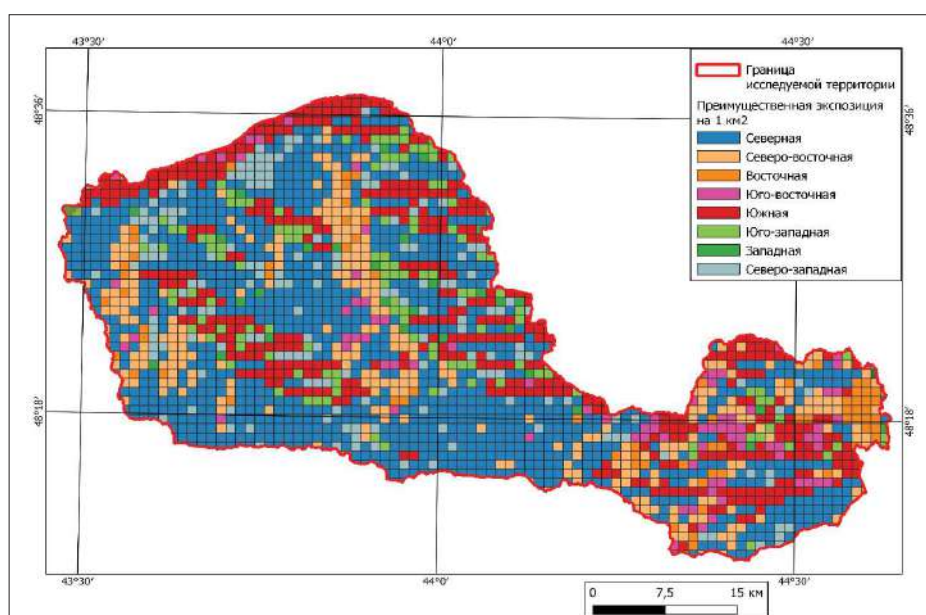


Рисунок 2. Регулярно-ячейчатая модель преимущественной экспозиции склона на 1 км², Ергенинская возвышенность, 2022 год

На основе данных сверхвысокого пространственного разрешения произведено картографирование проектных площадей защитных лесных насаждений на территории исследования. Всего выделено 1011 лесных полос общей проектной

площадью 3700 га. Используя инструментарий зональной статистики, на основе растровых поверхностей с крутизной склона и экспозицией произведен геоинформационный анализ ЗЛН на территории исследования (рисунок 3).

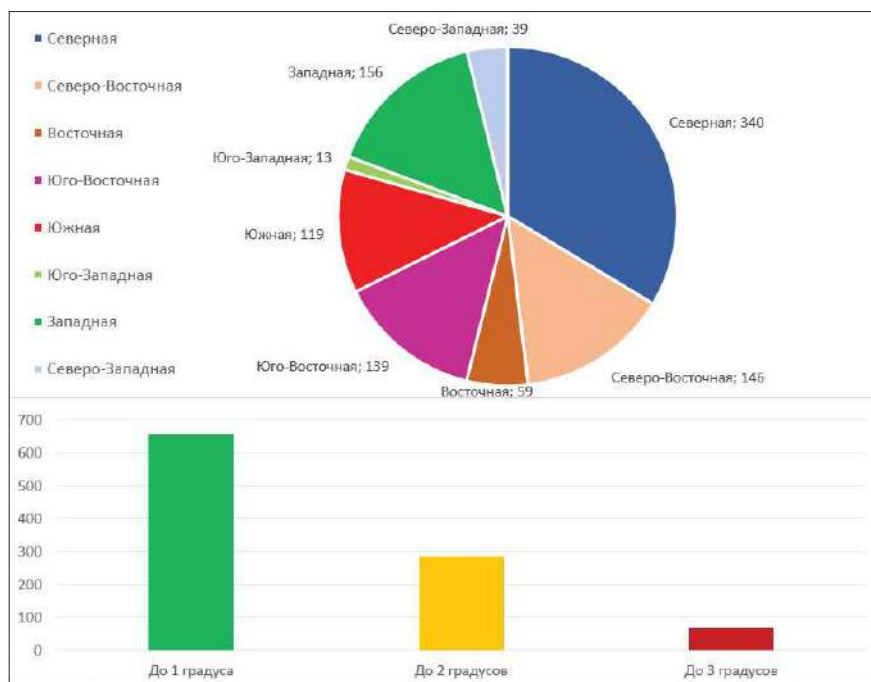


Рисунок 3. Диаграммы распределения крутизны и экспозиции ЗЛН

На территории исследования 33,6% ЗЛН располагаются вблизи сельхозугодий северной экспозиции, 15,4% – западной, 14,4% – восточной. По крутизне ЗЛН располагаются рационально, 65% насаждений расположены вдоль полей, имеющих угол наклона склона менее 1°, т.е. ЗЛН имеют противодефляционные свойства, направленные против ветровой эрозии почвенной поверхности полей. 35% ЗЛН имеют противозрозионные свой-

ства, направленные на борьбу с водной эрозией.

Используя данные высокого пространственного разрешения, на основе вегетационного индекса NDVI [10] выделены лесные насаждения в пределах проектных границ ЗЛН. С помощью элементов геостатистики вычислено отношение фактических площадей к проектным, так называемая сохранность лесных полос (рисунок 4).

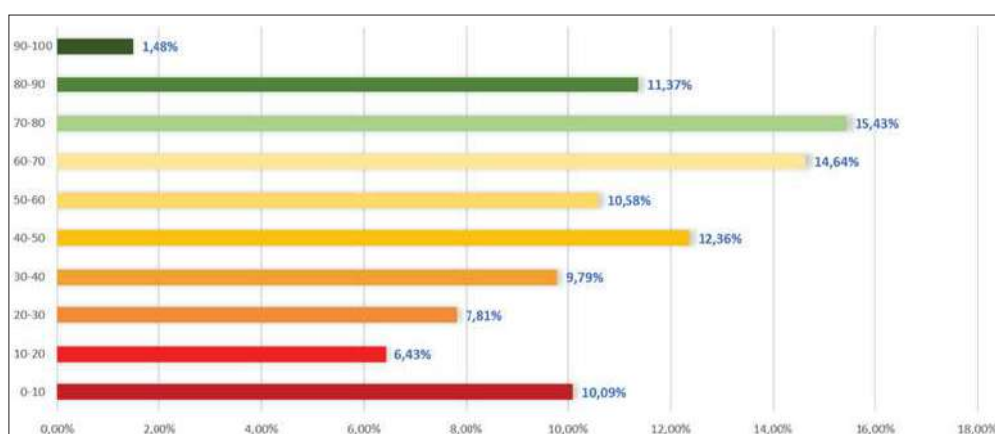


Рисунок 4 – Гистограмма сохранности ЗЛН на территории исследования

Таким образом, на территории исследования 28,3% ЗЛН имеют сохранность более 70%. Сохранность в пределах от 30% до 70% имеют 47,3% ЗЛН. Менее 30% сохранности имеют 24% ЗЛН. Наиболее сохранившиеся ЗЛН соотносятся к левобережью р. Донская Царица, а также расположены ближе к водоразделу. Наименее сохранившиеся ЗЛН относятся к бассейну р.

Большая Тингута (рисунок 5). Это связано с особенностями рельефа и почвенного покрова на данной территории. Большинство из выпавших ЗЛН находятся на склонах крутизной более 1° и имели противозрозионное назначение, но несвоевременный мониторинг и отсутствие ухода за защитными лесными насаждениями привели к их полному исчезновению.

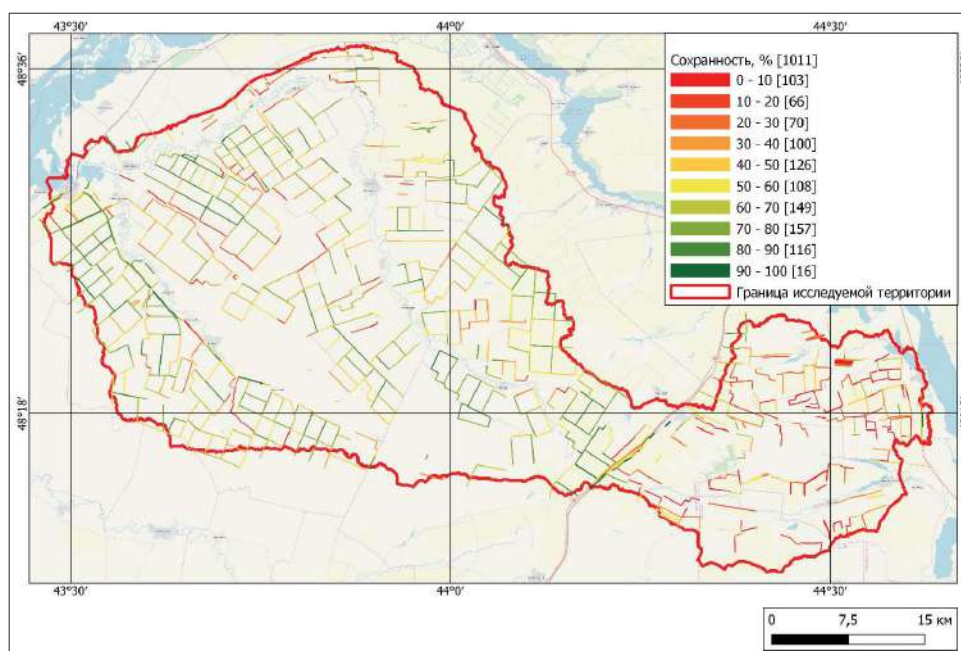


Рисунок 5 – Карта сохранности ЗЛН на территории исследования

Выводы. По результатам данного исследования было определено 1011 лесных полос общей проектной площадью 3700 га. Установлено, что больше половины ЗЛН расположены вдоль полей, имеющих угол наклона склона менее 1°. Защитные лесные полосы с наименьшей сохранностью (от 0 до 30%) выявлены в пределах водосбора реки Большая Тингута и составляют 24% всей площади или 888 га. Для предотвращения процесса разрушения ЗЛН и улучшения экологического состояния территории необходима лесная мелиорация с посадкой защитных лесных насаждений, адаптированных для данного региона.

Литература:

1. Васильченко А.А., Грицюк А.А. Оценка лесистости Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области // Грани познания. 2020. №2 (67). С. 9-12.
2. Волосюк А.И., Топаз А.А. Обработка данных ДЗЗ в программном пакете SNAP ESA / ГИС-технологии в науках о Земле: материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых. 2018. С. 160-162.
3. Выприцкий А.А. Электронное картографирование государственных защитных лесных полос в Волгоградской области // Грани познания. 2021. №3 (74). С. 9-14.
4. Занозин В.В., Бармин А.Н., Валов М.В. Применение ГИС и данных ДЗЗ для оценки антропогенного преобразования территории // Вестник СВФУ. 2020. №1 (17). С. 27-37.
5. Карандеева Мария Виссарионовна. Геоморфология

Европейской части СССР. - Москва: МГУ, 1957. 314 с.

6. Кулик К.Н., Степанов А.М. Полезащитные лесонасаждения и их роль в повышении продуктивности агроландшафтов // Вестник РАСХН. 2008. № 1. С. 21-23.
7. Матюк И. С. Устойчивость лесонасаждений / И. С. Матюк. М.: Изд-во «Лесная промышленность», 1983. 136с.
8. Сучков Д.К. Инвентаризация полезащитной лесной полосы х. Троицкий Михайловского района Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2019. №2 (105). С. 24-26.
9. Тимерьянов А.Ш., Хайретдинов А.Ф., Гафиятов Р.Х. Воспроизводство защитных лесных насаждений // Лесное хозяйство. 2011. № 3. С. 28-29.
10. Шинкаренко С.С. Анализ динамики пастбищных ландшафтов в аридных условиях на основе нормализованного вегетационного индекса (NDVI) // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. №1. С. 110-114.
11. Юферев В.Г., Кулик К.Н., Рулев А.С., Мушаева К.Б., Кошелев А.В., Дорохина З.П., Березовикова О.Ю. 2010. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации. Волгоград: ВНИАЛМИ. 102 с.
12. EarthExplorer: [сайт]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 15.05.2022).
13. Pouliot, D.A. Development and evaluation of an automated tree detection-delineation algorithm for monitoring and regenerating coniferous forests. *Canadian Journal of Forest Research*. 2005. №35(10). p. 2332-2345.

DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.006.43-48

Spatial Analysis of Protective Forest Plantations in the Northern Part of the Ergeninskaya Upland

^{1,2}Alina V. Melikhova , laboratory researcher, student, e-mail: melihova-a@vfanc.ru –

¹Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of Agroecology RAS), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt, 97, Volgograd, Russia. ²Volgograd State University, e-mail: info@volsu.ru, 4000620, Universitetskiy Prospekt, 100, Volgograd, Russia

The study is related to the problem of desertification in the southern regions of Russia with an arid type of climate, where constant monitoring of the state of protective forest strips that prevent the degradation of agricultural landscapes is relevant. The article is devoted to the spatial analysis of protective forest stands on the territory of the Donskaya Tsaritsa River, as well as the Bolshaya Tinguta River catchments, located within the Ergeninskaya upland, according to remote sensing of the Earth. With the help of QGIS software, a geoinformation analysis of the steepness and exposure of the slopes on the studied territory was carried out. Morphometric analysis of the territory according to the SRTM digital relief model showed that 35% of protective forest stands are located on slopes with a steepness of more than 1°, therefore they have anti-erosion properties, another 65% are anti-deflationary on flat slopes. In total, 1011 forest strips with a total area of 3,700 hectares were allocated in the research area based on expert interpretation of high spatial resolution satellite images and processing of data from the vegetation index NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). It has been established that almost half of all protective forest plantations (PFP) have an integrity of less than 50%. The data obtained on the integrity and spatial placement of existing protective forest belts will allow us to develop measures for the care, reconstruction and creation of new forest plantations. The approach used to spatial analysis of agricultural landscapes based on geoinformation technologies and remote sensing data is quite universal and can be applied to any territory.

Received: 11.08.2022

Accepted: 14.09.2022

References:

1. Vasil'chenko A.A., Gritsyuk A.A. *Otsenka lesistosti Volgo-Akhtubinskoj pojmy na territorii Volgogradskoj oblasti* [The forest cover of the Volga-Akhtuba floodplain assessment on the territory of the Volgograd region]. *Grani poznaniya* [Facets of Cognition]. 2020. 2(67). pp. 9-12.
2. Volosyuk A.I., Topaz A.A. *Obrabotka dannyh DZZ v programnom pakete SNAP ESA* [Remote sensing data processing in the SNAP ESA software package]. *GIS-tekhnologii v naukah o Zemle* [GIS technologies in Earth sciences]: materials of the Rep. scientific-practical. seminars

for students and young scientists. 2018. pp. 160-162.

3. Vyprickij A.A. *Elektronnoe kartografirovaniye gosudarstvennyh zashchitnyh lesnyh polos v Volgogradskoj oblasti* [Electronic mapping of state protective forest strips in the Volgograd region]. *Grani poznaniya* [Facets of Cognition]. 2021. 3(74). pp. 9-14.
4. Zanozin V.V., Barmin A.N., Valov M.V. *Primeneniye GIS i dannyh DZZ dlya ocenki antropogennogo preobrazovaniya territorii* [Application of GIS and remote sensing data to assess the anthropogenic transformation of the territory]. *Vestnik SVFU* [Bulletin of North-Eastern Federal University]. 2020. 1(17). pp. 27-37.
5. Karandeeva M.V. *Geomorfologiya Evropejskoj chasti SSSR* [Geomorphology of the European part of the USSR]. Moscow. MSU Publ. house. 1957. 314 p.
6. Kulik K.N., Stepanov A.M. *Polezashchitnye lesonasazhdeniya i ih rol' v povyshenii produktivnosti agrolandshaftov* [Protective forest plantations and their role in increasing the productivity of agricultural landscapes]. *Vestnik RASKHN* [Bulletin of the RAAS]. 2008. 1. pp. 21-23.
7. Matyuk I.S. *Ustojchivost' lesonasazhdenij* [Sustainability of planted forests]. Moscow. «Lesnaya promyshlennost'» Publ. house. 1983. 136 p.
8. Suchkov D.K. *Inventarizatsiya polezashchitnoj lesnoj polosy h. Troickij Mihajlovskogo rajona Volgogradskoj oblasti* [Inventory of the protective forest strip in the Troitskiy village of the Mikhailovsky district of the Volgograd region]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal* [Scientific Agronomy Journal]. 2019. 2(105). pp. 24-26.
9. Timer'yanov A.SH., Hajretidinov A.F., Gafiyatov R.H. *Vosproizvodstvo zashchitnyh lesnyh nasazhdenij* [Reproduction of protective forest stands]. *Lesnoe hozyajstvo* [Forest management]. 2011. 3. pp. 28-29.
10. Shinkarenko S.S. *Analiz dinamiki pastbishchnyh landshaftov v aridnyh usloviyah na osnove normalizovannogo vegetacionnogo indeksa (NDVI)* [Analysis of the pasture landscapes dynamics in arid conditions based on the normalized difference vegetation index (NDVI)]. *Izvestiya Nizhevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower-Volga Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education]. 2015. 1. pp. 110-114.
11. Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S., Mushaeva K.B., Koshelev A.V., Dorohina Z.P., Berezovikova O.Y. *Geoinformacionnye tekhnologii v agrolesomelioratsii* [Geoinformation technologies in agroforestry]. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2010. 102 p.
12. Earth Explorer. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (access date: 15.05.2022).
13. Pouliot D.A. Development and evaluation of an automated tree detection-delineation algorithm for monitoring and regenerating coniferous forests. *Canadian Journal of Forest Research*. 2005. 35(10). pp. 2332-2345.

Цитирование. 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

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.

Citation. Melikhova A.V. Spatial Analysis of Protective Forest Plantations in the Northern Part of the Ergeninskaya Upland. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 43-48. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.006.43-48

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or 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.

Связь сезонной динамики озимой пшеницы и рельефа в подзоне южных черноземов Волгоградской области

Асель Нурлановна Берденгалиева ¹, м.н.с., e-mail: berdengalieva-an@vfanc.ru,
ORCID: 0000-0002-5252-7133,

Руслан Нурланович Берденгалиев^{1,2}, ORCID: 0000-0002-4664-1984, лаборант-исследователь, лаборатория геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов –
¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «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

²Волгоградский государственный университет, 400062, пр. Университетский, 100, г. Волгоград, Россия

В статье рассматриваются результаты картографирования пахотных земель по данным дистанционного зондирования на территории Еланского района. Целью настоящей работы являлось определение закономерностей связи показателей NDVI (Normalized difference vegetation index) с морфометрическими условиями территории. Сезонная динамика NDVI широко используется для картографирования сельскохозяйственных угодий, определения культур на полях. Однако влияние рельефа на NDVI изучалось только на примере отдельных хозяйств относительно небольшой площади. В результате работы определены актуальные границы пахотных земель на территории Еланского района. Выделено более 1300 сельскохозяйственных полей, что составляет 73% от общей площади района. На основе полученной маски полей выполнен морфометрический анализ размещения сельскохозяйственных угодий. Определена преобладающая экспозиция и преобладающая крутизна склонов для каждого поля. Пахотные земли располагаются на склонах с крутизной от 1° до 3°. Около 90% пахотных земель района расположены на склонах с крутизной до 1°. На основе данных дистанционного зондирования Земли, полученных с использованием уникальной научной установки «ЦКП «ИКИ-Мониторинг», идентифицированы поля, занятые озимыми культурами с точностью 97%. По данным MODIS определена сезонная динамика вегетационного индекса NDVI озимой пшеницы. Максимальные значения вегетационного индекса озимых отмечены на склонах юго-восточной экспозиции в начале вегетации, минимальные – на склонах северо-восточной и северной экспозиции. Определение границ пашен на основе экспертного дешифрирования показало высокую точность, по сравнению с государственной статистикой ошибка составила 2%. Предложенный подход идентификации озимых культур и влияния рельефа на динамику NDVI может быть использован и на других территориях.

Ключевые слова: агроландшафт, мониторинг, пахотные земли, Normalized difference vegetation index, дистанционное зондирование.

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».

Поступила в редакцию: 05.08.2022

Принята к печати: 23.09.2022

Геоинформационные технологии широко применяются в сельском хозяйстве [5, 12, 14, 16, 18]. Электронные карты пространственного размещения угодий, культур являются основой для планирования севооборотов и агротехнических мероприятий. По этой причине крайне важно, чтобы карты посевных площадей обладали достаточной точностью. Спутниковые данные высокого и сверхвысокого пространственного разрешения позволяют выделять границы отдельных полей с необходимой точностью. Электронные карты полей являются основой геоинформационных систем поддержки принятия решений в точном земледелии. Внутри границ полей становится возможным анализ неоднородностей состояния посевов и почвенного покрова, выявление ареалов деградации почв, определение особенностей мезо- и

микрорельефа, а также других задач сбора информации и мониторинга. Многочисленные исследования динамики состояния посевов посвящены изучению отдельных культур, агротехники, почвенного покрова, мелиоративному влиянию лесных насаждений, но как правило, в отрыве от морфометрических условий агроландшафтов. Только отдельные исследования на примере небольших тестовых полигонов демонстрируют влияние крутизны и экспозиции склонов на состояние посевных площадей [13].

Цель работы заключалась в выявлении актуальной структуры сельскохозяйственных земель, определении посевных площадей озимой пшеницы по данным дистанционного зондирования и анализе закономерностей сезонной динамики показателей вегетационного индекса (Normalized

difference vegetation index – NDVI) с учетом морфометрических условий территории. Для изучения показателей NDVI при отсутствии сведений о датах сева обычно используют озимые культуры, так как их динамика зависит не только от сроков сева, но и от условий зимовки и прогрева поверхности весной [11, 13]. При наличии данных о датах сева возможно проведение подобных исследований и для яровых культур.

Объектом исследования выбраны пахотные земли в пределах Еланского района. Использование не физико-географических, а административных границ обусловлено возможностью сравнения полученных данных по величинам посевных площадей с государственной статистикой.

Еланский район расположен на севере Волгоградской области и обладает площадью 267, 2 тыс га (рис.1). Граничит с Даниловским, Михайловскими и Киквидзенским районами Волгоградской области и на севере с Саратовской областью. Район исследования находится в зоне лесостепи с разрезающими территорию балками, в зоне юж-

ных черноземов [2]. Основной сферой деятельности региона является растениеводство, поэтому большая часть территории распаханна. На данный момент нет доступных четких границ обрабатываемых земель для всей территории исследования, а существующие карты земного покрова обладают недостаточной точностью и не разделяют пашни на отдельные поля.

Материалы и методика исследований. Для определения актуальных границ пахотных земель использовались доступные космические снимки высокого разрешения Sentinel-2 за 2021 год, полученные с помощью сервиса Vega-Science [15]. Мозаика снимков Sentinel из двух сцен (T38UMB и T38ULB) за 25 августа 2021 года представлена на рисунке 1. Границы пахотных земель определены методом визуального дешифрирования в комбинации видимых каналов. Этот метод достаточно трудоемкий, но обеспечивает наибольшую точность при выделении границ полей по сравнению с автоматизированными алгоритмами.

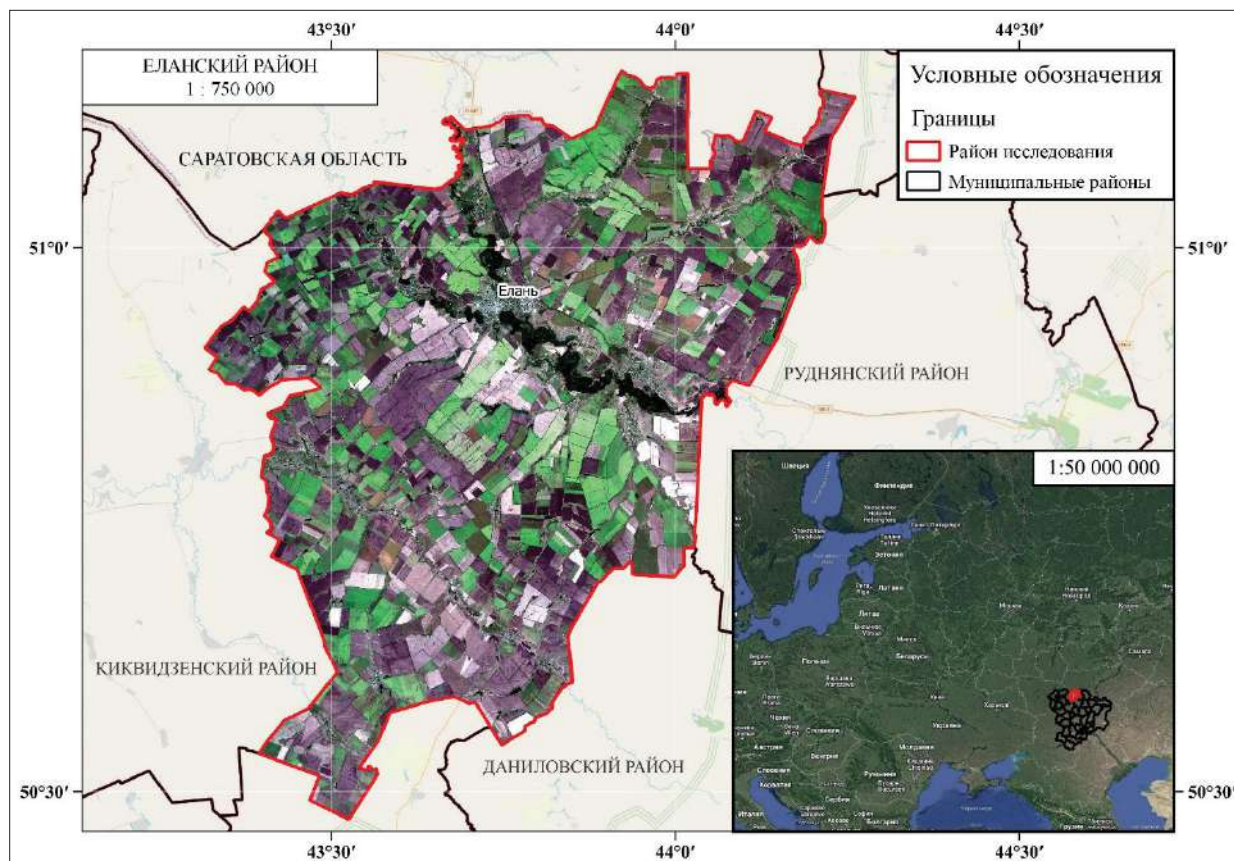


Рисунок 1 – Расположение объекта исследования, (дата снимка 25.08.2021)

Для анализа рельефа использована цифровая модель местности SRTM разрешения 30 метров, загруженная с помощью сервиса USGS EarthExplorer [17]. После скачивания растры SRTM были объединены (так как на территорию исследования попадает 4 сцены) и обрезаны маской границ района. Для вычисления морфометрических характеристик (экспозиция и крутизна склонов) выбрана

проекция UTM 38N. Для снижения влияния микро-рельефа и лесных насаждений при определении преобладающих экспозиций и крутизны склонов результирующий растр SRTM предварительно был подвергнут процедуре фильтрации. В результате земная поверхность была сглажена, что позволило получить менее шумные растры экспозиций и крутизны. Такой подход используется в ряде

исследований при изучении морфометрических параметров агроландшафтов [13]. Для каждого поля определялась преобладающая экспозиция и крутизна: с помощью инструментов зональной статистики растрового слоя определялось значение, соответствующее наибольшему количеству пикселей растра экспозиции и крутизны в границах поля. Эта величина и принималась за преобладающую экспозицию и крутизну.

Для определения местоположения озимых культур были использованы данные покрытия озимых, полученные с помощью сервиса «Vegetation Science» [15]. Были сформированы в веб-интерфейсе и выгружены маски озимых культур сезонов с 2002-2003 по 2020-2021 гг. в растровом

формате с координатной привязкой (рис.2). Метод детектирования озимых основан на анализе сезонной динамики NDVI, LAI и других вегетационных индексов с устраненным влиянием облачности и предполагает оперативное обнаружение и уточнение карт посевов озимых, яровых культур, а также чистого пара [9]. Эти данные широко применяются при анализе состояния посевов озимых культур в России [4, 6]. Поле считалось занятым озимыми культурами, если по указанным выше данным доля пикселей озимых составляла более 1/3 в его границах. Анализировались поля площадью более 20 га, т.к. на меньших велико влияние граничных пикселей [11].



Рисунок 2 – Загрузка маски озимых Еланского района на 2020-2021 гг. из сервиса «Vegetation Science»

Также с помощью сервиса «Vegetation Science» загружены недельные композиты NDVI по данным MODIS пространственного разрешения 250 м за 2021 г. Используемые недельные композиты NDVI лишены влияния облачности, поэтому имеют непрерывный охват на всю территорию исследований [9]. Геоинформационное картографирование проводилось в программе QGIS. Все статистические операции и построение графиков выполнялись в MS Excel.

Результаты и обсуждение. В результате работы в Еланском районе картографировано 1385 полей, площадь которых составляет 195,7 тыс. га или 73,4% от общей площади района (рис.3). По данным Атласа почв в 2005 году площадь пашен составляла 199,8 тыс. га [7], что на 2% больше, чем получено по результатам экспертного дешифрирования. Различие может быть вызвано тем, что анализировались спутниковые данные на 2021 г., а указанная статистика приводится на 2005 г., соот-

ветственно, структура посевных площадей могла измениться за данный период. Согласно официальному сайту Администрации Еланского района, площадь пашни составляет 195 тыс. га [8], что соответствует полученным данным.

Таким образом, можно констатировать, что границы полей с помощью визуального дешифрирования выделены с достаточной точностью для дальнейшего анализа [3]. По данным спутниковой съемки в 2021 году идентифицировано 234,3 га залежей, по другим источникам в районе залежей нет [7]. Более актуальной, чем [7, 8] официальной информации о структуре земель Волгоградской области в открытом доступе нет, поэтому нет возможности провести сравнение с более современными данными.

Таким образом, оперативный анализ данных дистанционного зондирования Земли позволяет независимо и объективно актуализировать состояние землепользования в регионе [5].

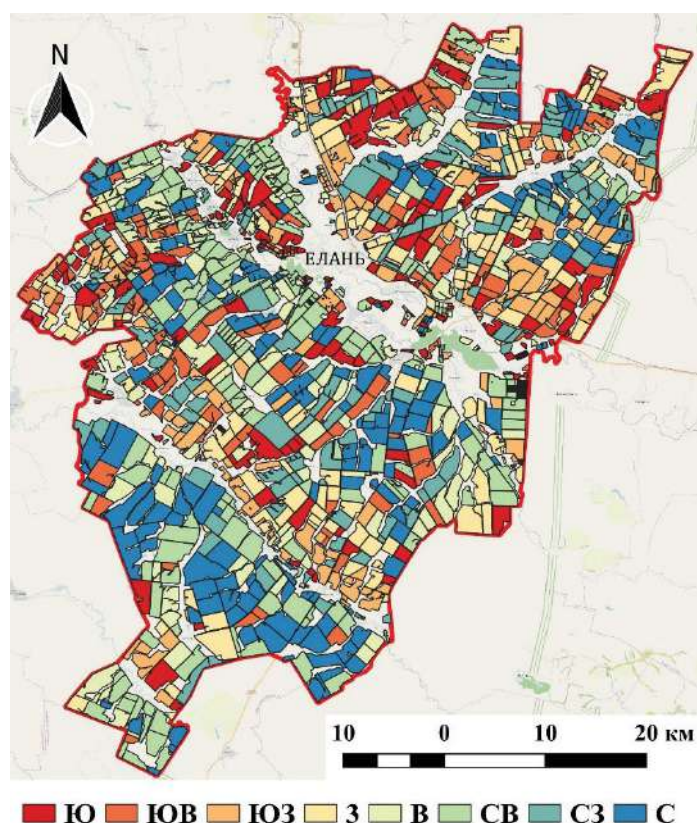


Рисунок 3 – Распределение пашни Еланского района по склонам различной экспозиции

В 2021 году в Еланском районе было засеяно 140,2 тыс. га, в том числе технических культур 78,9 тыс. га и 59,8 тыс. га зерновых и зернобобовых [1]. Всего в Еланском районе за 2021 год по данным дистанционного зондирования Земли с использованием сервиса «Veга-Science» идентифицировано 208 полей с озимыми культурами общей площадью 32,8 тыс. га. По данным Росстата, площадь озимой пшеницы за 2021 год составляла 30,9 тыс. га, пшеница – единственная озимая культура в районе после 2014 года [1]. Это позволяет констатировать, что использованные карты озимых культур имеют достаточно высокую точность (ошибка 6%).

В результате морфометрического анализа территории установлено, что рельеф относительно

ровный, крутизна склонов составляет от 1° до 3°. В таблице 1 представлен результат морфометрического анализа. Большая часть озимых полей расположена на склонах северо-восточной экспозиции, что составляет 20% от общего количества озимых. Количество полей северной и южной экспозиций имеют составляет по 14% от общего числа, меньше всего полей озимых на склонах юго-восточной, восточной и юго-западной экспозиции. Основная доля полей (92%) располагается на склонах с крутизной до 1°, а на склонах с крутизной более 2° всего одно поле с озимыми культурами. По этой причине в данной работе анализируется только влияние экспозиции склонов на сезонную динамику NDVI, т.к. выборка полей на склонах разной крутизны недостаточна.

Таблица 1 – Распределение количества полей озимой пшеницы Еланского района по преобладающей экспозиции и крутизне склонов

Крутизна, °	Экспозиция, румб								Всего
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	
1°	29	42	18	14	29	15	27	19	193
2°	1	1	1	1	2	3	2	3	14
3°	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Всего	30	43	19	15	31	19	29	22	208

В результате обработки электронных карт озимых культур, полученных с помощью сервиса «Вега», была оценена динамика площадей посевов

озимых за 2003-2021 гг. Из-за недостатка данных карты озимых в период 2011-2013 и 2015-2017 гг. отсутствуют. Данные государственной стати-

стики озимых культур в разрезе муниципальных районов доступны только с 2007 года. Среднеголетняя ошибка определения площади озимых составила 3%, что является очень высокой точностью. Тем не менее, в отдельные годы данные ДЗЗ характеризовались отклонением до 25%, что может быть связано с аномалиями в развитии озимых культур, вызванных экстремальными ги-

дротермическими условиями. Например, в анализируемый в данной работе сезон 2020-2021 гг. характеризуется засухой, вызвавшей отставание в развитии всходов озимых по всему югу европейской России. В зимний же период отмечалось превышение многолетней нормы осадков, что способствовало стабилизации состояния посевов весной [10].

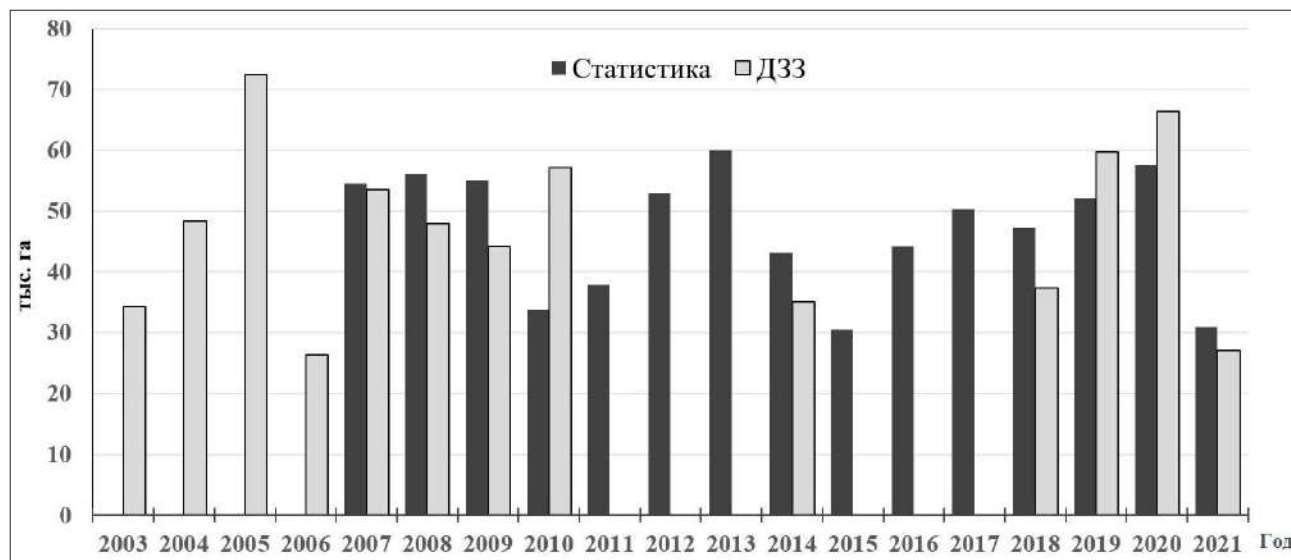


Рисунок 4 – Динамика площадей посевов озимых культур в Еланском районе по данным ДЗЗ и официальной статистики в 2003-2021 гг.

На рисунке 5 представлена сезонная динамика NDVI озимых для территории Еланского района за 2021 г. Посевы озимой пшеницы на склонах юго-восточной экспозиции в начале вегетации имеют максимальные значения NDVI, превышающие средние на 10-12%. Также существенно выше NDVI у посевов на склонах южной, западной и восточной экспозиции. Наиболее сильно отстают в развитии ранней весной посевы на склонах северо-восточной и северной экспозиции.

По данным Шинкаренко и др. [13] превышение NDVI озимой пшеницы на полях южной экспозиции Даниловского района Волгоградской области может достигать 20% от среднего значения. При этом для юго-восточной экспозиции отмечены, наоборот, более низкие (до 25%) значения вегетационного индекса. В указанной работе проанализировано всего шесть полей озимой пшеницы юго-восточной экспозиции, что не является достаточной величиной для получения достоверных выводов для нескольких районов. Возможно, что полученная разница объясняется недостаточной исходной выборкой, использованной в работе [13]. И в Еланском и в Даниловском районах характерны более низкие (до 15%) значения NDVI на полях северо-восточной экспозиции. Эта особенность должна учитываться при анализе сезонных рядов NDVI, в том числе при детектировании озимых культур и оценке их состояния. Имеющиеся исследования состояния озимых в России никак не учитывают морфометрические характеристики рельефа [4], что может приводить к некорректным

оценкам и ошибкам детектирования посевов по данным дистанционного зондирования Земли.

К середине мая значения NDVI на разных склонах выравниваются, разница не превышает 5%. Отрезок со второй половины мая до конца июня считается периодом наибольшей однородности состояния посевов как среди отдельных полей, так и внутри каждого поля [11]. Экспозиция склонов влияет на распределение приходящей солнечной энергии, более «теплые» склоны, прилегающей к южному румбу экспозиции в весенний период опережают в развитии посевы на склонах, обращенных на север. Тем не менее к середине мая ситуация выравнивается, и морфометрические характеристики уже не играют значительной роли. В июле различия в сезонном ходе NDVI обусловлены уборкой урожая и последующими агротехническими мероприятиями на убранных полях, поэтому экспозиция склонов уже не влияет на динамику NDVI.

Заключение. В результате проведенной работы получена маска векторных границ пахотных земель на территорию Еланского района. Сравнение с другими доступными данными показало, что полученная маска полей обладает достаточной точностью. Использование электронных карт покрытия озимыми культурами в сочетании с картой границ полей позволило получить пространственное распределение озимых и сопоставить их с морфометрическими характеристиками склонов. Среднеголетняя точность использованных карт посевов озимых культур составила 97%.

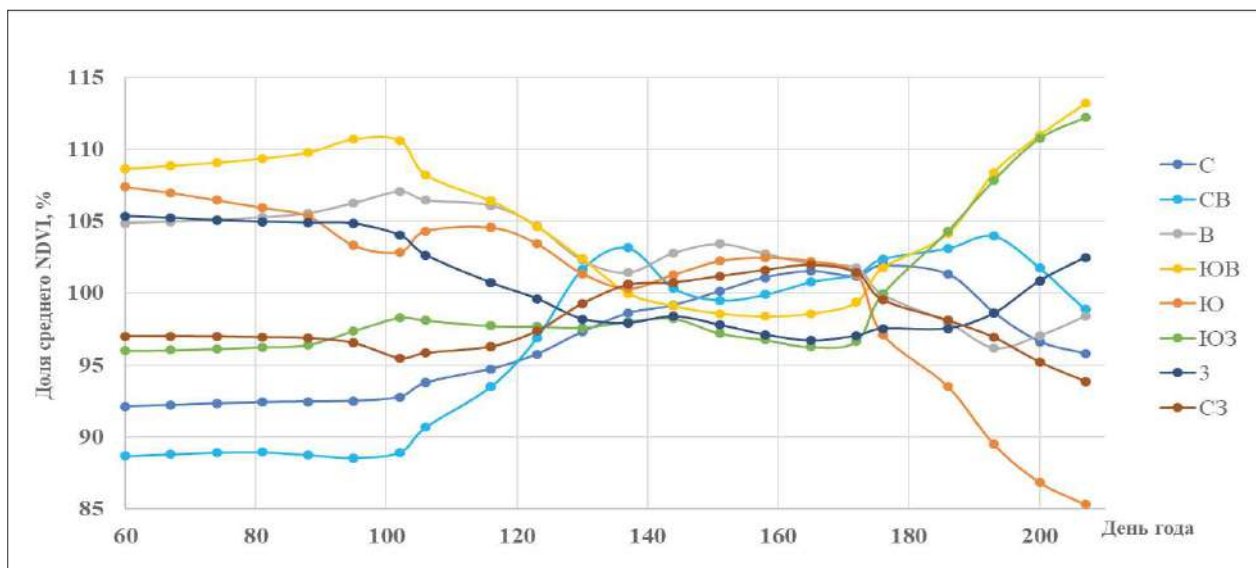


Рисунок 5 – Распределение сезонной динамики NDVI озимой пшеницы Еланского района в 2021 г.

Установлено, что на склонах южной экспозиции и прилегающих румбах в ранневесенний период значения NDVI озимой пшеницы выше на 10-12% по сравнению со средним по району значением. Это вызвано более ранним прогревом склонов и соответствующим ранним сходом снега. Эта особенность должна учитываться при организации агротехнических мероприятий, а также при анализе сезонных рядов вегетационного индекса.

В дальнейшем данную методику необходимо апробировать на других районах и регионах, а также для других сельскохозяйственных культур. Это позволит проанализировать влияние морфометрических характеристик рельефа на состояние посевов на разных по плодородию и противозерозионной устойчивости почвах. Также это позволит расширить разнообразие условий по крутизне склонов, т.к. на территории исследований эта величина не превышала 3°.

Литература:

1. База данных показателей муниципальных образований // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi> (дата обращения 10.06.2022).
2. Барабанов А. Т., Кулик А. В. Теоретическое обоснование агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства сельскохозяйственных земель (на примере ООО «Большой Морец» Еланского района Волгоградской области) // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4(60). С. 47-59. DOI 10.32786/2071-9485-2020-04-04.
3. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б. В. Виноградов. М.: Наука, 1984. 320 с.
4. Денисов П. В., Середа И. И., Трошко К. А., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Толпин В.А. Возможности и опыт оперативного дистанционного мониторинга состояния озимых культур на территории России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 2. С. 171-185. DOI 10.21046/2070-7401-2021-18-2-171-185.

5. Денисова Е. В., Силова В. А. Геоинформационное обеспечение проведения мониторинга земель сельскохозяйственного назначения в системе управления земельными ресурсами (на примере Волгоградской области) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. Т. 27. № 4. С. 57-65. DOI 10.35595/2414-9179-2021-4-27-57-65.

6. Лупян Е.А., Середа И.И., Денисов П.В., Трошко К.А., Плотников Д.Е., Толпин В.А. Дистанционный мониторинг состояния озимых культур зимой 2020-2021 гг. на Европейской территории России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 1. С. 165-172. DOI 10.21046/2070-7401-2021-18-1-165-172.

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

8. Общие сведения // Администрация Еланского муниципального района Волгоградской области. URL: <http://adm-elanrn.ru/obschie-svedeniya.html> (дата обращения 20.07.2022).

9. Плотников Д.Е., Ёлкина Е.С., Дунаева Е.А., Хвостиков С.А., Лупян Е.А., Барталев С.А. Развитие метода автоматического распознавания озимых культур на основе спутниковых данных для оценки их состояния на территории Республики Крым // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 1(21). С. 64-82. DOI 10.33952/2542-0720-2020-1-21-64-83.

10. Середа И.И., Денисов П.В., Трошко К.А., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Толпин В.А. Уникальные условия развития озимых культур, наблюдаемые по данным спутникового мониторинга на европейской территории России в октябре 2020 г // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 304-310. DOI 10.21046/2070-7401-2020-17-5-304-310

11. Терехин Э.А., Маринина О.А. Исследование особенностей развития посевов зерновых озимых на основе их спектрально-отражательных характеристик // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 5. С. 202-213.

12. Шинкаренко С. С., Кошелева О. Ю., Солодовников Д. А., Пугачева А. М. Анализ пастбищных ресурсов Волгоградской области в геоинформационной системе // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 123-130. DOI 10.32786/2071-9485-2019-01-15.

13. Шинкаренко, С.С., Бодрова, В.Н., Сидорова, Н.В. Влияние экспозиции склонов на сезонную динамику вегетационного индекса NDVI посевных площадей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 96-105. DOI 10.32786/2071-9485-2019-01-12.

14. Юферев В.Г., Кулик К.Н., Рулев А.С., Мушаева К.Б., Кошелев А.В., Дорохина З.П., Березовикова О.Ю. 2010. Геоинформационные технологии в агроресомелиорации. Волгоград: ВНИАЛМИ. 102 с.

15. 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.

16. Moreira A., Bremm C., Fontana D.C., Kuplich T.M. Seasonal dynamics of vegetation indices as a criterion for grouping grassland typologies // Sci. Agric. 2019. Vol.76. №1. P. 24-32.

17. USGS Earth Explorer // USGS. Science for a changing world. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения 10.06.2022).

18. Wardlow B., Egbert S. Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: An assessment for the U.S. Central Great Plains // Remote Sensing of Environment. 2008. Vol. 112. P. 1096-1116.

DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.007.49-56

The Relationship of Relief and Winter Wheat Seasonal Dynamics in the Subzone of Southern Chernozems in the Volgograd Region

Berdengalieva Asel' Nurlanovna^{✉1}, Junior Researcher, e-mail: berdengalieva-an@vfanc.ru, ORCID: 0000-0002-5252-7133,

Berdengaliev Ruslan Nurlanovich^{1,2}, ORCID: 0000-0002-4664-1984, laboratory assistant-researcher of the Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes –

¹Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences” (FSC of Agroecology RAS), Volgograd, Russia;

²Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Volgograd State University»

Abstract. The article discusses the results of mapping of arable lands according to remote sensing data on the territory of the Elansky district. The purpose of this work was to determine the NDVI (Normalized difference vegetation index) values relationship regularities with morphometric conditions of the territory. The seasonal dynamics of NDVI is widely used for mapping agricultural land, determining crops in the fields. However, the influence of relief on NDVI was studied only on the example of individual farms which area is relatively small. As a result of the work, the actual boundaries of arable land on the Elansky district territory were determined. More than 1300 agricultural fields have been allocated, which is 73% of the total area of the district. Based on the obtained mask of the fields, a morphometric analysis of the agricultural land placement was performed. The prevailing exposure and steepness of the slopes for each field were determined. Arable land is located on slopes with a steepness from 1° to 3°. About 90% of the arable land of the district is located on slopes with a steepness of up to 1°. On the basis of the Earth remote sensing data obtained using the unique scientific installation “ЦКП “ИКИ-Мониторинг”, fields occupied by winter crops were identified with 97% accuracy. According to MODIS data, the seasonal dynamics of the vegetation index NDVI of winter wheat has been determined. The maximum values of the vegetation index of winter crops are noted on the slopes of the south-eastern exposure at the beginning of the growing season, the minimum values are on the slopes of the north-eastern and northern exposure. The arable land boundaries determination on the basis of expert

decryption showed high accuracy, compared with the state statistics, the error was 2%. The proposed approach to the identification of winter crops and the influence of relief on the NDVI dynamics can be used in other territories.

Keywords: agrolandscape, monitoring, arable land, NDVI, remote sensing

The work was carried out within the framework of the state task of 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”.

Received: 05.08.2022

Accepted: 23.09.2022

References:

1. Database of municipalities indicators // Federal State Statistics Service. URL: <https://gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi> (access date: 10.06.2022).

2. Barabanov A. T., Kulik A. V. *Teoreticheskoe obosnovanie agrolomeliativnogo adaptivno-landshaftnogo obustroystva sel'skokhozyajstvennykh zemel' (na primere OOO “Bol'shoy Morets” Elanskogo rajona Volgogradskoj oblasti)* [Theoretical substantiation of agroforestry adaptive landscape arrangement of agricultural lands (on the example of LLC “Bolshoy Morets” of the Elansky district of the Volgograd region)]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower-Volga agrouniversity complex: Science and higher professional education]. 2020. 4(60). pp.

47-59. DOI 10.32786/2071-9485-2020-04-04.

3. Vinogradov B.V. *Aerokosmicheskij monitoring ekosistem* [Aerospace monitoring of ecosystems]. Moscow. «Nauka» Publ. house. 1984. 320 p.

4. Denisov P.V., Sereda I.I., Troshko K.A., Lupyan E.A., Plotnikov D.E., Tolpin V.A. *Vozmozhnosti i opyt operativnogo distantsionnogo monitoringa sostoyaniya ozimyykh kul'tur na territorii Rossii* [Possibilities and experience of operational remote monitoring of the winter crops state in Russia]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Contemporary problems of the Earth remote sensing from space]. 2021. T. 18. 2. pp. 171-185. DOI 10.21046/2070-7401-2021-18-2-171-185.

5. Denisova E.V., Silova V.A. *Geoinformatsionnoe obespechenie provedeniya monitoringa zemel' sel'skokhozyajstvennogo naznacheniya v sisteme upravleniya zemel'nymi resursami (na primere Volgogradskoj oblasti)* [Geoinformation support for monitoring agricultural lands in the land management system (on the example of the Volgograd region)]. InterKarto. InterGIS. 2021. T. 27. 4. pp. 57-65. DOI 10.35595/2414-9179-2021-4-27-57-65.

6. Lupyan E.A., Sereda I.I., Denisov P.V., Troshko K.A., Plotnikov D.E., Tolpin V.A. *Distantsionnyj monitoring sostoyaniya ozimyykh kul'tur zimoy 2020-2021 gg. na Evropejskoj territorii Rossii* [Remote monitoring of winter crops in winter 2020-2021 on the European territory of Russia]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Contemporary problems of the Earth remote sensing from space]. 2021. T. 18. 1. pp. 165-172. DOI 10.21046/2070-7401-2021-18-1-165-172.

7. *Natsional'nyj atlas pochv Rossijskoj Federatsii* [National Atlas of Soils of the Russian Federation]. Moscow. «Astrel': AST» Publ. house. 2011. 632 p.

8. General information // Administration of the Elansky municipal district of the Volgograd region. URL: <http://adm-elanrn.ru/obschie-svedeniya.html> (access date: 20.07.2022).

9. Plotnikov D.E., Yolkina E.S., Dunaeva E.A., Khvostikov S.A., Lupyan E.A., Bartalev S.A. *Razvitie metoda avtomaticheskogo raspoznaniya ozimyykh kul'tur na osnove sputnikovyykh dannykh dlya otsenki ikh sostoyaniya na territorii Respubliki Krym* [Development of the method of automatic recognition of winter crops based on satellite data to assess their condition on the territory of the Republic of Crimea]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoj nauki* [Tauride Bulletin of Agrarian Science]. 2020. 1(21). pp-82. DOI 10.33952/2542-0720-2020-1-21-64-83.

10. Sereda I.I., Denisov P.V., Troshko K.A., Lupyan E.A., Plotnikov D.E., Tolpin V.A. *Unikal'nye usloviya razvitiya ozimyykh kul'tur, nablyudaemye po dannym sputnikovogo monitoringa na evropejskoj territorii Rossii v oktyabre 2020 g* [The winter crops development unique conditions observed on the European territory of Russia in October

2020 according to satellite monitoring data]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Contemporary problems of the Earth remote sensing from space]. 2020. T. 17. 5. pp. 304-310. DOI 10.21046/2070-7401-2020-17-5-304-310

11. Terekhin E.A., Marinina O.A. *Issledovanie osobennostej razvitiya posevov zernovykh ozimyykh na osnove ikh spektral'no-otrazhatel'nykh kharakteristik* [Investigation of the winter grain crops development peculiarities on the basis of their spectral-reflective characteristics]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Contemporary problems of the Earth remote sensing from space]. 2016. T. 13. 5. pp. 202-213.

12. Shinkarenko S.S., Kosheleva O.Yu., Solodovnikov D.A., Pugacheva A.M. *Analiz pastbishchnykh resursov Volgogradskoj oblasti v geoinformatsionnoj sisteme* [Analysis of the Volgograd region pasture resources in the geoinformation system]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower-Volga agrouniversity complex: Science and higher professional education]. 2019. 1(53). pp. 123-130. DOI 10.32786/2071-9485-2019-01-15.

13. Shinkarenko S.S., Bodrova V.N., Sidorova N.V. *Vliyaniye ekspozitsii sklonov na sezonnyy dinamiku vegetatsionnogo indeksa NDVI posevnykh ploshchadej* [Slope exposure influence on seasonal dynamics of vegetation index NDVI of acreage]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower-Volga agrouniversity complex: Science and higher professional education]. 1(53). pp. 96-105. DOI 10.32786/2071-9485-2019-01-12.

14. Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S., Mushaeva K.B., Koshelev A.V., Dorokhina Z.P., Berezovikova O.Yu. *Geoinformatsionnye tekhnologii v agrolesomeliatsii* [Geoinformation technologies in agroforestry melioration]. 2010. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 102 p.

15. 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. Vol. 14(1): 77. DOI: 10.3390/rs14010077.

16. Moreira A., Bremm C., Fontana D.C., Kuplich T.M. Seasonal dynamics of vegetation indices as a criterion for grouping grassland typologies. *Sci. Agric*. 2019. Vol.76. №1. P. 24-32.

17. USGS Earth Explorer // USGS. Science for a changing world. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov> (access date:10.06.2022).

18. Wardlow B., Egbert S. Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: An assessment for the U.S. Central Great Plains. *Remote Sensing of Environment*. 2008. Vol. 112. P. 1096-1116.

Цитирование. Берденгалиева А.Н., Берденгалиев Р.Н. Связь сезонной динамики озимой пшеницы и рельефа в подзоне южных черноземов Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2022. №3(118). С. 49-56. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.007.49-56

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.

Citation. Berdengalieva A.N., Berdengaliev R.N. The Relationship of Relief and Winter Wheat Seasonal Dynamics in the Subzone of Southern Chernozems in the Volgograd Region. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 49-56. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.007.49-56

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or 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.

Влияние аридности климата на ландшафтные пожары в Волгоградской области

Вадим Викторович Танюкевич^{1,2}, д.с.х.н., профессор, зав. кафедрой лесоводства и лесных мелиораций, ORCID 0000-0001-8052-6835, ¹Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им А. К. Кортунова, ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Новочеркасск; ²г.н.с., лаборатория гидрологии агролесоландшафтов

Евгений Константинович Верещагин², м.н.с., аспирант, e-mail: vereshagin-e@vfanc.ru, ORCID 0000-0002-1645-3499, лаборатория защитного лесоразведения и фитомелиорации низкопродуктивных земель ²ФНЦ агроэкологии РАН, г. Волгоград

Валерий Вадимович Танюкевич³, лаборант кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ³ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва

Статья касается проблемы профилактики пожаров, являющихся причиной опустынивания земель в южных регионах. Целью исследований, проводившихся в 2019 – 2021 гг., являлось изучение влияния аридности климата на количество и площади ландшафтных пожаров в агролесомелиоративных комплексах Волгоградской области. В работе приведены данные по площадям сельхоз назначения в разрезе лесомелиоративных районов. С учетом лесомелиоративного районирования региона исследований за указанные годы проанализированы причины возникновения пожаров, к основным из которых относится антропогенный фактор. Определена продолжительность пожароопасного сезона, в течение которого наблюдается высокая пожарная опасность. В условиях лесозащитных ландшафтов Волгоградской области наиболее распространены беглые низовые пожары, охватывающие лесные полосы и сельхозугодья (пастбища, сенокосы). Проанализированы количество и площади таких пожаров в регионе исследований. Получена корреляционная зависимость площадей ландшафтных пожаров от аридности климата в Волгоградской области. Введен в оборот новый научный термин – «горимость лесозащитных ландшафтов», который представляет собой отношение выгоревших площадей в агролесоландшафте лесомелиоративного района к общей площади агролесоландшафтов в данном лесомелиоративном районе. Обосновывается применение нового показателя горимости лесозащитных ландшафтов в качестве одного из индикаторов опустынивания аридных регионов.

Ключевые слова: низовые беглые пожары, возгорания травяной растительности, площади гарей, снижение биопродуктивности экосистем, индексы аридности Мартонни, пирогенное опустынивание.

Поступила в редакцию: 08.08.2022

Принята к печати: 20.09.2022

В условиях засушливого климата Волгоградской области активная сельскохозяйственная деятельность усиливает пожароопасную обстановку, что способствует возникновению на территории региона ландшафтных пожаров, ежегодное количество которых превышает 500, а площадь более 1000 га. Негативное воздействие таких пожаров проявляется не только в отношении мелиоративных защитных насаждений, травянистой растительности, включая кормовые угодья, но и в ухудшении условий их произрастания. Вследствие воздействия огня происходит постепенная деградация земель, приводящая к опустыниванию территорий. Поэтому в настоящее время проблема опустынивания, вызванная утратой продуктивности почв под воздействием ландшафтных пожаров, вызывает все больший интерес. Для принятия своевременных профилактических противопожарных мер целесообразно обоснование математической зависимости, позволяющей прогнозировать ландшафтные пожары в лесозащитных ландшафтах как Волгоградской области, так и страны в целом.

Цель исследований, проводившихся в период с 2019 по 2021 гг. на территории Волгоградской области, – установить влияние аридности климата региона на горимость лесозащитных ландшафтов.

Задачи исследований: 1) проанализировать природно-климатические условия лесомелиоративных районов Волгоградской области; 2) уточнить динамику и особенности ландшафтных пожаров региона исследований; 3) выявить зависимость между площадью ландшафтных пожаров и индексами аридности в условиях Волгоградской области.

Материалы и методика исследований. Участки исследований в Волгоградской области были отмечены согласно лесомелиоративному районированию [1].

Природно-климатические условия за период исследований определялись на основе погодных данных архива сайта m.rp5.ru за 2019 – 2021 гг.

Индексы аридности Мартонни рассчитывались по формуле (1):

$$I_a = P / (T + 10), \quad (1)$$

где – I_a индекс аридности Мартонни, P – годовое количество осадков, мм; T – среднегодовая температура воздуха, °C [6].

Сведения о площадях сельхозугодий принимали по данным статистики комитета сельского хозяйства Волгоградской области.

Продолжительность пожароопасных сезонов в регионе исследований, согласно Постановлению

Губернатора Волгоградской области, для периода наблюдений с 2019 по 2021 гг. установлена с 1 апреля по 31 октября.

Согласно архивным данным ГУ МЧС России по Волгоградской области, в регионе исследований наиболее распространенным видом пожаров является низовой. По характеру горения за период исследований в основном наблюдались беглые пожары. Также на основе архивных сведений ГУ МЧС обобщались данные по количеству ландшафтных пожаров и площадям гарей в разрезе лесомелиоративных районов Волгоградской области.

Полученные данные обрабатывали методом математической статистики в диалоговом статистическом пакете Statgraphics 5.0.

Результаты и их обсуждение. Исследования проводились с учетом агролесомелиоративного районирования Волгоградской области в границах пяти агролесомелиоративных районов: Волго-Донской степной (32921 км²), Волго-Донской сухостепной (10855 км²), Волго-Уральский сухостепной (29290 км²), Ергенинско-Сарпинский полупустынный (17985 км²), Волго-Уральский полупустынный (22851 км²). Согласно агролесомелиоративному делению РФ, Волгоградская об-

ласть включает в себя 3 природные зоны: степную (32921 км²), сухостепную (40145 км²) и полупустынную (40836 км²).

Погодные условия в течение исследуемых периодов времени (2019 – 2021 гг.) характеризовались высокими температурами воздуха и небольшими суммами осадков в летний период, преимущественно в восточной и южной частях региона (Волго-Уральский сухостепной и Ергенинско-Сарпинский полупустынный районы). Максимальное количество атмосферных осадков за пожароопасные сезоны (с 01.04 по 31.10) по сравнению с другими лесомелиоративными районами зафиксировано в Волго-Донском степном районе (г. Елань – 381 мм). Минимальное количество осадков наблюдалось в Волго-Уральском сухостепном районе за 2019 – 2021 гг. (142 мм, 123 мм, 186 мм). В пожароопасные сезоны 2019 – 2021 гг. преобладали ветра восточного румба со скоростью, достигающей 20 м/с. Максимальными температурами воздуха характеризовался Ергенинско-Сарпинский лесомелиоративный район (г. Котельниково) в 2019 и 2021 гг. (+38,8 °С; +40,7 °С), а Волго-Уральский сухостепной (г. Палласовка) в 2020 г. (+41,2 °С).

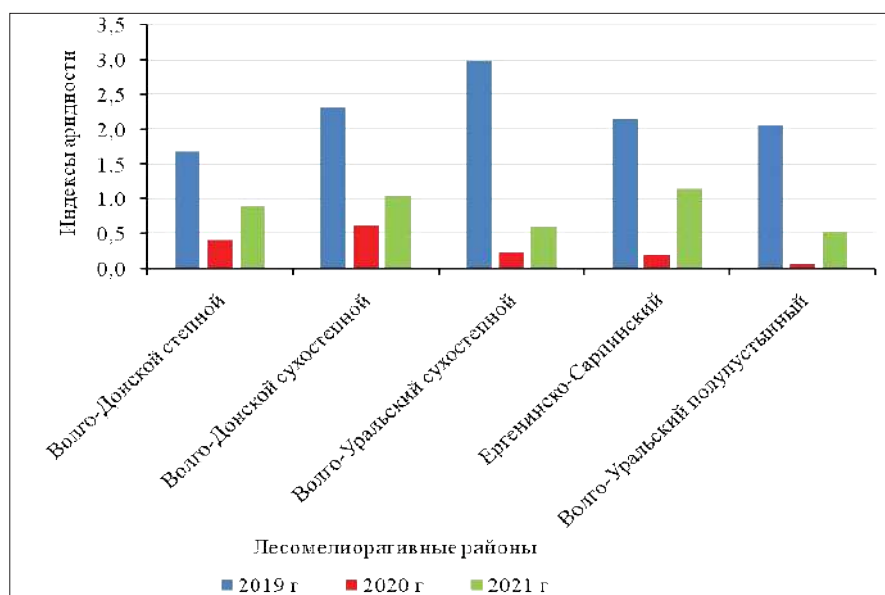


Рисунок 1 – Индексы аридности Мартонни лесомелиоративных районов Волгоградской области за июль 2019 – 2021 гг.

В ходе исследования для каждого из пяти лесомелиоративных районов по трем годам были рассчитаны индексы аридности Мартонни, наименьшие значения которых вследствие недостаточного количества выпавших осадков составили в июле (рисунок 1). Максимальные значения отмечены в Волго-Донском сухостепном районе (2019 г. – 2,31; 2020 г. – 0,62; 2021 г. – 1,03), меньше в Волго-Донском степном (2019 г. – 1,67; 2020 г. – 0,41; 2021 г. – 0,89), Волго-Уральском сухостепном (2019 г. – 2,98; 2020 г. – 0,24; 2021 г. – 0,60), Ергенинско-Сарпинском полупустынном (2019 г. – 2,15; 2020 г. – 0,21;

2021 г. – 1,14), Волго-Уральском полупустынном (2019 г. – 2,06; 2020 г. – 0,06; 2021 г. – 0,53).

На территории Волгоградской области доминируют лесоаграрные ландшафты, включающие мелиоративные защитные насаждения, преимущественно ползащитные лесные полосы – 61,76 тыс га, а также прибалочные – 5,19 тыс га, придорожные – 4,60 тыс га (таблица 1).

Площадь сельхозугодий Волгоградской области составляет 9,12 млн га, в том числе пашни – 5,79 млн га, пастбища – 2,56 млн га и сенокосы – 190,39 тыс га (таблица 2).

Таблица 1 – Площадь лесных полос на землях сельскохозяйственного назначения в Волгоградской области

Агролесомелиоративные районы	Площадь лесных полос, га		
	Полезащитные	Прибалочные	Придорожные
Волго-Донской степной	26788,0	1776,5	1425,7
Волго-Донской сухостепной	5842,1	345,6	742,7
Волго-Уральский сухостепной	11009,3	774,3	999,2
Волго-Уральский полупустынный	8631,5	2210,2	1114,7
Ергенинско-Сарпинский полупустынный	9487,0	88,1	320,8
Итого:	61757,9	5194,7	4603,1

Таблица 2 – Экспликация земель сельскохозяйственного назначения в разрезе агролесомелиоративных районов Волгоградской области на 01.01.2022 г.

Агролесомелиоративные районы	Земли с/х назначения	Пашни	Пастбища	Сенокосы
	Площади, тыс. га			
Волго-Донской степной	2909,35	2081,11	616,32	42,48
Волго-Донской сухостепной	846,82	473,40	274,84	22,04
Волго-Уральский сухостепной	2028,49	1230,47	671,96	42,02
Ергенинско-Сарпинский	1486,12	966,70	439,50	6,74
Волго-Уральский полупустынный	1851,31	1043,34	560,96	77,11
Итого:	9122,09	5795,02	2563,58	190,39

Мелиоративные лесные насаждения Волгоградской области отличаются разнообразной рядностью, которая варьирует в основном от 3 до 9 рядов, неширокими (1,5 – 2,0 м) междурядьями и наличием опушек из самосева шириной 5 – 7 м с обеих сторон полос [7]. Наиболее распространенными породами деревьев в агролесоландшафтах являются ясень зеленый (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall), робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.) и вяз мелколистный (*Ulmus pumila* L.). Как правило, преобладают перестойные деревья возрастом 50 – 60 лет. Высота древостоя в среднем варьирует от 3,0 до 12,0 м. Большинство мелиоративных насаждений имеют плотную (непродуваемую) конструкцию, высокую сомкнутость полога. Однако в результате ландшафтных пожаров происходит снижение полноты древостоя и такие насаждения чаще становятся продуваемыми с изреженным древостоем [12, 5, 9].

В условиях Волгоградской области наиболее распространенными являются беглые низовые пожары, в той или иной степени оказывающие влияние на элементы агролесоландшафта (лесные полосы, кустарниковый ярус, травянистая растительность, мортмасса, почва) [22, 11]. В условиях Волгоградской области пожароопасный сезон длится с 1 апреля по 31 октября. Продолжительность составляет 213 календарных дней. Летний период характеризуется высокими классами пожарной опасности (IV – V) [17, 18, 19]. В основном, возгорания травяной растительности и по-

жнивных остатков происходят с 11:00 до 16:00 по местному времени [8], но большее их количество наблюдается с 12:00 до 14:00. Как правило, в летний период, когда сохраняется высокая пожарная опасность, не редки случаи возникновения пожаров в промежутки времени с 16:00 до 21:00, после чего их вероятность резко снижается. Тем не менее наблюдаются и случаи возгораний в ночное время, что объясняется либо неосторожным обращением с огнем, либо преднамеренными поджогами.

Самой частой причиной возникновения возгораний и распространения пожаров в агролесомелиоративных комплексах региона является негативное воздействие человека на природу, характеризующееся нарушением правил пожарной безопасности (неосторожное обращение с огнем, искусственно созданные палы). К середине лета на значительной территории сельхоз угодий формируется сухостойная травянистая растительность, являющаяся сильным горючим материалом. Вследствие возгорания этого травяного сухостоя и пожнивных остатков, как правило, возникают крупные по площади ландшафтные пожары. Таким образом, в условиях Волгоградской области воздействию низового огня подвержены агролесоландшафты, что соотносится с данными исследований, проведенных в Ростовской области Таныукевичем В. В., Доманиной О. И., Тюриным С. В., Хмелевой Д. В. [10]. К сожалению, на сегодняшний день в агролесомелиоративных комплексах и на землях лесного фонда обеспечение пожарной без-

опасности практически не проводится [3, 16].

Последствия возникающих пожаров в агролесомелиоративных комплексах приводят к увеличению финансовых расходов, необходимых для восстановления природных ландшафтов [4, 21]. Поэтому предупреждение возникновения и распространения пожаров на территории страны и отдельно взятого региона является задачей государственной важности [2, 14, 20]. Особое значение в противопожарной профилактике занимает анализ количества пожаров и площади гарей в привязке к лесомелиоративным районам.

Нами проведен анализ данных по количеству пожаров в лесомелиоративных районах Волгоградской области. Поскольку июль является одним из наиболее пожароопасных месяцев за период исследования, нами были собраны дан-

ные по количеству пожаров за 2019 – 2020 гг. в данном месяце (рисунок 2). В связи с этим общее количество беглых низовых пожаров за период наблюдений зафиксировано в июле 2020 г. – 777. Наибольшее количество беглых низовых пожаров в 2020 г., достигающее 366, характерно для Волго-Уральского полупустынного лесомелиоративного района. Отчасти это объясняется повышенной плотностью населения, поскольку именно антропогенный фактор является определяющим в формировании пирогенной обстановки в агролесоландшафтах региона исследований. Наименьшее количество ландшафтных пожаров за июль наблюдалось в Волго-Донском сухостепном районе – 25 (2021 г.). В целом, 2020 год был наиболее пожароопасным, в том числе и по другим лесомелиоративным районам.

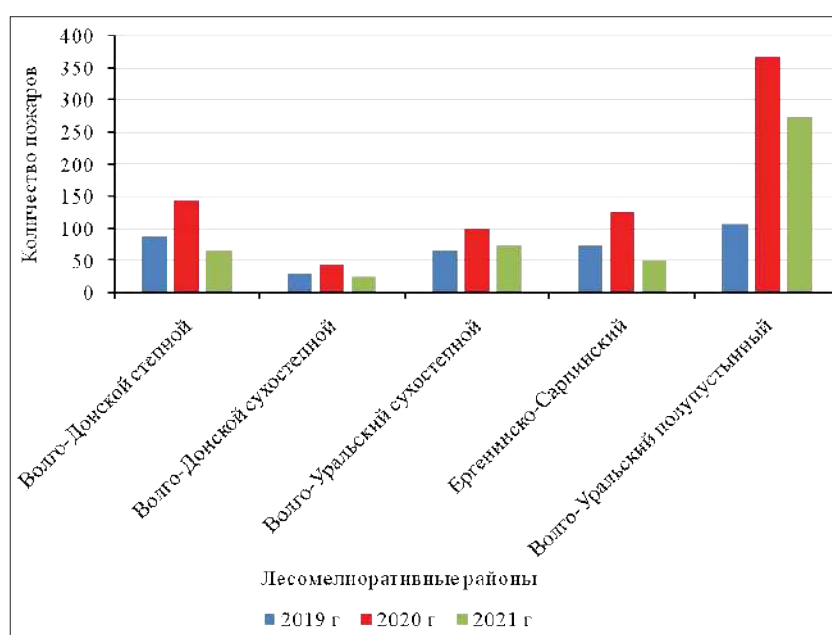


Рисунок 2 – Количество беглых низовых пожаров в агролесоландшафтах лесомелиоративных районов Волгоградской области за июль 2019 – 2021 гг.

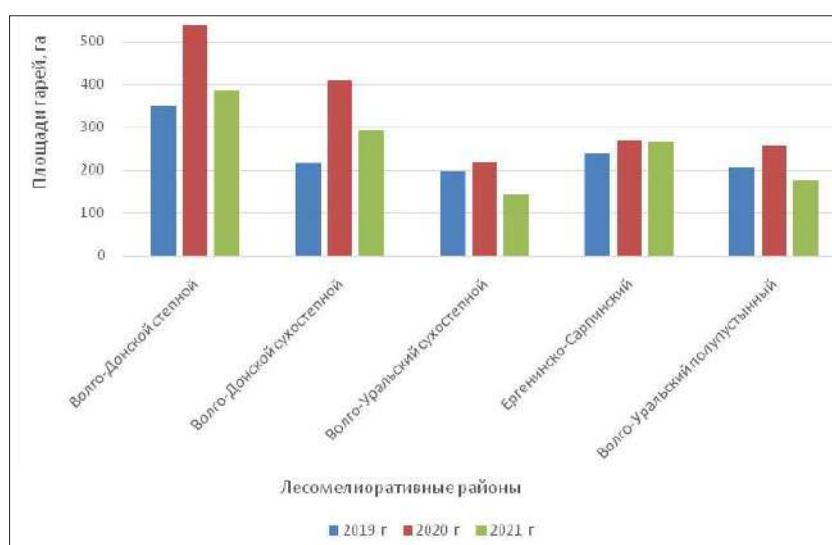


Рисунок 3 – Площади гарей в агролесоландшафтах лесомелиоративных районов Волгоградской области (июль 2019 – 2021 гг.)

Также нами проанализированы данные по площадям гарей в лесомелиоративных районах за июль 2019 – 2021 гг. (рисунок 3). Максимальное значение выгоревших площадей зафиксировано в Волго-Донском степном районе (2019 г. – 347,74 га, 2020 г. – 537,85 га, 2021 г. – 385,46 га). Наименьшие значения площадей гарей составили в Волго-Уральском сухостепном районе (2019 г. – 197,15 га, 2020 г. – 219,27 га, 2021 г. – 142,25 га).

Как известно, в лесной пирологии горимостью является отношение выгоревшей площади леса к общей площади лесного фонда, умноженное на 100. Нами предлагается ввести в научный оборот новый показатель, а именно: горимость агролесоландшафтов (G) (2):

$$G = (\sum Sg / \sum Sa) \times 100, \quad (2)$$

где $\sum Sg$ – сумма площадей гарей в агролесоландшафтах лесомелиоративного района, га; $\sum Sa$ –

суммарная площадь агролесоландшафтов в лесомелиоративном районе, га.

Отличием предлагаемой нами формулы (2) от формулы, представленной в работе Шинкаренко С. С. [13] является то, что в последней в расчет принимается не площадь агролесоландшафтов лесомелиоративных районов, а площадь административных районов.

На рисунке 4 приводятся значения показателя G по лесомелиоративным районам за июль 2019 – 2021 гг. Наибольшее значение в агролесоландшафтах также отмечено в 2020 году. Максимальная величина показателя за период наблюдений достигала 0,05 % в Волго-Донском сухостепном районе (2020 г). Минимальные значения показателя G за период наблюдений зафиксированы в Волго-Уральском сухостепном районе за 2020 г. (0,01 %) и 2021 г. (0,007 %).

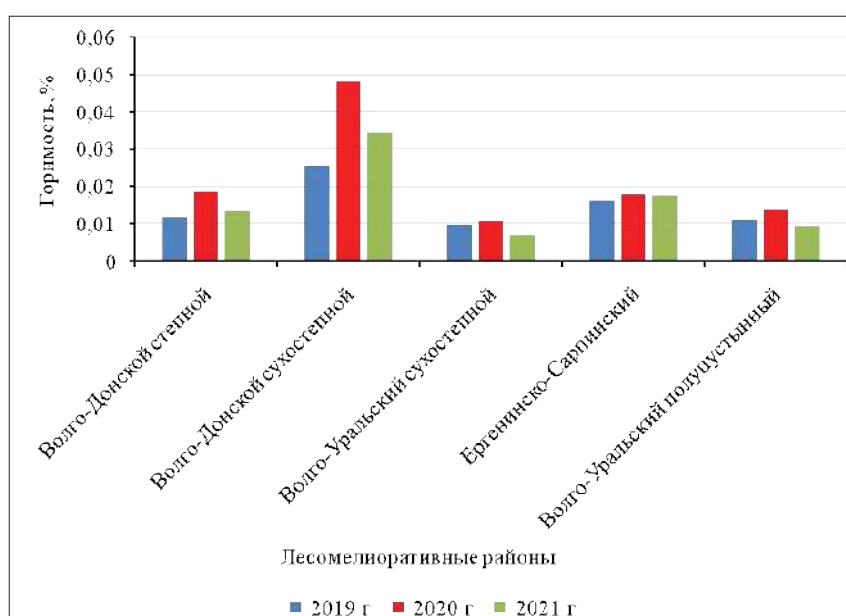


Рисунок 4 – Горимость в агролесоландшафтах лесомелиоративных районов Волгоградской области за июль (2019 – 2021 гг.)

Наибольшая горимость лесоаграрных ландшафтов характерна для лесомелиоративных районов с наиболее засушливым климатом. Подтверждение этому является математическая зависимость площадей ландшафтных пожаров от индексов аридности Мартонни. Графическое решение уравнения приведено на рисунке 5. Выявлена математическая зависимость площадей гарей в агролесоландшафтах от индексов аридности Мартонни с достаточно высоким коэффициентом корреляции 0,68 (3):

$$\sum Sg = 0,76 + 0,001 \times Ia \quad (3)$$

Используя уравнение (3), с высокой долей вероятности можно предположить, что при индексе аридности 0,9 площадь гарей в агролесоландшафтах лесомелиоративных районов Волгоградской области за месяц может составлять 636,8 га, а при индексе аридности 1,3 – 1271 га. В целом, данную зависимость можно применять для прогнози-

рования горимости агролесоландшафтов степной зоны, что подтверждает непосредственное влияние показателя горимости на площади гарей в агролесоландшафтах Волгоградской области.

В науке существует понятие индикаторов опустынивания, которые согласно исследованиям, включают 3 группы: физические (почвенно-геохимические и гидрологические), биологические и социальные [15]. Однако зависимость (3) указывает на связь аридности климата с горимостью агролесоландшафтов. Таким образом, справедливо говорить о том, что горимость лесоаграрных ландшафтов в аридной зоне, как это видно на примере Волгоградской области, будет рассматриваться еще одним индикатором опустынивания земель. Сам по себе низовой пожар приводит к снижению продуктивности ландшафта, выгоранию биомассы, а снижение биопродуктивности экосистем является одним из признаков опустынивания. Как мы пом-

ним из канонического определения опустынивания, снижение продуктивности земель – это и есть опустынивание. Таким образом, говорить о применении данного термина, на наш взгляд, является вполне корректным. Исходя из этого, мы предполагаем, что горимость агролесоландшафтов является одним из индикаторов опустынивания. В этой свя-

зи есть необходимость в обосновании нового научного термина – пирогенное (пирологическое) опустынивание, который был впервые предложен А. С. Манаенковым. Под этим понятием мы понимаем снижение продуктивности лесоаграрных ландшафтов в результате воздействия ландшафтных пожаров, связанных с аридизацией климата.

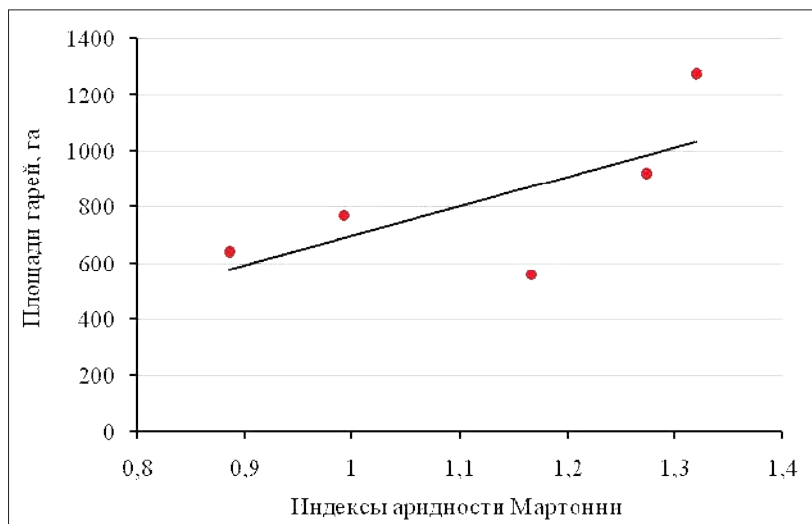


Рисунок 5 – Влияние аридности на площади гарей в агролесоландшафтах лесомелиоративных районов Волгоградской области (июль 2019 – 2021 гг.)

Заключение. В результате исследований установлено влияние аридности климата на площади гарей в лесоаграрных ландшафтах Волгоградской области. Установлена линейная зависимость площадей гарей в агролесоландшафтах лесомелиоративных районов Волгоградской области от индексов аридности Мартонни. В регионе исследований они колеблются от 0,88 до 1,32. Нами предложен новый термин – «горимость агролесоландшафтов», который является отношением площадей гарей агролесоландшафтов лесомелиоративного района к общей площади агролесоландшафтов лесомелиоративного района, выраженным в процентах. Предложено использовать горимость агролесоландшафтов в качестве одного из индикаторов опустынивания.

Литература:

1. Агроресомелиорация, изд. 5-е, перераб. и доп. / под ред. академиков РАСХН А. Л. Иванова и К. Н. Кулика; ВНИАЛМИ. – Волгоград, 2006. 746 с.
2. Антонов С. Ю., Исаков Г. Н. Комплексное алгоритмическое обеспечение информационно-аналитической компьютерной системы для борьбы с лесными пожарами // ВК. 2018. № 2 (30). С. 145 – 153.
3. Веретенникова Н.С., Кислов В.И., Еременко К.Ю. Проблема своевременного обнаружения и ликвидации лесных пожаров // Бюллетень науки и практики. 2021. № 6. С. 56 – 59.
4. Глушков И.В., Лупачик В.В., Журавлева И.В., Ярошенко А.Ю. и др. Оценка масштабов ландшафтных пожаров 2020 года на территории России // Вопросы лесной науки. 2021. № 2. С. 1 – 17.
5. Доманина О.И. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук // Фе-

деральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН. – Волгоград, 2019.

6. Казеев К.Ш., Козунь Ю.С., Самохвалова Л.С., Колесников С.И. Влияние аридности и континентальности климата на биологические свойства почв в трансекте. – Ростов-на-Дону – Астрахань. Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015. № 5. С. 46 – 53.
7. Степанов А.М. Разработать и усовершенствовать способы создания и повышения мелиоративной эффективности лесных насаждений на орошаемых землях // Отчет ВНИАЛМИ [рукопись, фонды ВНИАЛМИ]. – Волгоград, 1975. С. 31 – 33.
8. Таниюкевич В.В., Доманина О.И., Кулик А.К., Хмелёва Д.В. Мелиоративная эффективность полевых насаждений-горельников в Степном Придонуе // Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель юга России. 2017. С. 72 – 77.
9. Таниюкевич В.В., Доманина О.И., Тюрин С.В., Кваша А.А., Скрынников Д.С., Хмелева Д.В. Рекомендации по прогнозированию распространения пожаров в лесоаграрных ландшафтах степной зоны и оценке причиненного ущерба. – Новочеркасск, 2019.
10. Таниюкевич В.В., Доманина О.И., Тюрин С.В., Хмелева Д.В., Кваша А.А. Особенности низовых пожаров в агролесоландшафтах степного Придонуя // Лесотехнический журнал. 2019. №2 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-nizovyh-pozharov-v-agrolesolandshaftah-stepnogo-pridonuya> (дата обращения: 22.08.2022).
11. Таниюкевич В.В., Носкина А.В., Хмелева Д.В. Пожары в сосновых насаждениях Ростовской области // В сборнике: Мелиорация и водное хозяйство. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения), посвящённой 95-летию со дня ро-

ждения профессора В.С. Лапшенкова. 2020. С. 205 – 207.

12. Тюрин Сергей Владимирович. Ветрорегулирующая эффективность и влияние на ландшафтные пожары лесных полос степной зоны: диссертация кандидата Сельскохозяйственных наук: 06.03.03. – Волгоград, 2021.

13. Шинкаренко С.С., Дорошенко В.В., Берденгалиева А.Н. Динамика площади гарей в зональных ландшафтах юго-востока европейской части России // Известия Российской Академии Наук. Серия географическая. 2022. Том 86. №1. С. 122 – 133.

14. Шпаковский Ю.Г. Современные проблемы правового регулирования охраны лесов от пожаров // Lex Russica. 2018. №1 (134). С. 43 – 56.

15. Щерба Т.Э. Проявления опустынивания в почвах и их диагностика // автореферат дис. ... кандидата биологических наук / Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. Москва, 2016.

16. Giglio L., Schroeder W., Justice C. O. The collection 6

MODIS active fire detection algorithm and fire products. *Remote Sensing of Environment*. 2016. Vol. 178. P. 31 – 41.

17. <https://34-mchs.gov.ru/turbopages.org/34.mchs.gov.ru/s/deyatelnost/press-centr/novosti/2361857>

18. <https://news.rambler.ru/fire/44771408-volgogradskoy-oblasti-prodolzhaetsya-monitoring-pozharnoy-obstanovki/>

19. <https://34.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/4549691>

20. Pachnik K. Firefighting Expert Witnesses and Their Role in the Safety System. CNBOP-PIB. 2019. № 1. P. 162 – 173.

21. Rotanova I.N., Gaida V.V. Development of ecological and phytogeographical mapping in the context of the landscape approach. *Acta Biologica Sibirica*. 2017. № 3. P. 111 – 116.

22. Tanyukevich V.V., Kulik A.V., Domanina O.I., Tyurin S.V., Kvasha A.A. Fires in arid agroforestral landscapes and their damage assessment. *Asian Journal of Conservation Biology*. 2019. T. 8. № 1. С. 79 – 83.

DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.008.57-64

The Climate Aridity Influence on Landscape Fires in the Volgograd Region

Vadim V. Tanyukevich^{1,2}, D.S.-Kh.N., Professor, Head of the Department of Forestry and Forest Reclamation, ORCID 0000-0001-8052-6835, ¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Don State Agrarian University”, Novocherkassk;

²Head Researcher, Laboratory of Hydrology of Agroforestry landscapes

Evgenij K. Vereshchagin², Junior Researcher, post-graduated, e-mail: vereshagin-e@vfanc.ru, ORCID 0000-0002-1645-3499, Protective Afforestation and Phytomelioration of low-yielding lands – Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of Agroecology RAS), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt, 97, Volgograd, Russia

Valerij V. Tanyukevich³, laboratory assistant of the Department of Agricultural Land Amelioration, Forestry and Land Management, ³RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

Abstract. The article deals with the problem of prevention of fires that are the cause of land desertification in the southern regions. The purpose of the carried in 2019-2021 research was to study the climate aridity influence on the number and area of landscape fires in agroforestry complexes of the Volgograd region. The paper presents data on agricultural areas in the context of forest reclamation regions. Taking into account the forest-reclamation zoning of the research region for these years, the causes of fires are analyzed, the main of which is the anthropogenic factor. The duration of the fire season has been determined, during which there is a high fire danger. In the conditions of the forest-agrarian landscapes of the Volgograd region, rapid grass-roots fires are most common, covering forest belts and farmland (pastures, hayfields). The number and areas of such fires in the research region are analyzed. The correlation dependence of the landscape fires areas on the climate aridity in the Volgograd region is obtained. A new scientific term has been put into circulation – «burnability of forest-agrarian landscapes», which is the ratio of burnt areas in the agroforest landscape of a forest-reclamation zone to the total area of agroforest landscapes in this forest-reclamation zone. The application of a new indicator of the forest-agrarian

landscapes burnability as one of the arid regions desertification indicators is substantiated.

Keywords: grassroots rapid fires, grass vegetation combustion, burnt areas, reduction of ecosystem bioproductivity, Martonni aridity indices, pyrogenic desertification

Received: 08.08.2022

Accepted: 20.09.2022

References:

1. *Agrolesomeliorsiya* [Agroforestry melioration]. reprint. and supplement / ed. by Academicians of RASKHN A.L. Ivanov and K.N. Kulik. VNIALMI Publ. house. Volgograd. 2006. 746 p.

2. Antonov S.Yu., Isakov G.N. *Kompleksnoe algoritmicheskoe obespechenie informatsionno-analiticheskoy komp'yuternoj sistemy dlya bor'by s lesnymi pozharemi* [Complex algorithmic support of an information and analytical computer system for combating forest fires]. *Vestnik kibernetiki* [Bulletin of Cybernetics]. 2018. 2(30). pp. 145–153.

3. Veretennikova N.S., Kislov V.I., Eremenko K.Yu. *Problema svoevremennogo obnaruzheniya i likvidatsiya lesnykh pozharov* [The problem of timely detection and elimination of forest fires]. *Byulleten' nauki i praktiki* [Bulletin of Science and practice]. 2021. 6. pp. 56 – 59.

4. Glushkov I.V., Lupachik V.V., Zhuravleva I.V., Yaroshenko A.Yu. et al. *Otsenka masshtabov landshaftnykh pozharov 2020*

года на территории России [Assessment of the scale of landscape fires in 2020 on the territory of Russia]. *Voprosy lesnoj nauki* [Problems of forest science]. 2021. 2. pp. 1-17.

5. Domanina O.I. *Vliyaniye landshaftnykh pozharov na produktivnost' i meliorativnyuyu rol' polezashchitnykh nasazhdeniy Stepnogo Pridon'ya* [The influence of landscape fires on productivity and the reclamation role of protective plantings of the Steppe Near-Don Region]: dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences. Volgograd. 2019. 143 p. – EDN XQZTOS.

6. Kazeev K.Sh., Kozun' Yu.S., Samokhvalova L.S., Kolesnikov S.I. *Vliyaniye aridnosti i kontinental'nosti klimata na biologicheskie svoystva pochv v transekte* [The influence of aridity and continentality of climate on biological properties of soils in the transect]. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Geographical series]. Rostov-on-Don – Astrakhan. 2015. 5. pp. 46-53.

7. Stepanov A.M. *Razrabotat' i usovershenstvovat' sposoby sozdaniya i povysheniya meliorativnoj effektivnosti lesnykh nasazhdeniy na oroshaemykh zemlyakh* [Develop and improve ways of creating and improving the reclamation efficiency of forest plantations on irrigated lands]. VNIALMI report [manuscript, VNIALMI funds]. Volgograd. 1975. pp. 31-33.

8. Tanyukevich V.V., Domanina O.I., Kulik A.K., Khmelyova D.V. *Meliorativnaya effektivnost' polezashchitnykh nasazhdeniy-gorel'nikov v Stepnom Pridon'e* [Meliorative efficiency of burnt protective plantings in steppe Near-Don Region]. *Melioratsiya i vodnoe khozyajstvo. Puti povysheniya effektivnosti i ekologicheskoy bezopasnosti melioratsij zemel' yuga Rossii* [Melioration and water management. Ways to improve the efficiency and environmental safety of land reclamation in the South of Russia]. 2017. pp. 72-77.

9. Tanyukevich V.V., Domanina O.I., Tyurin S.V., Kvasha A.A., Skrynnikov D.S., Khmelyova D.V. *Rekomendatsii po prognozirovaniyu rasprostraneniya pozharov v lesoagrarynykh landshaftakh stepnoj zony i otsenke prichinnogo ushcherba* [Recommendations for predicting the spread of fires in the forest-agrarian landscapes of the steppe zone and assessing the damage caused]. Novocheerkassk. 2019.

10. Tanyukevich V.V., Domanina O.I., Tyurin S.V., Khmeleva D.V., Kvasha A.A. *Osobennosti nizovykh pozharov v agrolesolandshaftakh stepnogo Pridon'ya* [Features of grass-roots fires in agroforest landscapes of the steppe Near-Don Region]. *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry-technical Journal]. 2019. №2 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-nizovykh-pozharov-v-agrolesolandshaftah-stepnogo-pridonya> (access date: 22.08.2022).

11. Tanyukevich V.V., Noskina A.V., Khmeleva D.V. *Pozhary v sosnovykh nasazhdeniyakh Rostovskoj oblasti* [Fires in pine plantations of the Rostov region]. In the compilation: *Melioratsiya i vodnoe khozyajstvo* [Land reclamation and water management] Materials of the All-Russian Scientific and Practical conference (Ushakov Readings) dedicated to the 95th anniversary of the birth of Professor V.S. Lapshenkov. 2020. pp. 205-207.

12. Tyurin S.V. *Vetroreguliruyushchaya effektivnost' i vliyaniye na landshaftnye pozhary lesnykh polos stepnoj zony* [Wind-regulating efficiency forest strips of steppe zone and influence on landscape fires]: dissertation of Candidate of Agricultural Sciences. Volgograd. 2021.

13. Shinkarenko S.S., Doroshenko V.V., Berdengalieva A.N. *Dinamika ploshchadi garej v zonal'nykh landshaftakh yugo-vostoka evropejskoj chasti Rossi* [Dynamics of the burnt area in the zonal landscapes of the South-east of the European part of Russia]. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Geographical series]. 2022. T. 86. 1. pp. 122-133.

14. Shpakovskij Yu.G. *Sovremennyye problemy pravovogo regulirovaniya okhrany lesov ot pozharov* [Contemporary problems of legal regulation of forest protection from fires]. *Lex Russica*. 2018. 1 (134). pp. 43-56.

15. Shcherba T.E. *Proyavleniya opustynivaniya v pochvakh i ikh diagnostika* [Manifestations of desertification in soils and their diagnostics]: abstract of dis. ... Candidate of Biological Sciences. Moscow. 2016.

16. Giglio L., Schroeder W., Justice C.O. The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products. *Remote Sensing of Environment*. 2016. Vol. 178. P. 31-41.

17. <https://34-mchs.gov.ru/turbopages.org/34.mchs.gov.ru/s/deyatelnost/press-centr/novosti/2361857>

18. <https://news.rambler.ru/fire/44771408-v-volgo-gradskoy-oblasti-prodolzhaetsya-monitoring-pozharnoy-obstanovki/>

19. <https://34.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/4549691>

20. Pachnik K. *Firefighting Expert Witnesses and Their Role in the Safety System*. CNBOP-PIB. 2019. № 1. P. 162 – 173.

21. Rotanova I.N., Gaida V.V. Development of ecological and phytogeographical mapping in the context of the landscape approach. *Acta Biologica Sibirica*. 2017. 3. pp. 111-116.

22. Tanyukevich V.V., Kulik A.V., Domanina O.I., Tyurin S.V., Kvasha A.A. Fires in arid agroforestral landscapes and their damage assessment. *Asian Journal of Conservation Biology*. 2019. T. 8. 1. pp. 79-83.

Цитирование. Танюкевич В.В., Верещагин Е.К., Танюкевич В.В. Влияние аридности климата на ландшафтные пожары в Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2022. №3(118). С. 57-64. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.008.57-64

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.

Citation. Tanyukevich V.V., Vereshchagin E.K., Tanyukevich V.V. The Climate Aridity Influence on Landscape Fires in the Volgograd Region. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 57-64. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.008.57-64

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or 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.

Влияние пестицидов на морфологию сеянцев сосны в лесных питомниках: прошлое и настоящее

Светлана Карленовна Стеценко , к.б.н., с.н.с., e-mail: stets_s@mail.ru, ORCID 0000-0002-4885-3817

Геннадий Григорьевич Терехов, д.с.-х.н., в.н.с., ORCID 0000-0002-2312-9224

Елена Михайловна Андреева, к.б.н., с.н.с., ORCID 0000-0003-2651-2541

лаборатория лесовосстановления, защиты леса и лесопользования –

ФГБУН Ботанический сад УрО РАН, e-mail: common@botgard.uran.ru.

620144, ул. 8 Марта, 202а, г. Екатеринбург, Россия

Включение химического метода ухода за посевами сосны обыкновенной в лесных питомниках Свердловской области произошло с начала 70-х годов прошлого столетия и продолжается до настоящего времени. Одним из последствий этого стал тератогенез 2-летних сеянцев сосны, выразившийся в снижении ростовых параметров и отклонениях морфологического строения стволика от нормального фенотипа. Впервые проведен мониторинг морфологического состояния сосны в лесных питомниках спустя более чем 20-летний период, прошедший с начала изучения воздействия пестицидов на сосну на начальном этапе ее онтогенеза. Целью работы был анализ того, как изменялся список применяемых пестицидов для защиты и ухода за посевами в лесных питомниках и оценка возможного влияния этих изменений на соотношение фенотипов сеянцев в посадочном материале сосны. Изучение проблемы основывалось на ведомственных материалах, предоставленных Департаментом лесного хозяйства, а также многолетнем мониторинге состояния сеянцев сосны в лесных питомниках Свердловской области. Данные по распределению 2-летних сеянцев сосны на морфологические группы, полученные в 90-е годы, показали, что количество нормальных сеянцев в разные годы колебалось от 0 до 37 %. Мониторинг посевов сосны, проведенный почти через 30-летний срок выявил, что количество нормальных сеянцев выше – от 28 до 83 %. Вероятной причиной снижения числа тератоморфных сеянцев является появление новых препаратов, заменивших предыдущие соединения, и имеющие свои особенности воздействия на культурные растения. В практическом плане, результаты мониторинга изменения количества сеянцев сосны нормального фенотипа в условиях пестицидного загрязнения почвы агроценоза в зависимости от климатических условий вегетационного сезона, можно использовать при прогнозировании качества получаемого посадочного материала сосны обыкновенной.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, сеянцы, лесные питомники, пестициды.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Ботанического сада УрО РАН (AAAA-A17-117072810009-8).

Поступила в редакцию: 18.07.2022

Принята к печати: 29.08.2022

Рекультивация методами лесовосстановления нарушенных лесных земель должна осуществляться высококачественным посадочным материалом, обладающим высоким потенциалом приживаемости и роста. Посадка культур сеянцами в Свердловской области, пришедшая на смену прежде используемому способу восстановления леса – посеву, привела к резкому увеличению объемов лесокультурных работ в 60-х годах прошлого века [6]. В это же время активно создавались и развивались базисные лесные питомники, которые обеспечивали лесовосстановительные мероприятия необходимым количеством посадочного материала. С начала 70-х годов, когда объемы выращивания посадочного материала резко возросли, и в питомниках стали внедрять химический способ ухода за посевами. Систематическое применение химических уходов в посевных отделениях постоянных лесных питомников привело к накоплению в почве остаточных количеств пестицидов и, вследствие этого, к появлению негативных эффек-

тов в отношении культивируемых растений. Примером этого является тератогенез сеянцев сосны обыкновенной, который выражается в наличии большого количества растений с нарушениями морфологического облика [4], сопровождающимся изменением физиолого-биохимических свойств, что впоследствии становится причиной снижения их жизнеспособности в лесных культурах [5].

Изучение тератогенеза сосны проводилось с 1980-90-х годов под руководством Заслуженного лесовода России, д.-с.-х. наук, вед. н. с. И.А. Фрейберг. Были выполнены многочисленные обследования лесных питомников и культур в разных районах Урала, ставились мелкоделяночные опыты, и проводилась экспериментальная работа в лаборатории. Поскольку проблема воздействия пестицидов на хвойные породы деревьев изучается много лет, появилась возможность изучить тенденции в развитии химического метода защиты сеянцев в лесных питомниках Свердловской области почти за 30-летний период.

Была поставлена цель работы – сравнить, как применяли химические средства ухода за сеянцами и последствия их влияния в начале научных исследований вопроса, и какова современная обстановка в лесных питомниках, связанная с воздействием пестицидов на сеянцы сосны.

Задачи исследования: 1) показать, что изменилось в схеме выращивания посадочного материала с применением химических средств защиты растений в лесных питомниках Свердловской области за 26-летний срок, начиная с 80-90-х годов прошлого века; 2) сравнить морфологическое состояние сеянцев сосны в лесных питомниках в 90-е годы и за период с 2008 по 2013 гг.

Методы исследования. Сравнительный анализ состава пестицидов, использовавшихся для выращивания посадочного материала, проводился на основе сведений, представленных в Справочнике по лесным питомникам [2], Наставлениям по выращиванию посадочного материала... [1] и ведомственным материалам, предоставленным Департаментом лесного хозяйства по Свердловской области.

Мониторинг морфологического состояния сеянцев сосны в связи с применением химических уходов в производственных лесных питомниках проводился сотрудниками отдела Лесоведения Ботанического сада РАН. Двухлетние сеянцы сосны отбирали по диагонали поля с 20-сантиметрового участка посевной ленты. Общий образец сеянцев сосны разбирался на морфологические группы согласно критериям, разработанным для выделения фенотипов сосны, сформированных под влиянием пестицидов [4].

Результаты и обсуждение. В настоящее время в России зарегистрировано около 800 наименований пестицидных препаратов, представляющих собой как химические вещества и их смеси, так и препараты биологического действия на основе штаммов микроорганизмов, грибов и др. В основе этих препаратов заложено около 220 пестицидов, причем в последующем этот перечень растет [3]. Мониторинг пестицидов в России проводят различные ведомства: санитарно-эпидемиологическая служба; Министерство природных ресурсов, и в нем система Росгидромета. В 2020 году выборочно обследовано около 31,1 тыс. га на территории 39 субъектов Российской Федерации. Почва, загрязненная остаточными количествами пестицидов, выявлена на 1,2% обследованных площадей весной и 2,1% осенью. Загрязненные почвы обнаружены на территории 12 субъектов.

При этом отслеживание происходит примерно по 16 «особо опасным» пестицидам. В то же время хозяйства переходят на другие виды препаратов, которые пока не имеют ярко выраженной отрицательной репутации. Так, 2,4-Д входит в список отслеживаемых пестицидов, а глифосат, который активно используется в лесных питомниках, нет. Хотя в литературе встречаются данные о его нега-

тивном влиянии на организмы [8].

В период начала исследований по проблеме воздействия пестицидов на сеянцы в лесных питомниках (примерно с 1987 г.) применялся следующий набор пестицидов. Для уничтожения сорной травянистой растительности в паровых полях в основном применялись гербициды 2,4-Д и далапон. Для уничтожения всходов сорняков до- и после всходовой обработки посевов широко использовались симазин и значительно реже атразин. Предпосевная обработка семян включала применение фунгицидов: ТМТД и фундазол (беномил). Борьба с фитозаболеваниями осуществлялась 1-2-кратной (в каждый год выращивания) обработкой посевов сосны водными суспензиями фунгицидов ТМТД, фундазол и байлетон. Следует учесть также, что в период 2- или 3-летнего выращивания сеянцев вносят большое количество минеральных удобрений на химической основе в те же самые посевные поля. Органические удобрения почти не вносят, сидеральный пар применяют крайне редко. Срок между посевами сокращен. Таким образом, одни и те же посевные поля ежегодно получают значительное количество различных химических веществ (пестицидов).

Данные по распределению 2-летних сеянцев сосны на морфологические группы, полученные в 90-е годы, показывают (табл. 1), что более половины сеянцев сосны в посевах имели тератоморфный облик, вызванный отрицательным воздействием пестицидов, а количество нормальных сеянцев в разные годы колебалось от 0 до 37 %. На Сысертской семеноводческой станции (контрольный объект), где усиленные химические уходы не применялись, количество нормальных сеянцев в 1987 г. составило 95 %.

Сведения о проведении мероприятий по химическому уходу в лесных питомниках Свердловской области с 2009 по 2011 год показали, что список пестицидов немного расширился, в то же время некоторые препараты были исключены из данного перечня. Появились такие препараты как раундап, ураган, анкор, гоал, глифос, привент, фюзиланд, зеллек-супер и др. Обработки посевных полей питомников пестицидами происходят систематически, и более того, объем примененных препаратов увеличивается с каждым годом, несмотря на экономические трудности в лесных хозяйствах. Мониторинг морфологического состояния производственных посевов сосны в некоторых питомниках Свердловской области с 2008 по 2013 год, проведенный сотрудниками лаборатории лесовосстановления, защиты леса и лесопользования Ботанического сада УрО РАН, показал, что количество нормальных сеянцев в разные годы колебалось от 28 до 83 % (табл.2). Некоторое снижение числа тератоморфных сеянцев относительно предыдущего временного периода, вероятнее всего, связано с изменением ассортимента пестицидов.

Таблица 1 – Распределение семян сосны обыкновенной в лесных питомниках Свердловской области по морфологическим группам с 1987 по 1994 год
(по данным лаборатории лесовосстановления; рук. темы д.с.-х.н., И.А. Фрейберг [4])

Лесной питомник	Год	Нормальные семена, %	Тератоморфные семена, %		
			условно нормальные	аномальные	всего
Бисертский	1989	37	14	49	63
Полевской	1989	0	48	52	100
Невьянский	1989	34	54	12	66
Первоуральский	1987	0	82	18	100
	1992	27	36	37	73
	1994	13	61	26	87
Сухоложский	1987	0	52	48	100
	1988	7	18	75	93
	1992	11	25	64	89
	1994	16	59	25	84
Уралмашевский	1992	37	49	14	63
	1994	15	75	10	85
Верхне-Сысертский	1994	0	56	44	100
Сысертская производственная семеноводческая станция	1987	95	0	5	5

Таблица 2 – Распределение 2-летних семян сосны обыкновенной по морфологическим группам в лесных питомниках Свердловской области с 2008 по 2013 год

Лесной питомник	Год	Нормальные семена, %	Тератоморфные семена, %		
			условно нормальные	аномальные	всего
Березовский	2008	75	4	21	25
	2009	29	39	32	71
	2010	32	30	38	68
	2011	33	32	35	67
	2012	62	18	20	38
	2013	41	37	22	59
Бардымский, Нижние Серги	2009	0	48	52	100
Первоуральский	2011	40	50	10	60
Невьянский	2011	83	12	5	17
	2012	28	63	9	72
	2013	55	25	20	45
Балтымский (бывший Уралмашевский)	2012	40	48	12	60
	2013	47	30	23	53

Если бы присутствие в посевах растений с нарушениями морфологического облика объяснялось только неизбежным наличием естественных мутаций, то количество семян с отклонениями было бы более-менее постоянно, и такой флуктуации количества нормальных и тератоморфных семян по годам не наблюдалось. Таким образом,

такое колебание в количестве семян по морфологическим группам можно объяснить только действием внешних факторов. В данном случае, как показали исследования, наличие отклонений в развитии семян обусловлены действием пестицидов [4]. Кроме того, из литературных данных известно, что пестициды, попадая в почву, адсор-

бируются на почвенно-поглощающий комплекс [7, 10]. А в некоторых случаях при изменении климатических условий, чаще всего – это увеличение влажности почвы, пестициды могут более активно переходить в почвенный раствор и увеличивать свои шансы проникновения в растения, и далее оказывать негативное влияние на них [8, 9]. Специальное изучение вопроса о взаимосвязи между количеством осадков в течение вегетационного периода (с мая по август) и выходом семян нор-

мального фенотипа с 2008 по 2013 год в производственных посевах сосны в Березовском лесном питомнике показало, что в большинстве случаев уменьшение количества осадков сопровождается повышением выхода 2-летних сеянцев нормально-го фенотипа (Рис.). Объясняется это тем, что в сухую погоду пестициды теряют свою подвижность в почве, а значит меньше попадают в растения, и негативный их эффект снижается – сеянцы сохраняют нормальную морфологию.



Рисунок. Количество выпавших осадков в течение вегетационного периода (май-август) и выход сеянцев нормального фенотипа в Березовском лесном питомнике (Метеоданные с метеостанции Екатеринбург, Россия, WMO_ID=28440; rp5.ru)

Выводы:

1. Применение химического способа защиты растений в нашей стране в аграрных и лесных хозяйствах продолжается, поскольку альтернативного варианта эффективного ухода за растительной продукцией еще не разработано.

2. Применение пестицидов в питомниках Свердловской области происходит ежегодно при проведении всех видов ухода за сеянцами (борьба с сорной растительностью, защита от болезней и др.). Список используемых пестицидов обновляется с разработкой новых препаратов.

3. Количество нормальных и тератоморфных (вследствие отрицательного влияния пестицидов) сеянцев сосны в производственных посевах отличается значительными колебаниями, что, предположительно, связано с количеством влаги (атмосферных осадков), поступающей в почву в течение вегетационного периода, которая обуславливает в свою очередь подвижность пестицидов и их способность воздействовать на растения.

Литература:

1. Наставление по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых пород в лесных питомниках Уральского региона. М.: ВНИИЦлесресурс. 1998. 172 с.

2. Новосельцева А.И., Смирнов Н.А. Справочник по лесным питомникам // Лесная промышленность.

1983. 280 с.

3. Состояние загрязнения пестицидами объектов природной среды Российской Федерации в 2020 году. Ежегодник. – Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун». 2021. 88 с.

4. Фрейберг И.А., Ермакова М.В., Стеценко С.К. Модификационная изменчивость сосны обыкновенной в условиях пестицидного загрязнения / Екатеринбург: УрО РАН. 2004. 76 с.

5. Фрейберг И.А., Стеценко С.К. Физиолого-биохимические отклики сосны на действие пестицидов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 11 (85). С. 36-39.

6. Чернов Н.Н. Краткая история лесокультурного дела на Урале. Учебное пособие. Екатеринбург: УГЛТА, 1995. 78 с.

7. Шушкова Т.В., Васильева Г.К., Ермакова И.Т., Леонтьевский А.А. Сорбция глифосата и его микробная деградация в почвенных суспензиях // Прикладная биохимия и микробиология. 2009. Т. 45. № 6. С. 664-669.

8. Cox C. Glyphosate (Roundap). *J. Pesticide Reform*. 1998. Vol. 18(3). pp. 3-16.

9. Eberbach P.L. Applying non-steady-state compartmental analysis to investigate the simultaneous degradation of soluble and sorbed glyphosate (N-(phosphonomethyl)glycine) in four soils. *Pesticide science*. 1998. Vol. 52(3). pp. 229-240.

10. Rampoldi E.A. Hang S., Barriuso E. The fate of glyphosate in crop residues. *Soil Science Society of America Journal*. 2010. Vol. 75. No. 2. pp. 553-559.

The Influence of Pesticides on the Pine Seedlings Morphology in Forest Nurseries: Past and Present

Svetlana K. Stetsenko ✉, K.B.N., Senior Researcher, e-mail: stets_s@mail.ru, ORCID0000-0002-4885-3817

Gennadii G. Terekhov, D.S-Kh.N., Leading Researcher, ORCID 0000-0002-2312-9224,

Elena M. Andreeva, K.B.N., Senior Researcher, ORCID 0000-0003-2651-2541,

Laboratory of Reforestation, Forest Protection and Forest Management

Botanical Garden Ural Branch of Russian Academy of Sciences, e-mail: common@botgard.uran.ru,

620144, 8 Marta str., 202a, Ekaterinburg, Russia

Abstract. The inclusion of the chemical method of caring for the scots pine crops in the forest nurseries of the Sverdlovsk region has occurred since the early 70s of the last century and continues to the present. One of the consequences was the teratogenesis of 2-year-old pine seedlings, which resulted in a decrease in growth parameters and deviations of the stem morphological structure from the normal phenotype. For the first time, the morphological state of pine in forest nurseries was monitored after more than 20 years, which has passed since the beginning of the effects of pesticides on pine study at the initial stage of its ontogenesis. The aim of the work was to analyze how the list of pesticides used to protect and care for crops in forest nurseries changed and to assess the possible impact of these changes on the seedlings phenotypes ratio in pine planting material. The study of the problem was based on departmental materials provided by the Forestry Department, as well as long-term monitoring of the pine seedlings condition in forest nurseries of the Sverdlovsk region. Data on the division of 2-year-old pine seedlings into morphological groups obtained in the 90s showed that the number of normal seedlings in different years ranged from 0 to 37%. Monitoring of pine crops carried out after almost 30 years revealed that the number of normal seedlings is higher – from 28 to 83%. The probable reason for the decrease in the number of teratomorphic seedlings is the appearance of new drugs that have replaced the previous compounds and have their own characteristics of impact on cultivated plants. In practical terms, the results of changes in the number of pine seedlings of normal phenotype monitoring in pesticide contamination of the soil in the agrocenosis conditions, depending on the climatic conditions of the growing season, can be used to predict the resulting planting material of the common pine quality.

Keywords: Scots pine, seedlings, forest nurseries, pesticides

The work was carried out within the framework of the State Task for the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (AAAA17-117072810009-8).

Received: 18.07.2022

Accepted: 29.08.2022

Translation of Russian References:

1. *Nastavlenie po vyrashchivaniyu posadochnogo materiala drevesnykh i kustarnikovykh porod v lesnykh pitomnikakh Ural'skogo regiona* [Instruction on growing planting material of tree and shrub species in forest nurseries of the Ural region]. Moscow. All-Russian Scientific Research Information Center «Lesresurs» Publ. house. 1998. 172 p.

2. Novosel'tseva A.I., Smirnov N.A. *Spravochnik po lesnym pitomnikom* [Handbook of forest nurseries]. *Lesnaya promyshlennost'* [Forest industry]. 1983. 280 p.

3. *Sostoyanie zagryazneniya pestitsidami ob'ektov prirodnoy sredy Rossijskoj federatsii v 2020 godu* [The state of pesticide pollution of the natural environment of the Russian Federation in 2020]. Yearbook. Obninsk. RPA «Typhoon» Publ. house. 2021. 88 c.

4. Frejberg I.A., Ermakova M.V., Stetsenko S.K. *Modifikatsionnaya izmenchivost' sosny obyknovnoy v usloviyakh pestitsidnogo zagryazneniya* [Modification variability of scots pine under conditions of pesticide contamination]. Ekaterinburg. Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Publ. house. 2004. 76 p.

5. Frejberg I.A., Stetsenko S.K. *Fiziologo-biokhicheskie otkliki sosny na dejstvie pestitsidov* [Physiological and biochemical responses of pine to the action of pesticides]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2011. 11 (85). pp. 36-39.

6. Chernov N.N. *Kratkaya istoriya lesokul'turnogo dela na Urale* [A brief history of forestry and cultural affair in the Urals] Study guide. Ekaterinburg, USFEU Publ. house. 1995. 78 p.

7. Shushkova T.V., Vasil'eva G.K., Ermakova I.T., Leont'evskij A.A. *Sorbtsiya glifosata i ego mikrobnaya degradatsiya v pochvennykh suspenziyakh* [Sorption of glyphosate and its microbial decomposition in soil suspensions]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* [Applied biochemistry and microbiology]. 2009. T. 45. 6. pp. 664-669.

Цитирование. Стеценко С.К., Терехов Г.Г., Андреева Е.М. Влияние пестицидов на морфологию сеянцев сосны в лесных питомниках: прошлое и настоящее // Научно-агрономический журнал. 2022. №3(118). С. 65-69. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.009.65-69

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.

Citation. Stetsenko S.K., Terekhov G.G., Andreeva E.M. The Influence of Pesticides on the Pine Seedlings Morphology in Forest Nurseries: Past and Present. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 65-69. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.009.65-69

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or 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.

Особенности содержания фотосинтетических пигментов в хвое сосны обыкновенной в разных экологических условиях

Алина Петровна Дегтярева , e-mail: ali.serdyukova@yandex.ru, м.н.с. лаборатории экологической генетики, ORCID 0000-0001-9583-2368 – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», e-mail: ilgis@lesgen.vrn.ru, ул. Ломоносова, д.105, г. Воронеж, Россия

С каждым годом в России увеличиваются темпы хозяйственной деятельности человека. Данный факт приводит к ухудшению природной среды и, как следствие, к снижению продуктивности лесных биоценозов. Сосна обыкновенная является одной из главных лесообразующих пород, имеет широкое распространение и является биоиндикационным видом: способна реагировать на изменение условий мест произрастания. В статье проанализировано два насаждения сосны обыкновенной, произрастающих на разных экологических территориях: в относительно чистой природной среде и в условиях антропогенного воздействия. Нами проведены измерения содержания фотосинтетических пигментов в хвое исследуемых деревьев с целью выявления реакции сосны на загрязнение окружающей среды. Установлено, что в хвое сосны обыкновенной из неблагоприятной экологической территории количество хлорофилла *b* выше на 31%, а сумма хлорофиллов *a+b* выше на 15%, чем в насаждении из экологически чистой местности. Данный факт может носить адаптивный характер к воздействию неблагоприятных условий окружающей среды. Также выявлено уменьшение соотношения хлорофиллов *a/b* на 16% в условиях антропогенной нагрузки, что указывает на снижение активности фотосинтетического аппарата сосны. Таким образом, в загрязнённых условиях среды отмечен рост содержания хлорофилла *b* и суммы хлорофиллов *a+b*, а также снижение соотношения хлорофиллов *a/b*.

Ключевые слова: контрастные экологические условия, антропогенная нагрузка, сосна обыкновенная, фотосинтетические пигменты, хлорофилл *a*, хлорофилл *b*.

Поступила в редакцию: 18.07.2022

Принята к печати: 01.09.2022

На сегодняшний день существуют серьёзные глобальные экологические проблемы мирового характера, связанные с изменением климата, сокращением биоразнообразия, воздействием загрязняющих веществ на атмосферные, водные и почвенные ресурсы, опустыниванием крупных территорий и так далее [6]. Все эти проблемы являются, главным образом, следствием антропогенной деятельности и могут быть решены только путём скоординированного действия стран всей планеты [8]. С каждым годом отмечается повсеместное увеличение темпов хозяйственной деятельности человека. В Центрально-Чернозёмном районе одной из главных отраслей хозяйства является сельское хозяйство. В результате длительного сельскохозяйственного использования изменяется химический состав почв региона из-за интенсификации земледелия, вследствие развития животноводства происходит загрязнение атмосферного воздуха, также интенсивно происходит загрязнение водной среды [1]. Загрязняющие вещества способны накапливаться во всех частях растений, что приводит к нарушениям их физиолого-биохимических процессов, ослаблению, развитию болезней, активизации деятельности различных вредителей и, в конечном счете, к дальнейшей гибели [3].

Лесные насаждения способствуют разрешению ряда экологических проблем, их роль в жизни всей планеты невозможно переоценить. Леса содействуют сохранению богатства почв, препятствуют

её эрозии: защищают от водного и ветрового разрушения. Также с целью сохранения комфортных климатических условий и для препятствия глобальному потеплению, которое в последние годы вызывает острый серьёзный интерес у учёных всего мира, необходимо развивать лесную растительность [9]. В Центрально-Чернозёмном районе основной лесообразующей породой является сосна обыкновенная. Для эффективного лесовыращивания данной породы необходимо изучить особенности её произрастания на антропогенно загрязнённой территории [15].

Сосна обыкновенная может выступать в качестве биоиндикатора, так как способна реагировать на изменения экологической обстановки мест произрастания. О степени загрязнения территории может говорить пигментный состав хвои. При накоплении токсических веществ в хлоропластах, происходит их деструкция и распад пигментов, в частности, хлорофиллов. Уровень хлорофиллов *a* и *b* может быть использован у растений в качестве одного из показателей его устойчивости к неблагоприятным факторам среды. У сосны обыкновенной содержание разных форм хлорофиллов может изменяться под влиянием внешних факторов: экологии мест произрастания, антропогенной нагрузки. Пигментный состав хвои может являться маркером состояния окружающей среды и степени адаптации растений к изменяющимся условиям, так как загрязняющие вещества могут накапливаться в разных частях растений и препятствовать

нормальному функционированию деревьев [2]. В литературе отмечается снижение количества хлорофиллов а и b, а также суммы хлорофиллов под воздействием загрязняющих веществ окружающей среды [5].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью оценки и мониторинга деградации сосновых насаждений под воздействием антропогенных факторов, негативно влияющих на состояние природной среды.

Целью исследования являлось количественное определение и сравнительная характеристика содержания фотосинтетических пигментов (хлорофиллов а и b) в хвое сосны обыкновенной, произрастающей в относительно экологически чистой среде и на антропогенно загрязненной территории.

Материалы и методика исследования. Исследования проводили в Воронежской области – крупном аграрном регионе Центрального Черноземья. Сбор материалов осуществляли в 2020 году в Кан-

темировском районе, на юге области. Координаты изучаемых объектов: насаждение 1 – 49.666508, 39.749812; насаждение 2 – 49.680931, 39.855078.

Для сравнительной оценки содержания фотосинтетических пигментов в зависимости от экологических условий мест произрастания выбрано два насаждения сосны обыкновенной (рис.1). Насаждение 1 – лесные культуры сосны, произрастают по склонам оврагов и балок, защищают местность от дальнейшего оврагообразования и разрушения почвенного покрова. Насаждение расположено в относительно экологически чистой местности: в отдалении от городской среды и автодорог. Насаждение 2 – сосна обыкновенная, произрастающая в городской черте. Рядом с насаждением расположена автотрасса, высоковольтные линии электропередач, сельскохозяйственные поля, завод и животноводческая ферма, которая не функционирует в настоящее время, но оказывала негативное влияние на экологическую обстановку местности во время закладки насаждения.



Рисунок 1. Общий вид изучаемых популяций, где А – лесные культуры сосны обыкновенной; Б – сосна обыкновенная из антропогенной среды

С каждой изучаемой популяцией была отобрана случайная выборка из 30 деревьев. Сбор хвои производили со средней части кроны дерева в зимний период, когда деревья находились в состоянии покоя.

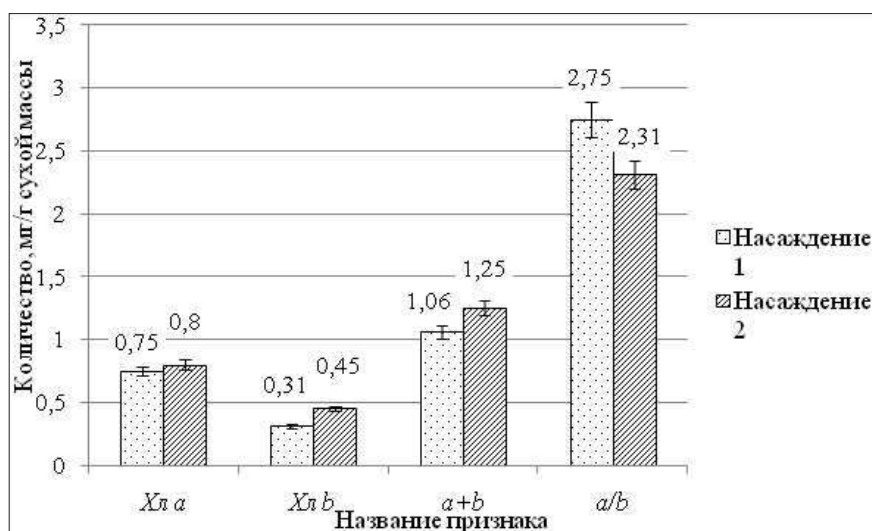
Выделение фотосинтетических пигментов из растительных тканей осуществляли по стандартной методике [9] путём экстракции хвои в этиловом спирте [4].

Оптическую плотность полученных экстрактов определяли на спектрофотометре UNICO 2800 в двукратной повторности. Концентрацию хлорофиллов вычисляли по формулам Винтерманса и Де Мотса [16]. Содержание хлорофиллов а и b рас-

считывали на массу сухого вещества.

Обработку данных проводили с использованием пакета программ Microsoft Office Excel. Проверка данных выборки на тип распределения проводилась с помощью показателей эксцесса и асимметрии. Оценку различий между выборками производили с помощью t-критерия Стьюдента. Полученные данные достоверны при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. На рисунке и в таблице показаны средние для изучаемых популяций полученные данные количественного измерения хлорофиллов а и b. Оценка вариабельности данных на рисунке дана в виде доверительного интервала.

Рисунок 2. Содержание хлорофиллов а и в в исследуемых популяциях *Pinus Sylvestris L.*

Из полученных результатов следует, что уровень хлорофилла а на антропогенно нарушенной территории выше на 0,05 и составляет 0,8 мг/г сухой массы, количество хлорофилла b также выше в насаждении 2 на 0,14 и составляет 0,45 мг/г сухой массы, чем в насаждении из экологически чистой зоны. Из таблицы видно, что коэффициент вариации хлорофилла b имеет высокое значение, что означает неоднородность данных по этому пара-

метру. Сумма хлорофиллов а+b также выше в насаждении 2 на 0,19 и составила 1,25 мг/г сухой массы, однако соотношение хлорофиллов а/b выше в насаждении 1 из экологически благоприятной территории на 0,44 и составляет 2,75 мг/г сухой массы. Значения коэффициента вариации для хлорофилла а, суммы хлорофиллов а+b и отношения хлорофиллов а/b не превышают 33%, что говорит об однородности данных (таблица).

Таблица – Статистические показатели содержания хлорофиллов а и b в исследуемых популяциях *Pinus Sylvestris L.*

	X±Sx		Min		Max		R		Cv	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Хл а	0,75±0,05	0,80±0,04	0,32	0,38	1,29	1,33	0,97	0,95	33%	23%
Хл b	0,31±0,03	0,45±0,07	0,10	0,18	0,60	1,90	0,5	1,72	45%	84%
a+b	1,06±0,06	1,25±0,07	0,53	0,57	1,73	2,58	1,2	2,01	33%	31%
a/b	2,75±0,17	2,31±0,14	1,3	0,36	4,9	3,58	3,6	3,22	33%	32%

Примечание: 1 – насаждение 1; 2 – насаждение 2. X±Sx – среднее арифметическое ± стандартная ошибка; Min – минимальное значение; Max – максимальное значение; R – размах признака; Cv – коэффициент вариации.

Различия уровня хлорофилла а в исследуемых популяциях незначительны. Преобладание хлорофилла b на антропогенно нарушенной территории (показатель выше на 31%) может носить адаптивный характер. Из литературных данных известно, что при избыточном поступлении токсичных веществ, перегреве вегетативных органов растений и дефиците влаги образуется больше хлорофилла b. Хлорофилл а является менее стабильной формой [11,12].

Также известно, что в условиях антропогенного загрязнения среды, происходит разрушение фотосинтетических пигментов, при этом хлорофилл а больше подвержен разрушению, в следствии чего возрастает количество хлорофилла b в растениях [13, 14]. Данный факт прослеживается и в результатах нашего исследования: в насаждении 2 из

загрязнённых экологических условий количество хлорофилла b выше, чем в насаждении 1. Исходя из полученных результатов, сумма хлорофиллов а+b выше в насаждении из урбанизированной среды.

В литературных источниках также описано, что при долгосрочном воздействии токсических веществ на природную среду, содержание пигментов в древесных растениях может увеличиваться. Это может быть связано с накоплением веществ, необходимых для синтеза пигментов: продуктов окисления углеводов, органических кислот, пролина, глицерина [7]. Что объясняет полученные результаты по увеличению количества хлорофиллов а и b в насаждении 2 из экологически неблагоприятной природной среды.

Отношение хлорофиллов а/b характеризует

показатель потенциальной активности фотосинтеза. По результатам нашего исследования можно сделать вывод, что несмотря на более высокий уровень содержания хлорофиллов в насаждении 2, потенциальная активность фотосинтеза выше в насаждении 1 из экологически чистой территории.

Заключение. Большее количество хлорофиллов в ассимиляционном аппарате сосны из городской среды можно расценивать как адаптационный признак к избыточному поступлению загрязняющих веществ и меньшему количеству освещенности, чему способствует более густая посадка деревьев в насаждении 2: количество хлорофилла а выше на 6%, количество хлорофилла b выше на 31%, а сумма хлорофиллов а+b выше на 15%.

В насаждении 1 из относительно экологически благоприятных условий, исходя из соотношения хлорофиллов а/b, показатель потенциальной активности фотосинтеза выше на 16 %, чем в насаждении 2.

Таким образом, из полученных данных можно сделать вывод, что природная среда оказывает влияние на пигментный состав хвои сосны обыкновенной. Изменение количества и соотношения фотосинтетических пигментов сосны обыкновенной носит адаптационный характер к экологическим условиям.

Литература:

1. Алмобарак Ф., Межова Л.А. Экологический анализ проблем сельскохозяйственного природопользования Центрального Черноземья // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9. № 2(31). С. 10-14.
2. Григорьев Ю.С., Андреев Д.Н. К вопросу о Методике регистрации замедленной флуоресценции хлорофилла при биоиндикации загрязнения воздушной среды на хвойных // Естественные науки. 2012. № 2(39). С. 36-39.
3. Иванов В.П., Марченко С.И., Иванов Ю.В. Влияние погодных условий на женскую генеративную сферу сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2015. № 3 (31). С. 114-130.
4. Кальченко Л.И., Артымук С.Ю., Тараканов В.В., Игнатьев Л.А. Эколого-генетическая изменчивость содержания хлорофиллов «а» и «b» в хвое сосны обыкновенной // Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. XXIV. № 2 – 3. С. 193-196.
5. Кулагин А.Ю., Шаяхметова Р.И. Особенности содержания фотосинтетических пигментов в хвое сосны

обыкновенной в условиях нефтяного загрязнения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2-2. С. 434-437.

6. Мохов И.И., Семенов В.А. Погодно-климатические аномалии в российских регионах и их связь с глобальными изменениями климата // Метеорология и гидрология. 2016. № 2. С. 16-28.

7. Овечкина Е.С., Шаяхметова Р.И. Влияние антропогенных факторов на содержание пигментов сосны обыкновенной в летне-зимний период на территории Нижневартовского района // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 6. С. 236-241.

8. Саранкина Ю.А. Глобальные экологические проблемы современности: характеристика и основные направления преодоления // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Юридические науки. 2017. Т. 3 (69). № 3. С. 193-199.

9. Сердюкова А.П. Оценка состояния защитных лесных насаждений сосны обыкновенной в засуху 2019 года в степной зоне Воронежской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 4(63). С. 77-80.

10. Третьяков Н.Н., Карнаухова Т.В., Паничкин Л.А. и др. Практикум по физиологии растений. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. 271 с.

11. Allen C.E., Good P., Davis H.F., Chisum P., Fowler S.D. Methodology for the separation of plant lipids and application to spinach leaf and chloroplast lamellae. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 1966. Vol. 43. № 4. pp. 223-231.

12. Boardman N.K. In: *The Chlorophylls*. Ed by L.P. Vernon and G.R. Seely – Academic Press, New York, 1966. pp. 437-479.

13. Ensminger I., Sveshnikov D., Campbell D.A. Intermittent low temperatures constrain spring recovery of photosynthesis in boreal Scots pine forests. *Global Change Biology*. 2004. Vol. 10. pp. 1-14.

14. Martz F., Sutinen M.-L., Derome K. et. al. Effects of ultraviolet (UV) exclusion on the seasonal concentration of photosynthetic and UV-screening pigments in Scots pine needles. *Global Change Biology*. 2007. Vol. 13. pp. 252-265.

15. Serdyukova A.P. The state of Scots pine plantations in the steppe Voronezh region in drought conditions and under anthropogenic influence. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*: 9, Orenburg, 07-11.06.2021. Orenburg. 2021. P. 012098.

16. Wintermans J.E.G., De Mots A. Spectrophotometric Characteristics of Chlorophyll a and b and Their Phaeophytins in Ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1965. №109. pp. 448-453.

DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.010.70-74

Features of Photosynthetic Pigments Content in the Pine Needles of the Scots Pine in Different Environmental Conditions

Alina P. Degtyareva[✉], Junior Researcher, e-mail: ali.serdyukova@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9583-2368 – Laboratory of Ecological Genetics Federal State Budgetary Institution “All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology”, 105 Lovonosov str, Voronezh, Russia

Abstract. Every year in Russia, the rate of human economic activity is increasing. This fact leads to a

deterioration of the natural environment and, as a consequence, to a decrease in the productivity of

forest biocenoses. The scots pine is one of the main forest-forming species, has a wide distribution and is a bioindicative species: it is able to respond to changes in the conditions of growing places. The article analyzes two stands of scots pine growing in different ecological territories: in a relatively clean natural environment and in conditions of anthropogenic impact. We have measured the content of photosynthetic pigments in the needles of the studied trees in order to identify the reaction of pine to environmental pollution. It was found that the amount of chlorophyll b in the pine's needles from an unfavorable ecological area is 31% higher, and the amount of chlorophylls a+b is 15% higher than in the planting from an ecologically clean area. This fact may be adaptive to the effects of adverse environmental conditions. A decrease in the ratio of chlorophylls a/b by 16% under anthropogenic load was also revealed, which indicates a decrease in the activity of the pine's photosynthetic apparatus. Thus, in polluted environmental conditions, an increase in the chlorophyll b content and the amount of chlorophylls a+b was noted, as well as a decrease in the ratio of chlorophylls a/b.

Keywords: contrasting environmental conditions, anthropogenic load, scots pine, photosynthetic pigments, chlorophyll a, chlorophyll b

Received: 18.07.2022

Accepted: 01.09.2022

Translation of Russian References:

1. Almobarak F., Mezхова L.A. *Ekologicheskiy analiz problem sel'skokhozyaystvennogo prirodopol'zovaniya Tsentral'nogo Chernozem'ya* [Ecological analysis of agricultural environmental management problems in the Central Chernozem region]. *Samarskiy nauchnyy vestnik* [Samara Journal of Science]. 2020. Vol. 9. No 2(31). pp. 10-14.
2. Grigoriev Yu.S., Andreev D. N. *K voprosu o Metodike registratsii zamedlennoy fluoretsentsii khlorofilla pri bioindikatsii zagryazneniya vozdukhnoy sredy na khvoynykh* [About the technique of the chlorophyll delayed fluorescence registration at bioindication of the air pollution on coniferous]. *Yestestvennyye nauki* [Natural Sciences]. 2012. 2 (39). pp. 36-39.
3. Ivanov V.P., Marchenko S.I., Ivanov Yu.V. *Vliyaniye pogodnykh usloviy na zhenskuyu generativnyuyu sferu sosny obyknovennoy (Pinus Sylvestris L.)* [Influence of weather conditions on the female generative sphere of scots pine (Pinus sylvestris L.)]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. [Tomsk State University Journal of

Biology]. 2015. 3 (31). pp. 114-130.

4. Kalchenko L.I., Artymuk S.Yu., Tarakanov V.V., Ignatiev L.A. *Ekologo-geneticheskaya izmenchivost' sodержaniya khlorofillov «a» i «b» v khvoye sosny obyknovennoy* [Ecological and genetic variability of the content of chlorophylls "a" and "b" in the needles of scots pine]. *Khvoynyye boreal'noy zony* [Conifers of the boreal area]. 2007. Vol. XXIV. 2 - 3. pp. 193-196.

5. Kulagin A.Yu., Shayakhmetova R.I. *Osobennosti sodержaniya fotosinteticheskikh pigmentov v khvoye sosny obyknovennoy v usloviyakh neftyanogo zagryazneniya* [Peculiarities of photosynthetic pigments content in the *Pinus sylvestris* (L.) needles in conditions of oil pollution]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2016. Vol. 18. 2-2. pp. 434-437.

6. Mokhov I.I., Semenov V.A. *Pogodno-klimaticheskiye anomalii v Rossiyskikh regionakh i ikh svyaz' s global'nymi izmeneniyami klimata* [Weather and climate anomalies in Russian regions and their connection with global climate change]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology]. 2016. 2. pp. 16-28.

7. Ovechkina Ye.S., Shayakhmetova R.I. *Vliyaniye antropogennykh faktorov na sodержaniye pigmentov sosny obyknovennoy v letne-zimniy period na territorii Nizhneartovskogo rayona* [Influence of anthropogenic factors on the pigments content of scots pine in summer-winter period on the territory of Nizhneartovsk region]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2015. Vol. 17. 6. pp. 236-241.

8. Sarankina YU.A. *Global'nyye ekologicheskiye problemy sovremennosti: kharakteristika i osnovnyye napravleniya preodoleniya* [Global ecological problems of the present: the characteristic and the basic directions of overcoming]. *Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Yuridicheskiye nauki* [Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Juridical science.]. 2017. Vol. 3 (69). 3. pp. 193-199

9. Serdyukova A.P. *Otsenka sostoyaniya zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy sosny obyknovennoy v zasukhu 2019 goda v stepnoy zone Voronezhskoy oblasti* [Assessment of the protective forest plantations of scots pine state in the drought of 2019 in the steppe zone of the Voronezh region]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Michurinsky State Agrarian University]. 2020. 4(63). pp. 77-80.

10. Tret'yakov N.N., Karnaukhova T. V., Panichkin L. A. and other. *Praktikum po fiziologii rasteniy* [Practicum on plant physiology]. 3th edition, supplemented and revised. Moscow: Agropromizdat Publ. house, 1990. 271 p.

Цитирование. Дегтярева А.П. Особенности содержания фотосинтетических пигментов в хвое сосны обыкновенной в разных экологических условиях // Научно-агрономический журнал. 2022. №3(118). С. 70-74. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.010.70-74

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.

Citation. Degtyareva A.P. Features of Photosynthetic Pigments Content in the Pine Needles of the Scots Pine in Different Environmental Conditions. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 70-74. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.010.70-74

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or 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.

Феноритмика представителей родового комплекса *Gleditsia* в условиях интродукции

Кристина Андреевна Мельник✉, м.н.с. лаборатории биоэкологии древесных растений,
e-mail: melnik-k@vfanc.ru, ORCID 0000-0002-7103-6436;

Алия Шамильевна Хужахметова, в.н.с. лаборатории биоэкологии древесных растений,
ORCID 0000-0001-5127-8844 – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Рос-
сийской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), info@vfanc.ru,
400062, Университетский проспект, 97, Волгоград, России

Изучение особенностей прохождения феноритмики интродуцентов позволяет судить об адаптации древесных растений к новым условиям и необходимо для решения практических задач при обогащении дендрофлоры лесомелиоративных комплексов. Исследование проводили с целью выявления особенностей феноритмики интродуцированных представителей рода *Gleditsia* в условия Волгоградской области. Метод фенонаблюдений применен при мониторинге за растениями *Gleditsia texana*, *G. caspica*, *G. triacanthos*, *G. sinensis*, *G. aquatica*, *G. japonica*, коллекции которых расположены на участках ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10). По многолетним данным (1980-2020 гг.) установлено, что изменение сроков прохождения различных фенологических фаз таксонов рода *Gleditsia* происходит под влиянием напряженности факторов внешней среды. По срокам прохождения фенофазы распускания почек *G. triacanthos* и *G. sinensis* были построены линии тренда. У растений *G. triacanthos* за последние 40 лет сдвиг сроков происходит незначительно (с достоверностью аппроксимации 0,875). Выявлена оптимальная температура для начала активного прохождения различных фенологических фаз. У наблюдаемых видов рода *Gleditsia* выявлены незначительные различия в сроках начала и окончания цветения в разные годы. Виды североамериканского происхождения (*G. texana*, *G. triacanthos*) проходят полный цикл развития, что говорит об успешности их интродукции и адаптации.

Ключевые слова: древесные растения, *Gleditsia*, фенологические наблюдения, линия тренда фенодат, обогащение, лесомелиоративные комплексы

Исследования проведены в рамках выполнения ГЗ № FNFE-2021-0001 «Научные основы и технологии обогащения дендрофлоры лесомелиоративных комплексов хозяйственно ценными древесными и кустарниковыми растениями в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий» (Регистрационный номер 121041200197-8), финансирование Министерства науки и высшего образования РФ.

Поступила в редакцию: 05.07.2022

Принята к печати: 23.08.2022

В связи с достоверной тенденцией усиления темпов потепления и деградации территорий одной из первостепенных проблем современной агролесомелиоративной науки является изучение реакций растений на возможные климатические изменения [6, 7]. За рубежом [9, 11, 12, 13] ведутся активные исследования по улучшению точности прогноза реакции растений на будущие климатические условия.

Фитофенологические исследования позволяют оценить приспособленность древесных растений к условиям интродукции, выявить закономерности сезонного развития при воздействии конкретных факторов [2, 8, 10, 14]. Первые отечественные ученые, которые внесли большой вклад в развитие фенологии как науки, – это В.А. Батманов, М.К. Куприянова и А.П. Щенников [4]. В своих научных работах они уделяли внимание прогнозированию развития растений по фенологическим этапам на основе индивидуальных особенностей самих объектов исследования и взаимодействия абиотических, биотических факторов. Накопленный массив фенодат за значительный промежуток времени позволяет выявить тенденции изменений природ-

ных процессов и планировать сроки реализации сезонно-зависимых мероприятий в сельском и лесном хозяйстве.

Виды рода *Gleditsia* относят к засухоустойчивым и декоративным растениям, которые способны привлечь полезную энтомофауну, как нектаропыльценосы. В различных источниках указывается медопродуктивность от 200 до 250 кг/га насаждений. Гледичия уступает по этому показателю только видам рода *Robinia*. Однако более поздние сроки цветения *Gleditsia* дают преимущество перед *Robinia*, что имеет важное значение для организации пчеловодами дополнительной кормовой базы для получения качественной продукции.

Цель исследований – выявить особенности феноритмики интродуцированных представителей рода *Gleditsia* в условия Волгоградской области.

Материалы и методы исследования. Объектами фитофенологических исследований являлись представители родового комплекса гледичия (*Gleditsia*), произрастающие на кластерных участках ФНЦ агроэкологии РАН (кадастр. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10). По общепринятым методикам [2, 3] изучена феноритми-

ка представителей родового комплекса *Gleditsia* к данным климатическим условиям среды. Для установления среднемноголетних календарных дат наступления фенофаз были привлечены фенологические записи отчетных материалов ФНЦ агроэкологии РАН.

По результатам изучения феноритмики составлен феноспектр – графическое изображение фазы цветения изученных видов рода *Gleditsia* в годы наблюдений (2019-2022 гг.). Характеристики погодных условий представлены по данным

электронного ресурса [5]. Проведен биоклиматический расчет эффективных температур для основных фенофаз: набухание и распускание почек; зеленение; начало, массовое и конец цветения; созревание плодов; раскраска листьев и листопад. Статистический анализ массива данных осуществлен в среде Excel и по методике Г.Н. Зайцева [1].

Результаты исследований и их обсуждение. Начало набухания почек представителей родового комплекса *Gleditsia* приходится на 2-3 декаду апреля в годы наблюдений (таблица 1).

Таблица 1 – Основные фенофазы рода *Gleditsia*

Фенофазы	Крайние даты	Сумма эффективных температур выше +5°C	Кол-во дней с температурой выше +5 °C
<i>G. texana</i>			
Набухание почек	12.IV – 23.IV	35,3-110,8*	18 - 29
Распускание почек	18.IV – 28.IV	89 – 170,8*	24 - 34
Зеленение	1.V – 5.V	160 – 251,40*	37 - 41
Массовое цветение	5.VI – 13.VI	580,3 – 853,7*	72-80
Созревание плодов	13.IX – 28.IX	2474,3 – 2611**	172 -187
Раскраска листьев	19.IX – 22.IX	2454,9 – 2672**	178 - 181
Листопад	14.X – 23.X	2666,5 – 2819,10**	203- 212
<i>G. caspica</i>			
Набухание почек	10.IV – 22.IV	19,2-103,9*	16 - 28
Распускание почек	14.IV – 30.IV	58 – 232,2*	20 - 36
Зеленение	28.IV – 1.V	141 – 217,40*	34 - 37
Массовое цветение	3.VI – 11.VI	517 – 807,7*	70 - 78
Созревание плодов	14.IX – 23.IX	2399,1 – 2713,2**	173- 182
Раскраска листьев	16.IX – 20.IX	2420,4 – 2680,5**	175- 179
Листопад	13.X – 15.X	2645,7 – 2789,0	202 - 204
<i>G. triacanthos</i>			
Набухание почек	13.IV – 20.IV	80,2-102,4*	19 - 26
Распускание почек	29.IV – 3.V	138,4 – 224,9*	35 - 39
Зеленение	5.V – 14.V	172,9 – 319,2*	41 - 50
Массовое цветение	7.VI – 14.VI	553,4 – 830,8*	72 - 81
Созревание плодов	18.VIII – 30.IX	1495,1 – 2554,1**	146 - 189
Раскраска листьев	17.IX – 25.IX	2468,4 – 2647,0**	176 - 184
Листопад	9.X – 21.X	2627,8 – 2809,0**	198 - 210
<i>G. sinensis</i>			
Набухание почек	25.IV – 30.IV	105,6-176,9*	31-36
Распускание почек	27.IV – 17.V	118,1 – 347,6*	33-53
Зеленение	3.V – 14.V	149,3 – 547,6*	36-50
Раскраска листьев	13.IX – 17.IX	2409,6 – 2611,0**	172-176
Листопад	22.X – 28.X	2716,2 – 2826,6**	211- 217
<i>G. aquatica</i>			
Набухание почек	4.IV – 20.IV	52.1- 96.2*	10 - 26
Распускание почек	16.IV – 28.IV	74,4 - 170,8*	22- 34
Зеленение	25.IV – 6.V	133,4 – 226,5*	31 - 42
Массовое цветение	14.VI – 15.VI	705,8 – 868,8*	81- 82
Созревание плодов	1.IX – 4.X	2258,8– 2746,6**	160 - 193
Раскраска листьев	9.IX – 12.IX	2334,5 – 2556**	168 - 171
Листопад	16.X – 20.X	2685,2 – 2801,5**	205 - 209
<i>G. japonica</i>			
Набухание почек	17.IV – 25.IV	89- 105,6*	23 - 31
Распускание почек	21.IV – 2.V	110,4 - 186,3*	27 - 38
Зеленение	28.IV – 10.V	141 – 285,3*	34 - 46
Массовое цветение	16.VI – 17.VI	744,3 – 905,2*	83 - 84
Созревание плодов	25.IX – 27.IX	2513,1– 2724,3**	184 - 186
Раскраска листьев	19.IX – 21.IX	2447,6 – 2689**	178 - 180
Листопад	10.X – 18.X	2634,9 – 2767,3**	199-207

*сумма эффективных температур за 2019-2022 гг.; **сумма эффективных температур за 2019-2021 гг.

В условиях интродукции вторая фаза «распускание почек» у *Gleditsia* происходит во II половине апреля при температуре $\geq 15^{\circ}\text{C}$. Позднее всех распускаются почки у *Gleditsia sinensis*. Интродуцированные виды данного рода начинают вегетацию в оптимальные сроки, однако по отношению к среднестатистической дате (середина апреля) они имеют позднее начало вегетации. Данная особен-

ность объясняется географическим происхождением представителей, теплолюбивыми видами.

В условиях Волгоградской области раньше всех зацветают *G. caspica*, *G. texana* и *G. triacanthos*. У родового комплекса *Gleditsia* не наблюдается повторного летнего цветения. *G. japonica* зацветает позже остальных видов (рис. 1,2).

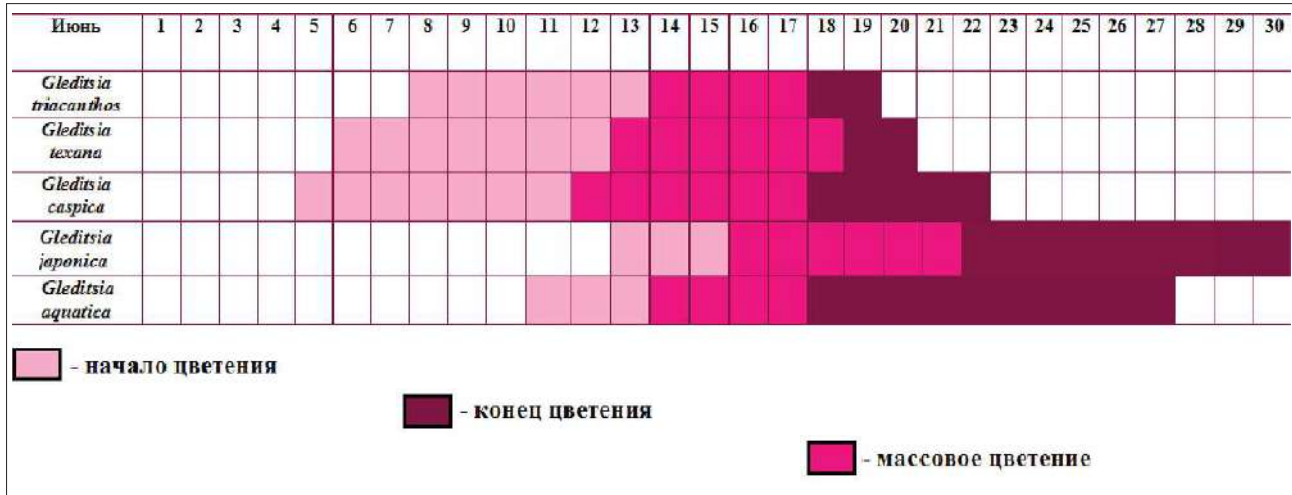


Рисунок 1. Календарь цветения различных видов за 2019-2022 г.

В 2020 г. из-за пониженной температуры в весенне-летний период сроки прохождения основных фенологических фаз сезонного развития рода *Gleditsia* были сдвинуты на 5 дней по сравнению с

2019 г., сроки созревания плодов увеличились на 7 дней. Календарные даты начала и окончания роста побегов зависят от климатических показателей.



Рисунок 2. Цветение *Gleditsia triacanthos*, июль 2021 г.

С наступлением сухой и жаркой погоды прирост боковых побегов прекращается (таблица 2).

Массовая раскраска листьев у *Gleditsia triacanthos* зарегистрирована 17 ± 5 дней ноября,

начало массового листопада – через шесть дней. Раньше всех желтеют листья у *G. aquatica*. *Gleditsia sinensis* имеет более длительный период листопада, чем остальные исследуемые виды.

Таблица 2 – Средние и конечные календарные даты начала и окончания роста побегов за 2019-2021 гг.

Виды	Рост побегов	
	начало	конец
<i>G. texana</i>	<u>13. IV</u> 2. IV – 23. IV	<u>3. VII</u> 6. VI – 3. VII
<i>G. caspica</i>	<u>12. IV</u> 2. IV – 22. IV	<u>11. VII</u> 10. VI – 15. IX
<i>G. triacanthos</i>	<u>10. IV</u> 2. IV – 20. IV	<u>3. VII</u> 5. VI – 10. IX
<i>G. sinensis</i>	<u>16. IV</u> 2. IV – 30. IV	<u>28. VII</u> 10. VI – 15. IX
<i>G. aquatica</i>	<u>11. IV</u> 2. IV – 20. IV	<u>23. VII</u> 20. VI – 30. VII
<i>G. japonica</i>	<u>13. IV</u> 2. IV – 25. IV	<u>31. VII</u> 10. VI – 20. XI

Примечание: в числителе – средняя дата, в знаменателе – крайние даты

Десятилетний период 2010–2020 годов стал самым теплым с начала измерений температуры (с 1980 года). Из расчета разности средних сезонных температур между соседними годами следует, что в летний период времени в 1992–1993, 2014–2015 и 2016–2017 гг. были близки значения среднемесячных температур. Календарные даты по мно-

голетним наблюдениям использовались для построения линии тренда. По срокам прохождения фенофаз *Gleditsia* (за 40-летний период) были построены линии тренда по распусканию почек. Выявлено, что у растений *G. triacanthos* с достоверностью аппроксимации 0,875 сдвиг сроков за последние 40 лет происходит незначительно (рис. 3).

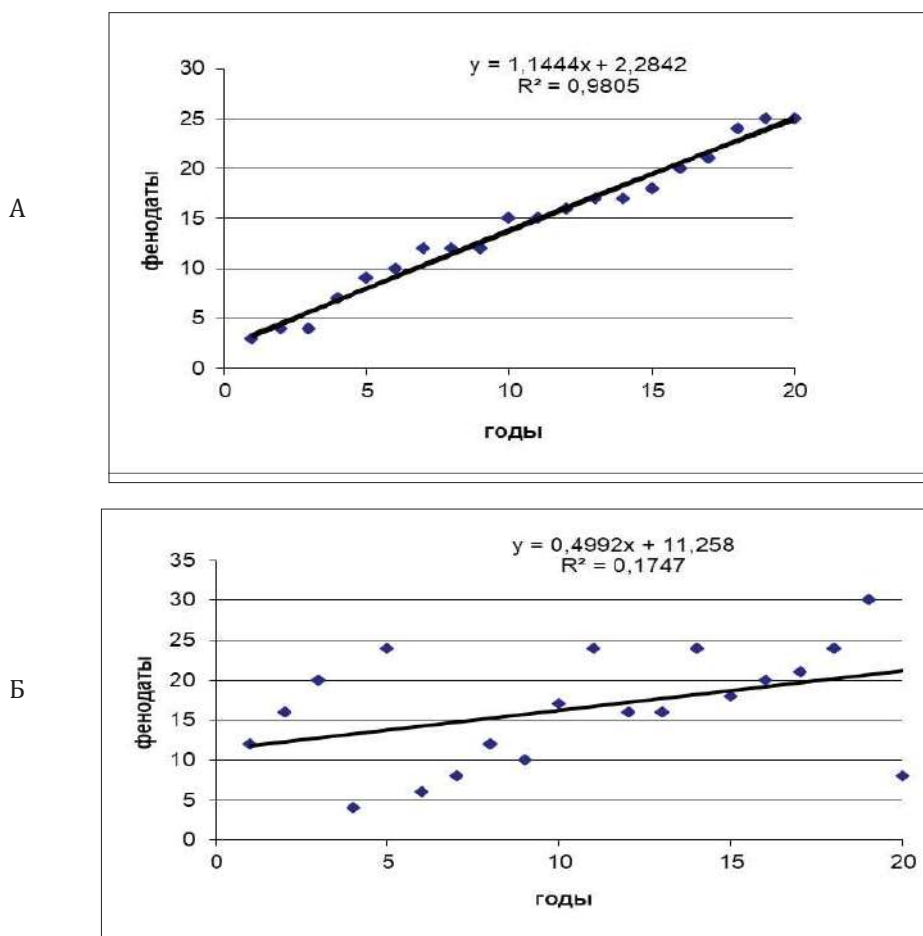


Рисунок 3. Использование линии тренда для аппроксимации функции между видами (А – *G. triacanthos* и Б – *G. sinensis*) в фазе набухания почек

Заключение. При анализе фенологической изменчивости установлено, что вторая фаза «распускание почек» у североамериканских представителей *Gleditsia* происходит во II половине апреля при температуре $\geq 15^\circ\text{C}$. Позднее всех распускаются почки у *Gleditsia sinensis*. Различия в сроках наступления фаз «распускание почек» и «зеленение» у видов североамериканского ареала достигает 10 дней. Определены климатические факторы, оптимальные для процесса цветения ($22-26^\circ\text{C}$). Каждый вид характеризуется индивидуальными биоэкологическими особенностями растений по срокам созревания плодов и семян. По многолетним данным (1980-2020 гг.) установлена отрицательная феноаномалия. У растений *G. triacanthos* за последние 40 лет сдвиг сроков происходит незначительно (с достоверностью аппроксимации 0,875). Виды североамериканского происхождения (*G. texana*, *G. triacanthos*) проходят полный цикл развития, что говорит об успешности их интродукции и адаптации в условиях Волгоградской области. Повышение среднемесячных температур воздуха за последние десятилетия оказывает влияние на экспрессивное протекание феноритмики у интродуцированных образцов рода *Gleditsia*.

Литература:

1. Зайцев Г.Н. Фенология древесных растений. – М.: Наука, 1981. 120 с.
2. Громадин А.В. Дендрология. – М: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010. 848 с.
3. Голубева И.В., Галушко Р.В., Кормилицин А.М. Методические указания по фенологическим наблюдениям над деревьями и кустарниками при их интродукции на юге СССР. – Ялта. НБС, 1977. 25 с.
4. Общая фенология и методы фенологических исследований: учебное пособие для студентов геогр.-биол. фак. / О.В. Янцер, Е.Ю. Терентьева. – Екатеринбург: Изд-во УрГПУ, 2013. 21 с.
5. Погодные сервисы [Электронный ресурс]. URL: <http://pogoda-service.ru/> (Дата обращения 08.05.2021).
6. Семенютина А.В., Свинцов И.П., Хужахметова А.Ш., Семенютина В.А. Regulation of increase of biodiversity of woody plants in protective forest plantings of the Volga region // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2018. Т.8.№2. С. 46-59. DOI:10.25726/NM.2018.2.2.005
7. Belyaev A.I., Semenyutina A.V., Khuzhakhmetova A.Sh., Semenyutina V.A. Analysis of bioresource collections on climatic rhythms and phenological processes. Ecological Engineering and Environmental Technology. 2022. Т. 23.№3. С. 87-94. DOI:10.12912/27197050/147152
8. Csontos P., Kalapos T., Faradhimu T., Hardi T., Tamas J. Effects of tree size and park maintenance on soil seed bank of *Gleditsia triacanthos*, an exotic tree in urban green areas. Biologia Futura. 2020. Vol. 71, Issue 1-2. Pp. 81-91.
9. De Souza A.C.P., Da Costa R.C. Differences in leaf phenology between juvenile and adult individuals of two tree species in a seasonally dry tropical woodland. Austral Ecology. 2020. Vol. 45, Issue 2. Pp. 240-248.
10. Ettinger A.K., Chamberlain C.J., Morales-Castilla I., Samaha J.A., Wolkovich E.M. Winter temperatures predominate in spring phenological responses to warming. Nature Climate Change. 2020. Vol. 10, Issue 12. Pp. 1137-1142 DOI:10.1038/s41558-020-00917-3.
11. Flynn D.F.B., Wolkovich E.M. Temperature and photoperiod drive spring phenology across all species in a temperate forest community. New Phytologist. 2018. Vol. 219, Issue 4. Pp. 1353-1362.
12. O Connell E., Savage J. Extended leaf phenology has limited benefits for invasive species growing at northern latitudes. Biological Invasions. 2020. Vol. 22, Issue 10. Pp. 2957-2974. DOI: 10.1007/s10530-020-02301-w.
13. Singh R.K., Svystun T.b, AlDahmash B., Jönsson A.M. Bhalerao R.P. Photoperiod- and temperature-mediated control of phenology in trees – a molecular perspective. New Phytologist. 2017. Vol. 213, Issue 2. Pp. 511-524 DOI:10.1111/nph.14346
14. Zohner C.M. Benito B.M. Svenning J.-C., Renner S.S. Day length unlikely to constrain climate-driven shifts in leaf-out times of northern woody plants. Nature Climate Change. 2016. Vol. 6, Issue 12. Pp. 1120-1123.

DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.011.75-80

Phenorhythmics of the *Gleditsia* generic complex representatives in the conditions of introduction

Kristina A. Mel'nik✉, Junior Researcher of Laboratory of woody plants bioecology,
e-mail: melnik-k@vfanc.ru, ORCID 0000-0002-7103-6436;

Aliya Sh. Khuzhakhmetova, Leader Researcher of Laboratory of woody plants bioecology,
ORCID 0000-0001-5127-8844 –

Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences” (FSC of agroecology RAS),
info@vfanc.ru, 400062, Universitetskij pr-t, 97, Volgograd, Russia

Abstract. The study of the introduced plants phenorhythmics peculiarities allows us to judge the adaptation of woody plants to new conditions and is necessary to solve practical problems when enriching the dendroflora of forest ameliorative complexes.

The study was carried out in order to identify the features of the introduced representatives of the genus *Gleditsia* phenorhythmics in the conditions of the Volgograd region. The method of pheno-observations was used for monitoring plants of *Gleditsia texana*, *G.*

cassis, *G. triacanthos*, *G. sinensis*, *G. aquatica*, *G. jaropis*, whose collections are located at the sites of the FSC of agroecology RAS (Cadaster № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10). According to long-term data (1980-2020), it was found that the change in the timing of the passage of various phenological phases of the *Gleditsia* genus taxa occurs under the influence of environmental factors. According to the timing of the phenophase of budding of *G. triacanthos* and *G. sinensis*, trend lines were constructed. In *G. triacanthos* plants over the past 40 years, the timing shift has been negligible (with an approximation confidence of 0.875). The optimal temperature for the active passage of various phenological phases beginning has been revealed. The observed species of the genus *Gleditsia* revealed slight differences in the timing of the beginning and ending of flowering in different years. Species of North American origin (*G. texana*, *G. triacanthos*) undergo a full cycle of development, which indicates the success of their introduction and adaptation.

Keywords: woody plants, *Gleditsia*, phenological observations, phenodate trend line, enrichment, forest ameliorative complexes

The research was carried out within the framework of the implementation of the State Program No. FNFE-2021-0001 "Scientific foundations and technologies for enriching the dendroflora of forest ameliorative complexes with economically valuable woody and shrubby plants in order to prevent degradation and desertification of territories" (Registration number 121041200197-8), funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

Received: 05.07.2022

Accepted: 23.08.2022

References:

- Zajtsev G.N. *Fenologiya drevesnykh rastenij* [Phenology of woody plants], M., «Nauka» Publ. house, 1981. 120 p.
- Gromadin A.V. *Dendrologiya* [Dendrology]. Moscow. RGAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev Publ. house. 2010. 848 p.
- Golubeva I.V., Galushko R.V., Kormilitsin A.M. *Metodicheskie ukazaniya po fenologicheskim nablyudeniya nad derevyami i kustarnikami pri ikh introduksii na yuge SSSR* [Methodological guidelines for phenological observations of trees and shrubs during their introduction in the south of the USSR]. Yalta. «NBS» Publ. house. 1977. 25 p.
- Yantser O.V., Terent'eva E.Yu. *Obshchaya fenologiya i metody fenologicheskikh issledovaniy* [General phenology and methods of phenological research]: a textbook for students of geogr.-biol. fac., Yekaterinburg. USPU Publ. house. 2013. 21 p.
- Pogodnye servisy* [Weather services] [Electronic resource]. URL: <http://pogoda-service.ru/> (Access date: 08.05.2021).
- Semenyutina A.V., Svintsov I.P., Khuzhakhmetova A.Sh., Semenyutina V.A. Regulation of increase of biodiversity of woody plants in protective forest plantings of the Volga region. Mysl': an electronic periodical, «Nauka» Publ. house, 2018. V. 8. 2. pp. 46-59. DOI:10.25726/NM.2018.2.2.005
- Belyaev A.I., Semenyutina A.V., Khuzhakhmetova A.Sh., Semenyutina V.A. Analysis of bioresource collections on climatic rhythms and phenological processes. *Ecological Engineering and Environmental Technology*. 2022. T. 23. 3. C. 87-94. DOI:10.12912/27197050/147152
- Csontos, P., Kalapos, T., Faradhimu, T., Hardi, T., Tamas, J. Effects of tree size and park maintenance on soil seed bank of *Gleditsia triacanthos*, an exotic tree in urban green areas. *Biologia Futura*. 2020. Vol. 71. Issue 1-2. Pp. 81-91.
- De Souza, A.C.P., Da Costa, R.C. Differences in leaf phenology between juvenile and adult individuals of two tree species in a seasonally dry tropical woodland. *Austral Ecology*. 2020. Vol. 45. Issue 2. Pp. 240-248.
- Ettinger, A.K., Chamberlain, C.J., Morales-Castilla, I., Samaha, J.A., Wolkovich, E.M. Winter temperatures predominate in spring phenological responses to warming. *Nature Climate Change*. 2020. Vol. 10. Issue 12. Pp. 1137-1142 DOI:10.1038/s41558-020-00917-3.
- Flynn, D.F.B., Wolkovich, E.M. Temperature and photoperiod drive spring phenology across all species in a temperate forest community. *New Phytologist*. 2018. Vol. 219. Issue 4. Pp. 1353-1362.
- O Connell, E., Savage, J. Extended leaf phenology has limited benefits for invasive species growing at northern latitudes. *Biological Invasions*. 2020. Vol. 22. Issue 10. Pp. 2957-2974. DOI: 10.1007/s10530-020-02301-w.
- Singh, R.K., Svystun, T.b, AlDahmash, B. Jönsson, A.M. Bhalerao, R.P. Photoperiod- and temperature-mediated control of phenology in trees – a molecular perspective. *New Phytologist*. 2017. Vol. 213. Issue 2. Pp. 511-524 DOI:10.1111/nph.14346
- Zohner, C.M. Benito, B.M. Svenning, J.-C., Renner, S.S. Day length unlikely to constrain climate-driven shifts in leaf-out times of northern woody plants. *Nature Climate Change*. 2016. Vol. 6. Issue 12. Pp. 1120-1123.

Цитирование. Мельник К.А., Хужахметова А.Ш. Феноритмика представителей родового комплекса *Gleditsia* в условиях интродукции // Научно-агрономический журнал. 2022. №3(118). С. 75-80. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.011.75-80

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.

Citation. Mel'nik K.A., Khuzhakhmetova A.Sh. Phenorhythmics of the *Gleditsia* generic complex representatives in the conditions of introduction. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 75-80. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.011.75-80

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or 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.

Геоинформационный анализ основных источников климатической информации на территорию Волгоградской области

Матвеев Штефан[✉], лаборант-исследователь¹, студент², ORCID: 0000-0001-8873-2799;

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: info@vfans.ru, 400062, Университетский проспект, 97, Волгоград, Россия

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет», e-mail: ob.otdel@volsu.ru, 400062, Университетский проспект, 100, Волгоград, Россия

Исследование проводилось с целью выявления источника информации, который бы максимально точно передавал климатическую информацию на исследуемую территорию. В статье проведен сравнительный анализ источников климатических данных применительно к территории Волгоградской области за 2020 год. В сравнении представлено суммарное годовое количество осадков, предоставленное тремя продуктами: Автоматизированная информационная система обработки режимной информации (АИСОРИ), сайт «Погода и Климат» и глобальный архив климатической информации Climatic Research Unit Timeseries 4.06 (CRU TS 4.06). Описаны климатические показатели, поставляемые данными продуктами. В геоинформационной системе QGIS версии 3.26 составлены 2 климатические карты суммарных годовых осадков по продуктам АИСОРИ и «Погода и Климат», с помощью инструмента «интерполяция» методом Обратновзвешенных расстояний (ОВР). Рассчитано среднее значение суммарных годовых осадков на интерполированных поверхностях обоих продуктов на тестовых полигонах в северной, южной, западной, восточной и центральной части Волгоградской области. Интерполированные значения были сравнены с глобальными данными CRU TS в пределах пяти тестовых полигонов. По результатам сравнения выявлено, что глобальные климатические данные имеют меньшую точность, по сравнению с точечными данными по метеостанциям. Полученные результаты исследования могут быть использованы для последующего составления климатических карт, а также сравнения источников климатической информации.

Ключевые слова: климат, годовое количество осадков, интерполяция, метеостанции, CRU TS, Волгоградская область, ГИС.

Поступила в редакцию: 11.08.2022

Принята к печати: 30.08.2022

Климат Волгоградской области умеренно континентальный. Континентальность климата в регионе увеличивается в направлении с северо-запада на юго-восток. Проявление континентальности заключается в уменьшении количества осадков, выпавших в течение года, а также в увеличении аридности климата.

В современном мире широко стоит вопрос о мониторинге климата, а также моделировании его динамики. Использование глобальных климатических данных для мониторинга климата, таких как CRU TS 2.1 уже было исследовано в работе [4], где было выявлено, что данные по атмосферным осадкам на территорию Казахстана поставляются с погрешностями, в отличие от данных по температурам, которые соответствуют данным с метеостанций.

Целью данного исследования являлось выявление наиболее точного источника климатической информации для территории Волгоградской области на примере 2020 года. Объектом исследования являлись информационные ресурсы и продукты, поставляющие климатическую информацию. Волгоградская область является крупным сельскохозяйственным регионом для Российской Федерации. По данным федеральной службы государственной статистики на территории региона

за 2020 год площадь сельскохозяйственных угодий составляет 8,6 млн га – это 76% территории области [10]. Именно поэтому выявление точных актуальных климатических данных для данного региона является первостепенной и максимально актуальной задачей, которой занимается множество ученых [3,6,7].

Материалы и методы. Массив данных АИСОРИ предоставляет климатическую информацию более чем с 600 метеостанций на территорию Российской Федерации [9]. База данных разделена на 3 раздела, в каждом из которых представлены различные виды климатической информации. Первый раздел включает в себя информацию о суточных наблюдениях. Второй раздел включает в себя базу данных по месячным значениям. Третий раздел представляет собой информацию по срочным атмосферным явлениям.

Климатические данные поставляются в текстовом формате, вместе с координатами метеостанций, а также вместе с текстовым документом с заметками к выбранному климатическим данным.

Информационный ресурс «Погода и климат» предоставляет климатическую информацию о среднесуточных, среднемесячных, среднегодовых температурах, о количестве осадков, давлении [11]. В разделе сайта «Архив погоды» возможно получить

фактические данные о погоде, поставляемые сводки SYNOP из международного обмена и сводки METAR. Метеоданные поставляются в текстовом формате, что позволяет их интегрировать в ГИС-проект.

Climatic Research Unit Timeseries (CRU TS) – это наборы данных, содержащие в себе месячные показатели количества осадков, суточные максимальные и минимальные температуры воздуха, информацию об облачном покрове, а также других климатических переменных в период с 1901 по 2021 годы [8]. Данные являются глобальными и привязаны к сетке с разрешением $0,5^\circ \times 0,5^\circ$. Климатическая информация собирается более чем с 4000 метеостанций со всего мира. Данные поставляются в растровом формате .geotiff, что позволяет легко их интегрировать в ГИС.

Результаты и их обсуждение. Суммарное годовое количество осадков было выбрано в качестве климатического показателя для территории Волгоградской области за 2020 год. Именно по данному показателю будут сравнены 3 продукта.

Данные CRU TS поставляются по десятилетиям.

В работе представлены данные за 2011-2020 годы. После интеграции файла в геоинформационную среду, в одном растре находятся 120 каналов, у каждого из которых имеется значение суммы выпавших месячных осадков. То есть в первом канале находится значение суммарных выпавших осадков за январь 2011 года. Для дальнейшего моделирования необходимо с помощью калькулятора растров соединить последние 12 каналов, начиная со 109 канала, для получения годовой суммы осадков за 2020 год. После этого получается единый растр с одним каналом, в котором указано суммарное годовое количество осадков.

Пространственное разрешение одного пикселя данных CRU TS составляет 55×38 км [12]. На рисунке 1 показано расположение тестовых полигонов CRU TS на территории Волгоградской области. Было решено использовать 5 тестовых полигонов в северной, южной, западной, восточной и центральной части области. То есть каждый тестовый полигон будет иметь пространственное разрешение размером с пиксель CRU TS 55×38 км.

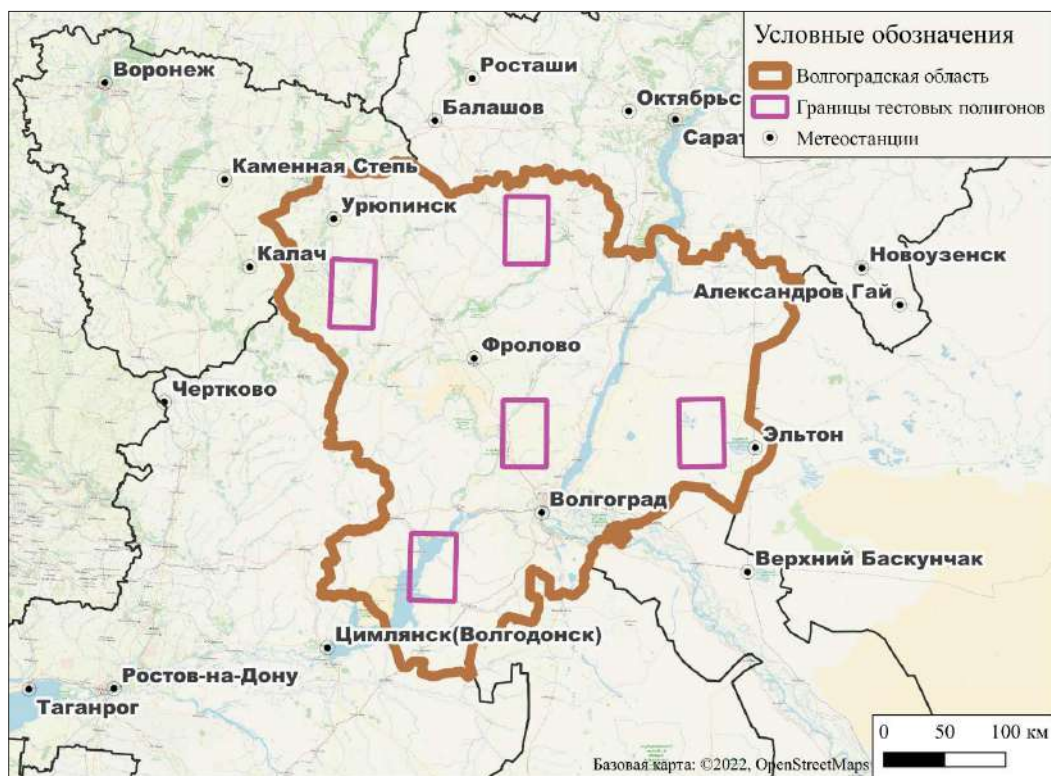


Рисунок 1. Картограмма расположения тестовых полигонов по продукту Climatic Research Unit Timeseries на территории Волгоградской области

Подробная методика моделирования и построения карт описана в работе [5].

Для создания карт использовались точечные данные с метеостанций. Координаты метеостанций экспортировались в ГИС вместе со значениями суммарных годовых осадков. Затем была проведена интерполяция методом ОВР. Полученный растр интерполированной поверхности был классифи-

цирован через каждые суммарные 10 мм осадков в год. Были созданы изолинии, изображающие количество выпавших осадков на территории – изолинии.

На рисунке 2 отображена карта суммарных годовых осадков на территорию Волгоградской области за 2020 год, используя метеоданные АИСОРИ, с помощью проведения интерполяции методом ОВР.

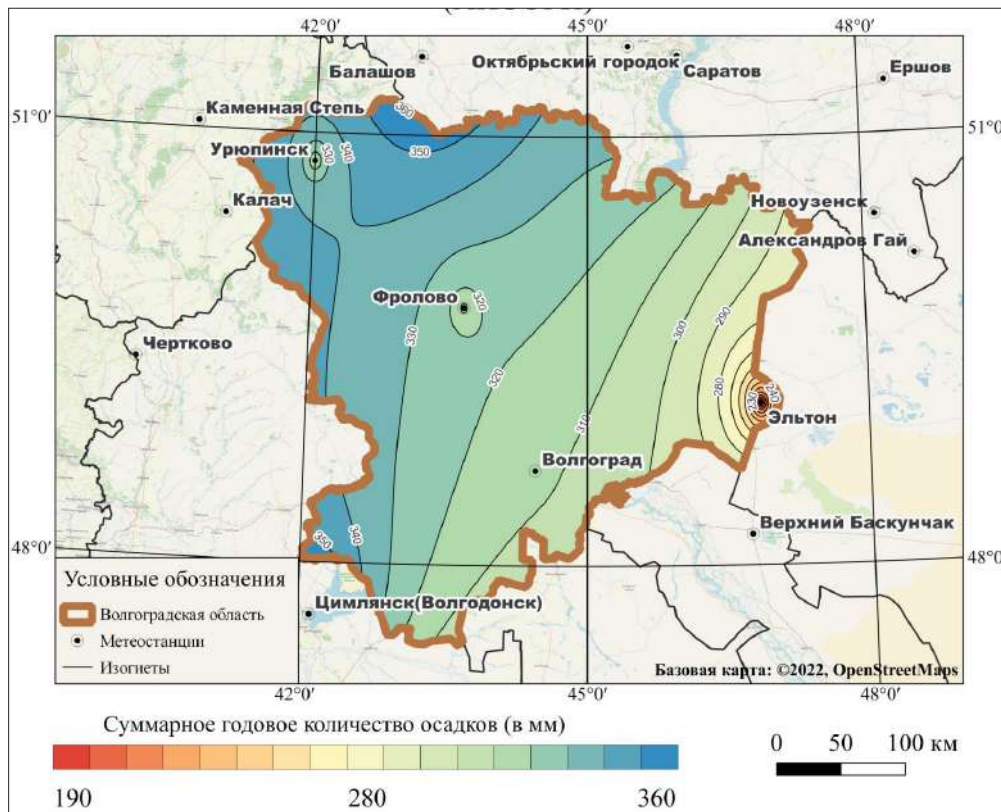


Рисунок 2. Карта суммарных годовых осадков за 2020 год на территории Волгоградской области (АИСОРИ)

На рисунке 3 представлена карта суммарных годовых осадков на территорию Волгоградской области за 2020 год, построенная с помощью ме-

теоданных с информационного ресурса «Погода и Климат», с проведением интерполяции методом ОВР.

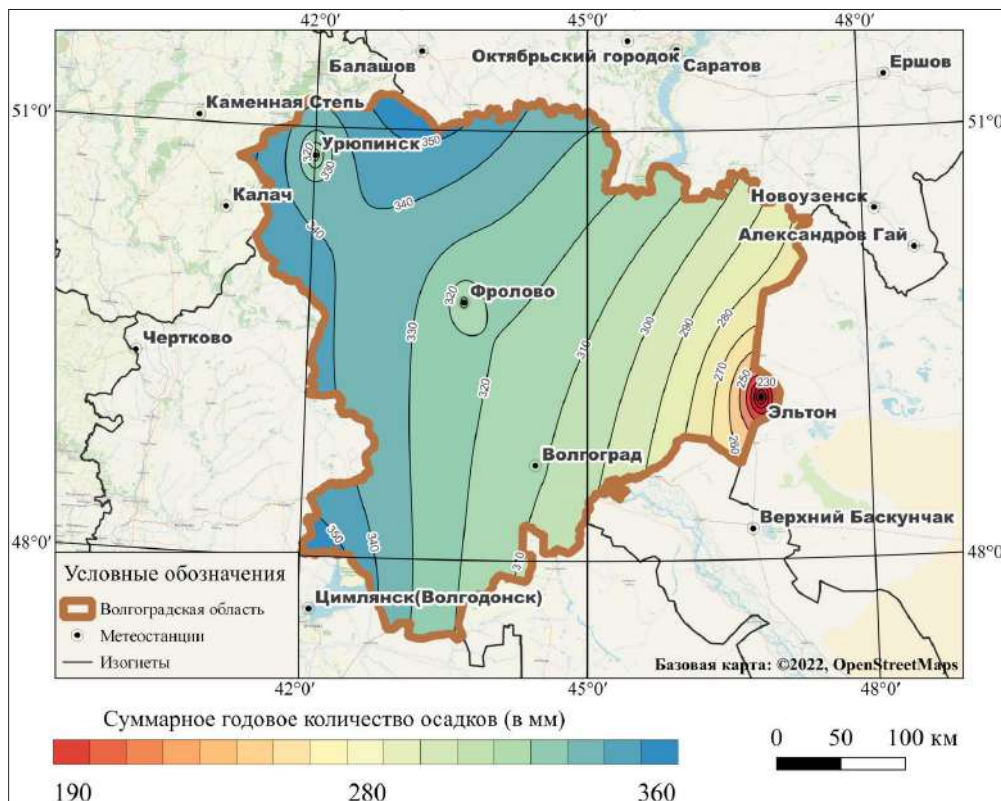


Рисунок 3. Карта суммарных годовых осадков за 2020 год на территории Волгоградской области (Погода и Климат)

После составления интерполированных поверхностей по продуктам АИСОРИ и сайта «Погода и Климат», используя инструмент «зональная ста-

тистика», было подсчитано среднее значение сумм осадков внутри тестовых полигонов на территории Волгоградской области.

Результаты сравнения данных CRU TS 4.06 с данными АИСОРИ и данными «Погода и Климат»

по метеостанциям на территорию Волгоградской области за 2020 год представлены в таблице.

Таблица – Сравнение глобальных данных CRU TS с данными АИСОРИ и данными «Погода и Климат» по метеостанциям на территорию Волгоградской области за 2020 год

Продукт / Местоположение	Север	Юг	Запад	Восток	Центр
CRU TS, мм	391	328,7	428	269,9	346,1
Среднее значение интерполированных поверхностей, (АИСОРИ), мм	336,5	323,9	339,9	287,5	317,9
Среднее значение интерполированных поверхностей, (Погода и Климат), мм	334,4	328,4	339,3	276,5	316,6

Максимальные различия в значениях суммарных годовых осадков между средними значениями интерполированных поверхностей по данным АИСОРИ и CRU TS превышают 26% на тестовом полигоне, расположенном в западной части Волгоградской области, и составляют 88,1 мм. Минимальные различия в значениях приходятся на полигон, расположенный в южной части региона, и составляют 2% и 4,8 мм. Среднее процентное отношение между 5 тестовыми полигонами данных CRU TS и данными АИСОРИ составляет 11,74%.

Максимальные различия в значениях суммарных годовых осадков между средними значениями интерполированных поверхностей по данным сайта «Погода и Климат» и CRU TS превышают 26,1% на тестовом полигоне, расположенном в западной части Волгоградской области, и составляют 88,7 мм. Минимальные различия в значениях приходятся на полигон, расположенный в южной части региона, и составляют 0,1% и 0,3 мм. Среднее процентное отношение между 5 тестовыми полигонами данных CRU TS и данными с сайта «Погода и Климат» составляет 10,96%

Заключение. Результаты исследования показали, что данные метеостанций на территории Волгоградской области имеют немного более точные значения, чем глобальные данные CRU TS. Это в свою очередь позволяет сказать, что на современном этапе развития технологий использование точечных данных, полученных с метеостанций, является наиболее верным решением для мониторинга климата не только Волгоградской области, но также и других территорий. В то же время глобальный архив CRU TS способен поставлять огромные массивы данных на территорию всего земного шара. А в местах скопления метеостанций архив выдаёт достаточно точные значения, приближенные к точечным значениям на метеостанциях.

Литература:

1. Григорьев В. Ю., Миллионщикова Т. Д., Сазонов А. А., Чалов С. Р. Влияние изменения климатических параме-

тров на сток рек бассейна Байкала во второй половине XX - начале XXI вв // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2020. № 5. С. 3-11. – EDN ABFUDO.

2. Жильцова Е. Л., Анисимов О. А. О точности воспроизведения температуры и осадков на территории России глобальными климатическими архивами // Метеорология и гидрология. 2009. № 10. С. 79-89. – EDN KXYLPB.

3. Золотокрылин, А. Н. Климат и опустынивание засушливых земель России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2008. № 2. С. 27-35. – EDN HNTNES.

4. Кожухметова Э. П., Загидуллина А. Р., Аппазова Т. Б. Точность воспроизведения температуры воздуха и осадков на территории Казахстана климатическим архивом Cru TS 2.1 // Гидрометеорология и экология. 2013. № 3(70). С. 30-41. – EDN WXQTWN.

5. Матвеев Ш. Оценка точности глобальных климатических данных температур воздуха Cru TS на территории Ростовской области // Грани познания. 2022. № 3(80). С. 88-92. – EDN KMSTMO.

6. Протопопов В. М. Изменение климата в сухостепной зоне Волгоградской области в эпоху глобального потепления // Фермер. Поволжье. 2019. № 7(84). С. 76-79. – EDN VHLYNG.

7. Пряхина С. И., Ормели Е. И. Расчет индексов континентальности климата для Среднего и Нижнего Поволжья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2017. Т. 17. № 1. С. 17-19. – EDN XWZRSJ.

8. Harris I., Jones P.D., Osborn T.J. and Lister D.H. (2013), Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. Int. J. Climatol. doi: 10.1002/joc.3711

9. Автоматизированная Информационная Система Обработки Режимной Информации (АИСОРИ). URL: <http://aisori.meteo.ru/> (дата обращения: 21.07.2022).

10. База данных показателей муниципальных образований. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi> (дата обращения: 25.07.22).

11. Погода и Климат – Прогнозы погоды, новости погоды, климатические данные. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения: 22.07.2022).

12. High-resolution gridded datasets. URL:<https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/>(дата обращения:4.07.2022).

DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.012.81-85

Geoinformation Analysis of the Main Sources of Climate Information on the Territory of the Volgograd Region

Shtefan Matveev✉, laboratory assistant-researcher¹, student², ORCID: 0000-0001-8873-2799;

¹ Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences” (FSC of agroecology RAS), e-mail: info@vfanc.ru,

400062, Universitetsky prospect, 97, Volgograd, Russia

² Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Volgograd State University»,
e-mail: ob.otdel@volsu.ru, 400062, Universitetsky prospect, 100, Volgograd, Russia

Abstract. The study was carried out in order to identify a source of information that would transmit climate information to the study area as accurately as possible. The article presents a comparative analysis of climate data sources in relation to the territory of the Volgograd region for 2020. The comparison shows the total annual precipitation provided by three products: The Automated Information System for Processing Regime Information (AISORI), the Weather and Climate website and the global archive of climate information Climatic Research Unit Timeseries 4.06 (CRU TS 4.06). The climatic indicators supplied by these products are described. In the geoinformation system QGIS version 3.26, 2 climate maps of total annual precipitation by AISORI products and “Weather and Climate” have been compiled using the interpolation tool by the method of Inverse Distance Weighting (IDW). The average value of the total annual precipitation on the interpolated surfaces of both products at test sites in the northern, southern, western, eastern and central parts of the Volgograd region is calculated. The interpolated values were compared with global CRU TS data within five test polygons. According to the results of the comparison, it was revealed that global climate data have lower accuracy compared to point data on weather stations. The obtained research results can be used for the subsequent compilation of climate maps, as well as comparison of climate information sources.

Keywords: climate, annual precipitation, interpolation, weather stations, CRU TS, Volgograd region, GIS

Received: 11.08.2022

Accepted: 30.08.2022

References:

1. Grigor'ev V. Yu., Millionshchikova T. D., Sazonov A. A., Chalov S. R. *Vliyaniye izmeneniya klimaticheskikh parametrov na stok rek bassejna Bajkala vo vtoroj polovine XX - nachale XXI vv* [The influence of changes in climatic parameters on the flow of rivers of the Baikal basin in the second half of the XX - early XXI centuries]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya* [Bulletin of the Moscow University. Series 5: Geography]. 2020. 5. pp. 3-11. – EDN ABFUDO.
2. Zhil'tsova E.L., Anisimov O.A. *O tochnosti vosproizvedeniya temperatury i osadkov na territorii Rossii global'nymi klimaticheskimi arkhivami* [On the accuracy of temperature and precipitation reproduction in Russia by global climate

archives]. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and hydrology]. 2009. 10. pp. 79-89. – EDN KXYLPB.

3. Zolotokrylin A.N. *Klimat i opustynivanie zasushlivykh zemel' Rossii* [Climate and desertification of arid lands of Russia]. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Geographical series]. 2008. 2. pp. 27-35. – EDN HNTHEs.

4. Kozhakhmetova E.P., Zagidullina A.R., Appazova T.B. *Tochnost' vosproizvedeniya temperatury vozdukhha i osadkov na territorii Kazakhstana klimaticheskim arkhivom Cru TS 2.1* [Accuracy of air temperature and precipitation displaying on the territory of Kazakhstan by the climatic archive Cru TS 2.1]. *Gidrometeorologiya i ekologiya* [Hydrometeorology and ecology]. 2013. 3(70). pp. 30-41. – EDN WXQTHW.

5. Matveev SH. *Otsenka tochnosti global'nykh klimaticheskikh dannykh temperatur vozdukhha Cru TS na territorii Rostovskoy oblasti* [Assessment of the global climatic data of air temperatures Cru TS accuracy on the territory of the Rostov region]. *Grani poznaniya* [Facets of Cognition]. 2022. 3(80). pp. 88-92. – EDN KMSTMO.

6. Protopopov V.M. *Izmeneniye klimata v sukhostepnoj zone Volgogradskoy oblasti v epokhu global'nogo potepeniya* [Climate change in the dry steppe zone of the Volgograd region in the era of global warming]. *Fermer. Povolzh'e* [Farmer. Near-Volga region]. 2019. 7(84). pp. 76-79. – EDN BHLYNG.

7. Pryakhina S.I., Ormeli E.I. *Raschet indeksov kontinental'nosti klimata dlya Srednego i Nizhnego Povolzh'ya* [Calculation of climate continentality indices for the Middle and Lower Near-Volga region]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Nauki o Zemle* [Proceedings of the Saratov University. A new series. Series: Earth Sciences]. 2017. T. 17. 1. pp. 17-19. – EDN XWZRSJ.

8. Harris I., Jones P.D., Osborn T.J. and Lister D.H. (2013). Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. *Int. J. Climatol.* doi: 10.1002/joc.3711

9. Automated Information System For Processing Regime Information (AISORI). URL: <http://aisori.meteo.ru/> (access date: 21.07.2022).

10. Database of municipalities indicators. Federal State Statistics Service. URL: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi> (access date: 25.07.22).

11. *Pogoda i Klimat* [Weather and Climate] – Weather forecasts, weather news, climate data. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (access date: 22.07.2022).

12. High-resolution gridded datasets. URL: <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrq/> (access date: 24.07.2022).

Цитирование. Матвеев Ш. Геоинформационный анализ основных источников климатической информации на территорию Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2022. №3(118). С. 81-85. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.012.81-85

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.

Citation. Matveev Sh. Geoinformation Analysis of the Main Sources of Climate Information on the Territory of the Volgograd Region. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 81-85. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.012.81-85

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or 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 почв городских рекреационных территорий сухостепной природной зоны (на примере парка «Дружба»)

Олег Андреевич Гордиенко✉, e-mail: oleg.gordienko.95@bk.ru, м.н.с.¹, ORCID: 0000-0001-5381-9114;
Роман Николаевич Балкушкин, м.н.с.¹, ORCID: 0000-0003-0987-6263 –

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «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

В городах сухостепной и полупустынных зон почвы рекреационных территорий выполняют основную функцию по поддержанию экологического состояния, поскольку именно в этих зонах сосредоточена большая часть насаждений общего пользования. В связи с высокой значимостью этих территорий актуальным и важным остается мониторинг состояния почвенного покрова этих зон. Целью статьи является определение классификационного положения почв рекреационных территорий г. Волгограда, а также оценка их физических и химических свойств в зависимости от уровня антропогенной нагрузки. Ключевым участком выбран парк «Дружба» Кировского района, являющийся одним из самых крупных парков на территории города. Методы основываются на отечественных и зарубежных руководствах по химическим и физическим анализам, а также используются различные почвенные классификации. В результате проведенных комплексных исследований определена структура почвенного покрова, а также пестрота физических, химических и морфологических свойств почв. Установлено, что мощность урбистратифицирующей толщи (UR) изменяется в широком диапазоне от 10 до 60 см, мощность рекультивационных отложений (RAT) варьирует от 5 до 25 см. Для урбиковых горизонтов выявлен широкий диапазон значений плотности почвы (1,1-1,5 г/см³), при средней – 1,4 г/см³. Содержание почвенного углерода в естественных горизонтах AU и AJ составляет в среднем 3,4%, в урбиковых горизонтах – 2,2%, в рекультивационных – 1,5%. Реакция среды слабощелочная (рН_{водный} 8,2). В урбиковых и реплантанированных горизонтах общее солесодержание составляет в среднем 0,1%. Присутствие в почвах карбонатов незначительное и в среднем составляет 2,3% в горизонте UR и 1,7% в RAT. Полученные результаты химического и физического состояния изученных почв важны с точки зрения мониторинга их состояния, а также улучшения подбора древесно-кустарниковой растительности

Ключевые слова: рекреационные территории, классификация почв, урбостратоземы, свойства почв, структура почвенного покрова.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 20-34-90129 «Почвы рекреационных территорий г. Волгограда: разнообразие, свойства, экологические функции».

Поступила в редакцию: 10.06.2022

Принята к печати: 15.08.2022

Вопросы, связанные с изучением почв городских рекреационных территорий (скверов, парков, бульваров и др.), особенно актуальны для городов степной и сухостепной зоны, поскольку общепризнано, что средоохранная и средоформирующая функция реализуется в наибольшей степени именно этими почвами. Экологическое состояние, рост и развитие насаждений определяются различными химическими и физическими свойствами почв. В

связи с чем исследования генезиса, морфологических особенностей и свойств остается актуальным. Как для Волгограда, так и для большинства городов сухостепной зоны вопросы, связанные с озеленением, особенно актуальны с учетом низкой обеспеченности насаждениями общего пользования (11-13 м²/чел. из рекомендованных 24,6 м²/чел.). Площадь озелененных рекреационных территорий в пределах города всего 3 км² (1% от площади всей зоны) (табл. 1)

Таблица 1 – Статистические показатели площадей основных типов озелененных рекреационных территорий г. Волгограда, км² [2]

Тип рекреационной территории	n	min	Q1	med	Q3	max	M	s	V, %	x ± m
Скверы	26	0,1	0,5	1,1	1,7	3,3	1,2	0,9	0,8	0,2
Парки	27	1,1	2,3	4,8	10,9	51	8,3	10,3	1,3	2
Сады	5	0,1	0,5	3,8	4,4	4,7	2,7	2	0,7	1
Бульвары	10	0,4	2,3	2,6	3,9	5,8	3	1,6	0,6	0,5
Общее	68	0,1	1,1	2,2	4,6	51	4,4	7,3	1,7	0,9

Примечание. Статистические показатели: n – объем выборки; min – минимум; Q1 – нижний квартиль; med – медиана; Q3 – верхний квартиль; max – максимум; M – среднее арифметическое; s – среднеквадратическое отклонение; V – коэффициент вариации; x ± m – стандартная ошибка средней.

Средняя площадь озелененных рекреационных территорий составляет 0,04 км². Что касается типизации этих территорий, то территории представлены в основном парками (27 объектов), скверами (26), садами (5) и бульварами (10). Площадь объектов, как и их территориальное положение сильно варьирует. Средняя площадь городских скверов изменяется от 0,001 до 0,03 км², парков от 0,01 до 0,5 км², садов от 0,001 до 0,05 км² и бульваров от 0,004 до 0,06 км² [2]. Для территории г. Волгограда основную рекреационную и средоформирующую функцию выполняют парки и скверы, поскольку их больше остальных типов данной зоны. Однако скверы значительно уступают парковым территориям по площади, за счет чего исследования почвенного покрова последних приобретает большую актуальность.

Полагается, что почвы в промышленных и жилых зонах городов значительно нарушены, однако в рекреационных территориях могут встречаться полностью ненарушенные или поверхностно-преобразованные почвы [16-17].

На процессы почвообразования в городских рекреационных территориях влияют не только природные факторы, а также и антропогенные, а именно: история, характер их формирования и режим использования. Из-за своего месторасположения и характера землепользования почвы рекреационных зон, как правило, в большинстве городов мира идентифицируются как Anthrosols со свойственным для этой реферативно-почвенной группы (РПГ) торфокомпостным горизонтом Hortic, который характеризуется высокими значениями органического углерода и фосфора [7, 9-10]. Тем не менее в городах с аридным климатом ввиду отсутствия природного источника торфокомпостных смесей почвы рекреационных территорий чаще всего классифицируются как Technosols. Несмотря на это, почвы, даже будучи существенно нарушенными деятельностью человека, все еще остаются многофункциональными и способны предоставлять широкий спектр экосистемных услуг зачастую выше, чем природные зональные [16].

В России, как и в большинстве стран мира, исследования процессов трансформации почв урбанизированных территорий проводятся в основном в рекреационных зонах. Чаще всего они ограничиваются определением лишь конкретных свойств. Так, например, в Волгограде [5, 8], Синдзюку [12], Нью-Йорке [14] изучение ограничивается определением концентраций тяжелых металлов. В рекреационных зонах Мурманска, Ростова-на-Дону [4, 7], Торуни [6] исследования были направлены на определение содержания органического углерода. Комплексное изучение физических, химических, экологических свойств почв, а также их картографирование проводилось в Москве [1, 15-16], Санкт-Петербурге [3], Ростове [4], Кракове [13], Людове [11].

Целью работы являлось определение классификационного положения почв парка «Дружба» Кировского района г. Волгограда, а также оценка их физических и химических свойств в зависимости от уровня антропогенной нагрузки.

Материалы и методы. Объектом исследования выступили почвы крупнейшего парка г. Волгограда «Дружба», расположенного в Кировском районе (северной широты 48°35'06,03» восточной долготы 44°26'30,92») (рис. 1.).

Физико-географические особенности г. Волгограда выражены аридностью климата, резкими колебаниями температур, сильными ветрами, непостоянным режимом увлажнения. Территория парка относится к первой террасе правобережной части долины р. Волга.

Парк «Дружба» общей площадью 55 га расположен в южной части города. Он основан в 60-е годы XX в. Начиная с 1990-х гг. парк заброшен и более не благоустраивался ввиду социально-экономических причин. По нашим исследованиям, травянистая растительность представлена в основном астровыми (Asteraceae) и амарантовыми (Amaranthaceae) семействами. Древесная флора представлена кленом ясенелистным (*Acer negundo* L.) (инвазивный вид), топодем белым (*Populus alba* L.), топодем черным (*Populus nigra* L.), вязом приземистым (*Ulmus pumila* L.), лохом узколистым (*Elaeagnus angustifolia* L.), робинией ложноакациевой (*Robinia pseudoacacia* L.), туей западной (*Thuja occidentalis* L.), а также бирючиной обыкновенной (*Ligustrum vulgare* L.).

Полевые исследования проведены в июне-августе 2019-2022 г., в ходе которых на территории исследуемого участка заложено 9 почвенных разрезов (рис. 2, табл. 2). Разрез №1, 3 заложены на футбольных полях; №2, 6 – в искусственных посадках; №4, 7 – под асфальтовым покрытием; №5, 8 – на месте аттракционов и снесенного сооружения; №9 – в овражно-балочной сети.

Для определения химических и физических свойств в каждом разрезе из каждого генетического горизонта или слоя были отобраны образцы (по ГОСТу Р 58595-2019). Названия почв и техногенных поверхностных образований (ТПО) даны по полевому определителю почв России 2008 г. (ПО-2008) и мировой реферативной базе почвенных ресурсов (WRB-2014 update-2022) [10]. В ходе лабораторных исследований были определены следующие почвенные показатели: при помощи рН-метра-милливольтметра рН-410 определена реакция среды ($pH_{водн}$), кондуктометром HI98302 DiST 2 определено общее содержание, содержание органического углерода проведено по методу Никитина с колориметрическим окончанием по Орлову-Гриндель, содержание карбонатов – ацидиметрически. Все анализы сделаны с использованием российского и зарубежного руководства по химическим анализам почв [18]. Отдельно определялась плотность почв методом режущего кольца [9, 18].

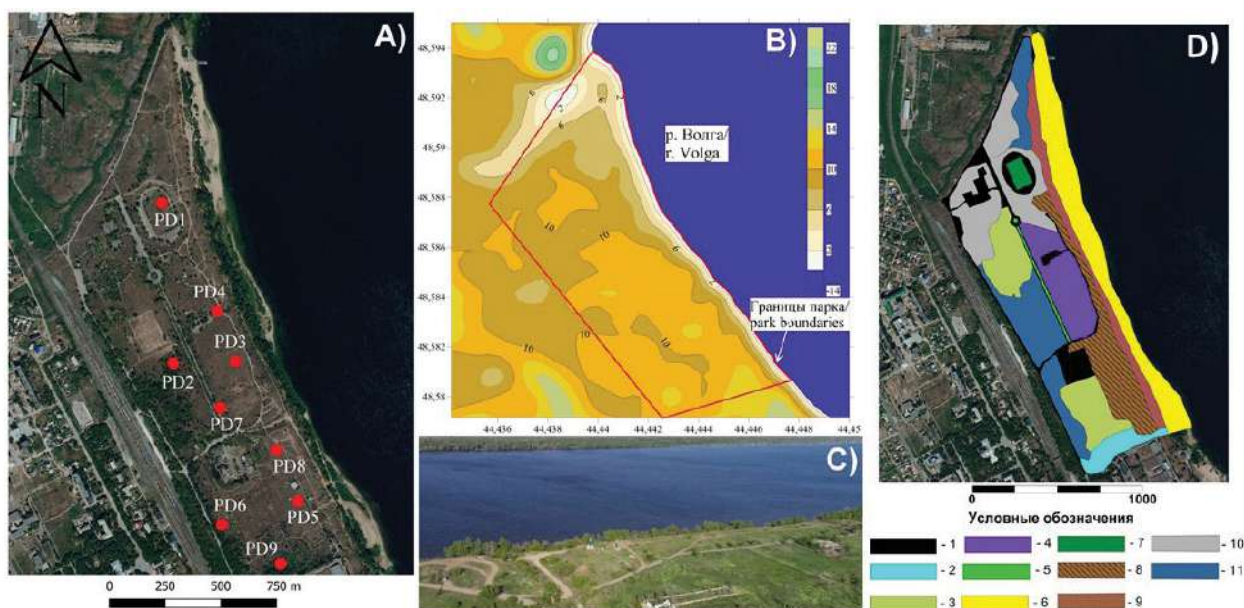


Рисунок 1 – Карта-схемы объекта исследования: А) Местоположение почвенных разрезов (красные точки); В) карта рельефа территории; С) Общий вид восточной территории парка; D) почвенная карта участка

Таблица 2 – Структура почвенного покрова парка «Дружба»

№ в легенде	Почвенные типы и подтипы	Площадь, га
1	Экраноземы (Ecranic Technosols)	5,3
2	Светлогумусовая техногенная на погребенной светлогумусовой почве (Colluvic Regosols Prototechnic, Transportic over Eutric Calcaric Arenosols)	1,75
3	Квазиглеевая урбистратифицированная	6,9
4	Урбиквазиземы и урбостратоземы техногенные (Urbic Technosols Transportic)	5,5
5	Квазизем техногенный на погребенной квазиглееватой глинисто-иллювирированной почве	0,6
6	Аллювиальные светлогумусовые почвы (Calcaric Fluvisols)	7
7	Урбиквазизем техногенный на погребенной темногумусовой квазиглееватой слитизированной почве (Urbic Technosol (Calcaric, Raptic over Haplic Vertisols Calcaric)	0,7
8	Каштановая урбистратифицированные (Eutric Cambisols Prototechnic), каштановые урбистратифицированные солонцеватые (Eutric Cambisols Sodic, Prototechnic))	9,6
9	Солонцы светлые типичные (Protocalcic Solonetz Columnic, Cutanic)	4,5
10	Урбостратозем техногенный пирогенный на погребенной темногумусовой квазиглееватой слитизированной почве	6,5
11	Темногумусовая квазиглееватая слитизированная урбистратифицированная (Haplic Vertisols Calcaric, Prototechnic)	6,65

Результаты и обсуждение. Для территории парка характерно преобладание природных типов почв (64%) над антропогенными (36%). Из них 5,3 га (9,6%) приходится на тропиночные сети, асфальтовые дороги, а также различные сооружения, как сохранившиеся, так и разрушенные вплоть до фундамента. Почвами этих территорий выступают различные экраноземы. В некоторых случаях под толщей техногенных слоев фиксируются погребенные гумусовые горизонты светло- и темногумусовых почв. В южной части парка на месте бывшего оврага в настоящий момент сформировались светлогумусовые техногенные почвы с погребенными светлогумусовыми почвами (1,75 га – 3,2%). Наличие техногенного материала свидетельствует о засыпке оврага. Северо- и юго-западная часть

парка характеризуется выровненным рельефом, а вскрытые профили квазиглеевых урбистратифицированных почв (12,5% – 6,9 га) (ur-Qca) лишенных гумусовых горизонтов свидетельствуют о целенаправленной срезке гумусовых горизонтов и выравнивании участков. Между ними в густой древесной растительности выделены темногумусовые квазиглееватые слитизированные почвы с маломощным горизонтом ug на поверхности (6,65 га – 12,5%). Центральная и северная части сквера наиболее трансформирована ввиду наличия в прошлом на ней крупных объектов строительства, а также максимального сосредоточения рекреационно-развлекательных объектов (стадион, парк аттракционов). На данной территории выделены урбиквазиземы и урбостратоземы техногенные

(5,5 га – 10%), а также урбостратоземы техногенные пирогенные (12% – 6,5 га). Между дорожками в аллейных зонах небольшими вертикальными полосами встречаются квазиземы техногенные (0,35 га – 0,6%). Крайняя восточная обрывистая часть парка представлена естественными аллювиальными светлогумусовыми почвами (7 га – 12,7%). На территории парка в разное время функционировали 3 футбольных поля. Почвы северного поля (0,7 га – 1,3%) идентифицированы как урбиквазизем техногенный на погребенной темногумусовой квазиглееватой слитизированной почве. Для южного поля отмечено отсутствие естественного гумусового горизонта и замена его на рекультивационный слой, который за долгие годы без ухода и полива трансформировался в горизонт UR. Ниже урбикового горизонта сохранился диагностический горизонт каштановых почв ВМК, ввиду чего, почвы данного поля классифицируются как каштановые урбистратифицированные. Между каштановыми и аллювиальными почвами тонкой вертикальной полосой выделены почвы щелочно-глинисто-дифференцируемого отдела – солонцы светлые (4,5 га – 8,2%). Для них характерно локальное замусоривание поверхностных горизонтов SEL, а также частые включения костровищ в виде угольков и золы.

вационный слой, который за долгие годы без ухода и полива трансформировался в горизонт UR. Ниже урбикового горизонта сохранился диагностический горизонт каштановых почв ВМК, ввиду чего, почвы данного поля классифицируются как каштановые урбистратифицированные. Между каштановыми и аллювиальными почвами тонкой вертикальной полосой выделены почвы щелочно-глинисто-дифференцируемого отдела – солонцы светлые (4,5 га – 8,2%). Для них характерно локальное замусоривание поверхностных горизонтов SEL, а также частые включения костровищ в виде угольков и золы.

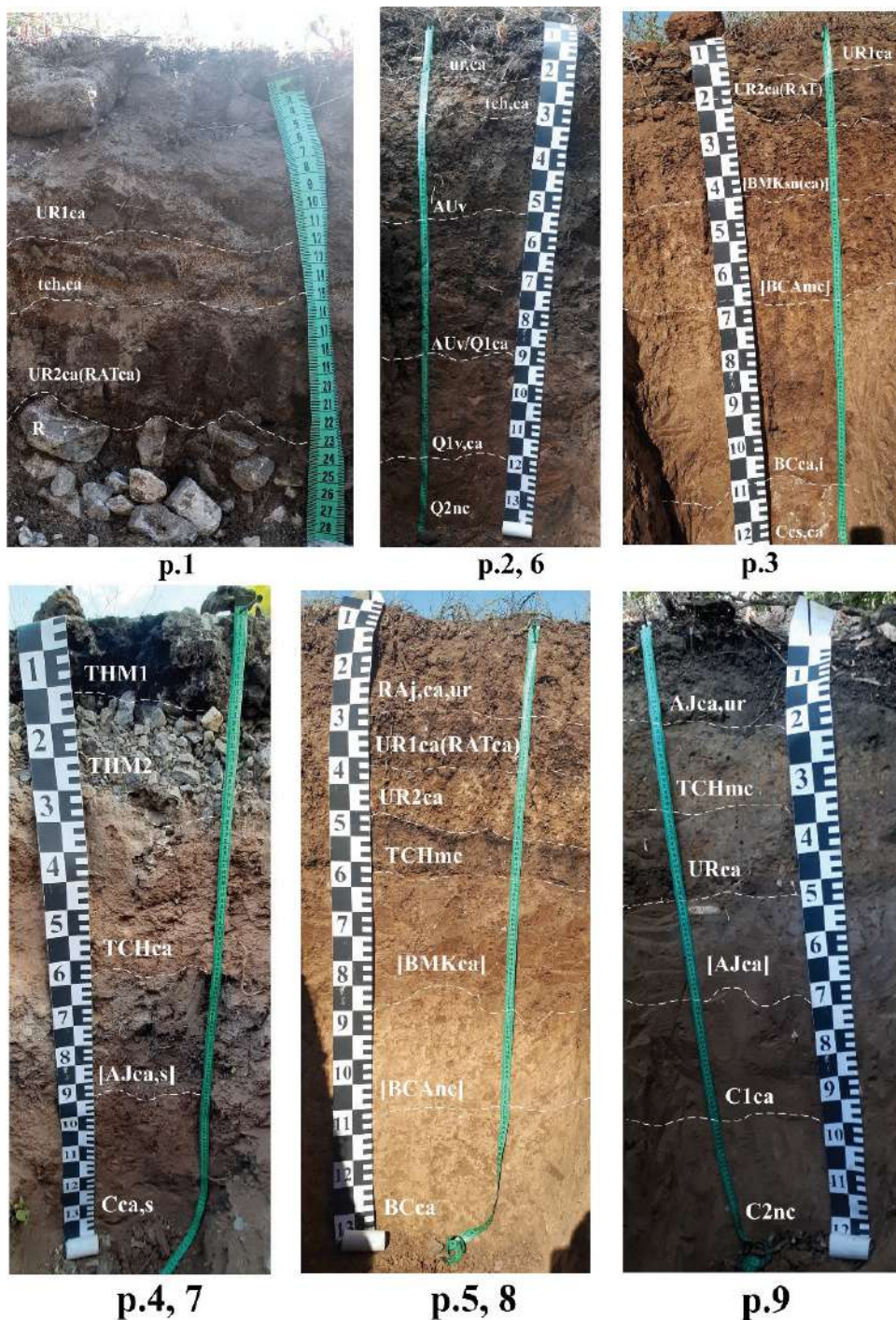


Рисунок 2 – Почвенные разрезы в парке «Дружба», Волгоград (дата закладки разрезов июнь-август 2019-2022 г.)

Мощность антропогенной толщи в парке «Дружба» составляет в среднем 35 см. Такая небольшая мощность в отличие от почв в аналогичных городских рекреационных территориях обусловлена отсутствием в настоящее время антропогенного воздействия и малым периодом преобразования территории (30-40 лет). Малая мощность аллохтонных материалов обуславливает наличие погребенных горизонтов природных почв. Нативными почвами для этой территории являются каштановые солонцеватые почвы, а также темногумусовые квазиглееватые слитизированные и светлогумусовые почвы с достаточно мощными гумусо-аккумулятивными горизонтами (40-50 см), благодаря чему антропогенные преобразования затронули только верхние 15-35 см. Погребенные горизонты представлены темно- и светлогумусовыми слитизированными и засоленными горизонтами AUv и AJs разрезов №2, 4, 6-7, 9, а также срединными горизонтами ВМК и ВСА каштановых почв разрезов №3, 5, 8. В целом территория характеризуется преобладанием естественных почв, тогда как антропогенные в основном приурочены к локальным объектам строительства (дороги, спортивные и административные сооружения).

В наибольшей степени преобразованы почвы под дорожно-транспортной сетью (до 60 см) и футбольными полями (до 30 см). Верхняя часть экранированных почв слагается плотным техногенным материалом и насыпной песчано-гравийной подушкой. Разрезы №1 и 3 заложены на месте футбольных полей. Однако во втором случае поле не было специальным образом сконструировано, его организация осуществлялась непосредственно на природной каштановой солонцеватой почве путем подсыпки реплантанированного материала

(гор. RAT) для выравнивания территории и создания условий для произрастания газонной травы. В настоящее время горизонт рекультивации RAT без систематических подсыпок и полива трансформировался в урбиковый горизонт (UR), содержащий большое количество артефактов [15-16]. На строение почвенного профиля разрезов №5 и 8 оказали влияние частые стихийные пожары, воздействию которых подвержено свыше 15% территории парка. В данных почвах зафиксированы продукты сгорания, которые содержатся во всех горизонтах до глубины 47 см. Отличительными особенностями профилей №2, 6 является слитизация, которая наиболее ясно проявилась в гумусовом и квазиглееватом горизонте до глубины 115 см. Структура вертикальных горизонтов сложная с несколькими порядками: первый – крупные глыбы с шириной глыб до 15 см, второй – призматические отдельности. Верхняя часть профиля представлена маломощным урбиковым горизонтом, содержащим >10% антропогенных артефактов (квалификатор Prototechnic) с подстилающим техногенным слоем, вероятнее всего используемым для выравнивания территории.

Содержание артефактов в антропогенных горизонтах в среднем составляет 30%. Процессы иссушения почвенного профиля с подтягиванием вверх почвенных растворов привело к вскипанию с поверхности. Новообразования легкорастворимых солей и гипса в почвенных профилях №3, 4, 7 представлены в основном в диффузно-рассеянном виде (рис. 4). Они образуют светлые расплывчатые пятна, которые свидетельствуют о внутригоризонтном локальном перемещении растворов в условиях недостатка влаги.



Рисунок 4 – Новообразования солей и гипса

Между природными горизонтами отмечены плавные и волнистые границы и переходы, между антропогенными они прямые и резкие. Плотность

горизонтов варьирует от рыхлого до очень плотного в зависимости от мощности и наличия сверху плотного техногенного материала. В естествен-

ных гумусовых и срединных горизонтов структура с появлением над ними урбикового горизонта трансформировалась с комковатой и призматической в глыбистую. Антропогенные горизонты имеют непрочно-комковатую структуру, интенсивно пылят. Гранулометрический состав горизонта урбик (UR) однороден – легкосуглинистый или супесчаный.

Для урбиковых горизонтов выявлен широкий диапазон значений плотности почвы (1,05-1,44 г/см³), при среднем – 1,35 г/см³. Это связано, в основном, с характером использования поверхности почвы. Наибольшая плотность зафиксирована в горизонтах UR на бывших футбольных полях и составила 1,4 г/см³ в разрезе №1 и 1,6 г/см³ разрезе №3. В верхних гумусо-аккумулятивных горизонтах темногомусовых слитизированных урбитсратифицированных почв также фиксируется переуплотнение (1,4 г/см³). Засоленные горизонты AJs напротив имеют меньшую плотность при их супесчаном гранулометрическом составе – 1,3 г/см³. Горизонты рекультивации RAT под бывшими газонами, цветниками и футбольными полями имеют высокие показатели плотности – 1,5 г/см³. Это обусловлено уплотняющим действием перекрывающей урбиковой и золово-стратифицирующей толщей.

Пестрота почвенного покрова парка обуславливает различные химические свойства почв. Наибольшее содержание почвенного углерода зафиксировано в нативных горизонтах темно- и светлогумусовых почв (AUv и AJs) и составляет в среднем 3,4%, достигая максимальных значений (6,3%) в AJs. Этот показатель в урбиковых горизонтах составляет 2,2%, в рекультивационных – 1,5%. Реакция среды как в антропогенных, так и природных почвах слабощелочная (рН_{водный} 8,2). Содержание легкорастворимых солей – неоднородно. Урбиковые и реплантанированные горизонты в целом не засолены, и общее солесодержание составляет в среднем 0,1%. Повышенное содержание солей зафиксировано в гумусо-аккумулятивных горизонтах светлогумусовых засоленных почв (0,7%) и почвообразующих горизонтах каштановых солонцеватых почв – 1,2%. Присутствие в почвах карбонатов незначительное и в среднем составляет 2,3% в горизонтах UR и 1,7% в RAT. Природные горизонты также не отличаются высоким содержанием карбоната кальция. Так, в горизонтах AJs и AUv его концентрация 2,5%. Наибольшие значения (10%) зафиксированы в аккумулятивно-карбонатных горизонтах ВСАnc разрезов №3, 5, 8.

По своим физико-химическим свойствам почвы парка «Дружба» находятся в удовлетворительном состоянии. При этом частые пожары, замусоренность и заброшенность территории не позволяют в полной мере использовать их потенциал для рекреационного использования данного участка. Для улучшения ситуации необходимо провести ряд рекультивационных и благоустроительных работ с целью реабилитации территории парка.

Заключение, выводы. В результате проведенных исследований в парке «Дружба» установлено многообразие и пестрота почвенного покрова, а также физических, химических и морфологических свойств почв.

Почвенный покров несет на себе отпечаток структуры и характера землепользования и представляет собой разнообразие комбинаций природных и антропогенных. Парк «Дружба», ранее активно использовавшийся местными жителями, представляет собой территорию как с локально измененными, так и с неизменными почвами.

Как и в других рекреационных территориях мира, почвы исследуемого участка, несмотря на свою квазиприродную морфологию, претерпели значительные изменения в результате деятельности человека. Эти изменения проявились в перестройке исходных почвенных поверхностей аллохтонным или местным материалом, в наличии многочисленных артефактов (5-50%), которые неравномерно распределены по почвенным профилям, и в образовании резких границ между почвенными горизонтами.

Полученные результаты позволяют выявить особенности генезиса почв в городских рекреационных территориях и антропогенной трансформации природных почв в условиях сухостепной природной зоны.

Литература:

1. Власов Д.В., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е. Картографирование ландшафтно-геохимической структуры урбанизированной территории (на примере Москвы) // ИнтерКарто/ИнтерГИС. 2017. Т. 23. № 1. С. 242–255.
2. Гордиенко О.А. Определение запечатанности почв и грунтов функциональных зон г. Волгограда на основе данных дистанционного зондирования // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2021. № 107. – С. 116–138. doi: 10.19047/0136-1694-2021-107-116-138
3. Матинян Н.Н., Бахматова К.А., Горбунова В.С., Шешукова А.А. Почвы Павловского парка (Санкт-Петербург) // Почвоведение. 2019. № 11. С. 1285–1294. doi: 10.1134/S0032180X19110066
4. Тагивердиев С.С., Безуглова О.С., Горбов С.Н., Скрипников П.Н., Козырев Д.А. Особенности агрегатного состава в связи с соотношением углерода органического вещества и карбонатов в почвах Ростовской агломерации // Почвоведение. 2021. Т. 55. № 9. С. 1143–1149. doi: 10.31857/S0032180X21090124.
5. Тихонова А.А., Иванцова Е.А., Половинкина Ю.С., Манаенков И.В. Формирование модели отбора проб на основе разноуровневой триангуляционной сети для организации мониторинга городских почв // Экология урбанизированных территорий. 2021. № 3. С. 6–13. doi: 10.24412/1816-1863-2021-3-6-13.
6. Charzynski P., Bednarek R., Hudanska P., Switoniak M. Issues related to classification of garden soils from the urban area of Torun, Poland. Soil Sci. Plant Nutr. 2018. № 64. PP. 132–137. doi: 10.1080/00380768.2018.1429833
7. Dvornikov Y.A., Vasenev V.I., Romzaykina O.N., Grigorieva V.E., Dolgikh A.V., Korneykova M.V., Litvinov Y.A., Gorbov S.N., Gosse D.D. Projecting the urbanization effect on soil organic carbon stocks in polar and steppe areas of

European Russia by remote sensing. *Geoderma*. 2021. T. 399. P. 115039. doi: 10.1016/j.geoderma.2021.115039

8. Gordienko O.A., Manaenkov I.V., Kholodenko A.V., Ivantsova E.A. Mapping and assessment of sealing rate of soils in the city of Volgograd. *Eurasian Soil Sci.* 2019. № 11. PP. 1439-1446. doi: 10.1134/S106422931911005X

9. Guidelines for Soil Description (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2006. P. 97.

10. IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources 2014, Updated 2015, International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps, World Soil Resources Reports No. 106 (Food and Agriculture Organization, Rome, 2015).

11. Jaroszuk-Sierocińska, M., and Słowińska-Jurkiewicz, A. Physical status of soils of Park Ludowy in Lublin. *Acta Agroph.* 2018. № 25. PP. 213-225. doi: 10.31545/aagr/93033

12. Murata T., Nobuo K., Uoi N., Watanabe M. Soils in Historical Urban Parks. *Anthropogenic Soils in Japan. International Perspectives in Geography (AJG Library)*. Springer, Singapore. 2019. PP 39–57. doi: 10.1007/978-981-13-1753-8_4

13. Musielok L., Drewnik M, Stolarczyk M, Szczechowska

K. Rates of anthropogenic transformation of soils in the Botanical Garden of Jagiellonian University in Krakow (Poland). *Catena*. 2018. 170. PP. 272-282. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.06.023>

14. Paltseva A., Cheng Z., Egendorf S.P., Groffman P.M. Remediation of an Urban Garden with Elevated Levels of Soil Contamination. *Sci. Total Environ.* 2020. P. 137965.

15. Prokof'eva T.V., Gerasimova M.I. Urban soils: diagnostics and taxonomic position according to materials of scientific excursion in Moscow at the SUITMA-9 workshop. *Eurasian Soil Sci.* 2018. № 9. PP. 995–1007. <https://doi.org/10.1134/S1064229318090090>


16. Stroganova M.N., Rappoport A.V. Specific features of anthropogenic soils in botanical gardens of metropolises in the southern taiga subzone. *Eurasian Soil Sci.* 2005. № 9. PP. 1094–1101.

17. Targulyan, V.O. Soil memory: Soil as a memory of Biosphere-Geosphere-Anthroposphere interactions. 2008. Publishing House of LCI. 2008. P. 687. (In Russian, English summary).

18. L.P. van Reeuwijk, Procedures for soil analysis. ISRIC-FAO. ISRIC Technical Paper. 2002. № 9. 6th edition. p. 119.

DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.013.86-93

Soil Features of Urban Recreational Areas in the Dry-Steppe Natural Zone (on the Example of the «Druzhba» Park)

Oleg A. Gordienko , Junior Researcher¹, e-mail: oleg.gordienko.95@bk.ru, ORCID: 0000-0001-5381-9114,
Roman N. Balkushkin, Junior Researcher¹, ORCID: 0000-0003-0987-6263

¹ Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (FSC of Agroecology RAS), e-mail: nfo@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Avenue, 97, Volgograd, Russia

Abstract. In the cities located in the dry-steppe and semi-desert zones, the soils of recreational areas perform the main function of maintaining the ecological state, since most of the public plantings are concentrated in these zones. Due to the high importance of these territories, soil cover of these zones state monitoring remains relevant and important. The purpose of the article is to determine the classification position of the soils of the of Volgograd recreational territories, as well as to assess their physical and chemical properties depending on the anthropogenic load level. The Druzhba Park in the Kirovskij district, which is one of the largest parks in the city, was chosen as the key site. The methods are based on national and foreign manuals on chemical and physical analyses, and various soil classifications were also used. As a result of the comprehensive studies carried out, the structure of the soil cover, as well as the diversity of physical, chemical and morphological properties of soils were determined. It was found that the thickness of the urbistratifying layer (UR) varies in a wide range from 10 to 60 cm, the power of recultivation deposits (RAT) varies from 5 to 25 cm. A wide range of soil density values (1.1-1.5 g/cm³) was revealed for the urban horizons, with an average of 1.4 g/cm³. The content of soil carbon in natural AU and AJ horizons averages 3.4%, in urbic

horizons – 2.2%, in reclamation horizons – 1.5%. The reaction of the environment is slightly alkaline (pH water 8.2). In urban and replanted horizons, the total salinity is on average 0.1%. The presence of carbonates in soils is insignificant and averages 2.3% in the UR horizon and 1.7% in the RAT. The obtained results of the studied soils chemical and physical condition are important from the point of view of monitoring their condition, as well as improving the tree and shrub vegetation choice.

Keywords: recreational territories, soil classification, urbostratozems, soil properties, soil cover structure

The work was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research within the framework of the scientific project No. 20-34-90129 «Soils of recreational territories of Volgograd: diversity, properties, ecological functions».

Received: 10.06.2022

Accepted: 15.08.2022

References:

1. Vlasov D.V., Kasimov N.S., Kosheleva N.E. *Kartografirovaniye landshaftno-geokhimicheskoy struktury urbanizirovannoy territorii (na primere Moskvy)* [Mapping of urbanized territory landscape-geochemical structure (on the example of Moscow)].

InterCarto/InterGIS. 2017. T. 23. 1. pp. 242–255.

2. Gordienko O.A. *Opređenje zapechatannosti pochv i gruntov funkcional'nykh zon g. Volgograda na osnove dannykh distantsionnogo zondirovaniya* [Determination of sealing of soils and grounds of functional zones of Volgograd on the basis of remote sensing data]. *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva* [Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Institute]. 2021. 107. pp. 116–138. doi: 10.19047/0136-1694-2021-107-116-138

3. Matinyan N.N., Bakhmatova K.A., Gorbunova V.S., Sheshukova A.A. *Pochvy Pavlovskogo parka (Sankt-Peterburg)* [Soils of Pavlovsky Park (Saint Petersburg)]. *Pochvovedenie* [Soil Science]. 2019. 11. pp. 1285–1294. doi: 10.1134/S0032180X19110066

4. Tagiverdiev S.S., Bezuglova O.S., Gorbov S.N., Skripnikov P.N., Kozyrev D.A. *Osobennosti agregatnogo sostava v svyazi s sootnosheniem ugleroda organicheskogo veshchestva i karbonatov v pochvakh Rostovskoj aglomeratsii* [Features of aggregate composition in connection with the organic matter carbon and carbonates ratio in the soils of the Rostov agglomeration]. *Pochvovedenie* [Soil Science]. 2021. T. 55. 9. pp. 1143–1149. doi 10.31857/S0032180X21090124.

5. Tikhonova A.A., Ivantsova E.A., Polovinkina YU.S., Manaenkov I.V. *Formirovanie modeli otbora prob na osnove raznourovnevoj triangulyatsionnoj seti dlya organizatsii monitoringa gorodskikh pochv* [Formation of a sampling model based on a multi-level triangulation network for the organization of urban soil monitoring]. *Ekologiya urbanizirovannykh territorij* [Ecology of urbanized territories]. 2021. № 3. pp. 6–13. doi 10.24412/1816-1863-2021-3-6-13.

6. Charzynski P., Bednarek R., Hudanska P., Switoniak M. Issues related to classification of garden soils from the urban area of Torun, Poland. *Soil Sci. Plant Nutr.* 2018. No. 64. pp. 132–137.

7. Dvornikov Y.A., Vasenev V.I., Romzaykina O.N., Grigorieva V.E., Dolgikh A.V., Korneykova M.V., Litvinov Y.A., Gorbov S.N., Gosse D.D. Projecting the urbanization effect on soil organic carbon stocks in polar and steppe areas of European Russia by remote sensing. *Geoderma*. 2021. No. 399. p. 115039.

8. Gordienko O.A., Manaenkov I.V., Kholodenko A.V., Ivantsova E.A. Mapping and assessment of sealing rate

of soils in the city of Volgograd. *Eurasian Soil Sci.* 2019. No. 11. pp.1439–1446.

9. Guidelines for Soil Description (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2006. 97 p.

10. IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources 2014, Updated 2015, International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps, World Soil Resources Reports No. 106 (Food and Agriculture Organization, Rome, 2015).

11. Jaroszek-Sierocińska M., and Słowińska-Jurkiewicz A. Physical status of soils of Park Ludowy in Lublin. *Acta Agroph.* 2018. No. 25. pp. 213–225.

12. Murata T., Nobuo K., Uoi N., Watanabe M. Soils in Historical Urban Parks. *Anthropogenic Soils in Japan. International Perspectives in Geography (AJG Library)*. Springer, Singapore. 2019. No. pp. 39–57.

13. Musielok L., Drewnik M, Stolarczyk M, Szczechowska K. Rates of anthropogenic transformation of soils in the Botanical Garden of Jagiellonian University in Krakow (Poland). *Catena*. 2018. 170. pp. 272–282.

14. Paltseva A., Cheng Z., Egendorf S.P., Groffman P.M. Remediation of an Urban Garden with Elevated Levels of Soil Contamination. *Sci. Total Environ.* 2020. p. 137965.

15. Prokofeva T.V., Gerasimova M.I. Urban soils: diagnostics and taxonomic position according to materials of scientific excursion in Moscow at the SUITMA-9 workshop. *Eurasian Soil Sci.* 2018. 9. pp. 995–1007. <https://doi.org/10.1134/S1064229318090090>

16. Stroganova M.N., Rappoport A.V. *Antropogennye pochvy botanicheskikh sadov krupnykh gorodov juzhnoj TAJGI* [Specific features of anthropogenic soils in botanical gardens of metropolises in the southern taiga subzone]. *Eurasian Soil Sci.* 2005. 9. pp. 1094–1101.

17. Targulyan V.O. Soil memory: Soil as a memory of Biosphere-Geosphere-Anthroposphere interactions. 2008. Publishing House of LCI. 2008. p. 687.

18. L.P. van Reeuwijk. Procedures for soil analysis. ISRIC-FAO. 2002. ISRIC Technical Paper. 9. 6th edition. 119 p.

Цитирование. Гордиенко О.А., Балкушкин Р.Н. Особенности почв городских рекреационных территорий сухостепной природной зоны (на примере парка «Дружба») // Научно-агрономический журнал. 2022. №3(118). С. 86–93. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.013.86-93

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.

Citation. Gordienko O.A., Balkushkin R.N. Soil Features of Urban Recreational Areas in the Dry-Steppe Natural Zone (on the Example of the «Druzhba» Park). *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 86–93. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.013.86-93

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or 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.

Редакция научно-практического журнала «Научно-агрономический журнал»

благодарит уважаемых авторов за сотрудничество и выражает надежду на дальнейшую популяризацию результатов фундаментальных и прикладных исследований отечественных и зарубежных ученых по научному обеспечению сельского, лесного и мелиоративного хозяйства с освещением проблем рационального природопользования и адаптации агроэкосистем к меняющимся климатическим условиям.

В журнале публикуются научные статьи, обзоры, требующие обязательного рецензирования и регистрации DOI. Для публикации статей в журнале приглашаются научные и научно-педагогические работники, докторанты, аспиранты, а также практические работники и руководители организаций сферы АПК.

К публикации принимаются статьи, отражающие наиболее значимые научные труды, нигде ранее не опубликованные, соответствующие тематике журнала, обладающие научной новизной и содержащие

материалы собственных научных исследований автора. Предоставляемые материалы должны быть актуальными, иметь новизну, научную и практическую значимость. Оригинальность текста – не менее 75 % (проверка статьи с помощью сервиса www.text.ru или www.antiplagiat.ru), подтвержденные отчетом с указанных сервисов.

Статьи, представленные к публикации, направляются редколлегией журнала на обязательное рецензирование. Рецензирование осуществляется в строгом соответствии с порядком рецензирования и этическими принципами, опубликованными на официальном веб-сайте <https://vfanc.ru/center/zhurnal/>.

Главный и ответственный редакторы принимают решение о возможности принятия рукописи к печати на основании рецензий и собственной оценки качества материала, авторских ответов на замечания и исправлений рукописи, при необходимости консультируясь с другими членами Редакционной коллегии.

Требования к оформлению статей

Редакционная коллегия оставляет за собой право не включать в журнал статьи, не соответствующие предъявляемым требованиям.

В начале статьи на русском языке указываются:

- номер по Универсальной десятичной классификации (УДК);
- название статьи;
- инициалы и фамилия автора(ов);
- название организации, в которой выполнялась работа, город;
- E-mail;
- аннотация – 150-250 слов;
- ключевые слова и словосочетания.

Далее в той же последовательности информация приводится на английском языке. Если статья подана не на русском языке, то данные о статье, авторах, аннотация и ключевые слова приводятся сначала на языке оригинала, а затем обязательно на русском языке.

Научная статья должна обязательно включать:

- Введение (содержит актуальность, цель и задачи исследования, критический анализ достижений и публикаций);
- Материалы и методы исследования;
- Результаты исследования и их обсуждение;
- Выводы;
- Список литературы на языке оригинала и References (английская транслитерация оригинального списка).
- Сведения об авторе (авторах) на русском и английском языках (для каждого автора): Ф.И.О. полностью, учёная степень, звание; место работы; должность, город; E-mail.

Материал статьи должен быть изложен кратко, в научно-информационном стиле, без повторений данных таблиц и рисунков в тексте; на литературу, таблицы и рисунки следует давать ссылки в тексте.

Ссылки на литературу оформляются в виде номера, в соответствии с положением источника в библиографическом списке, номер ссылки заключается в квадратные скобки.

Статья представляется в редакцию журнала «Научно-агрономический журнал» по электронной почте nwzhurnal@mail.ru, набранной в формате Word Windows, книжная ориентация. Материал для публи-

кации набирается с установками: поля – 2 см, стиль обычный, шрифт Times New Roman, размер шрифта 14, межстрочный интервал 1,5, расстановка переносов автоматическая. Абзацный отступ одинаковый по тексту 1,25 см. Ограничения по количеству рисунков и таблиц – не более восьми.

Таблицы и диаграммы выполняются в редакторе MS Word (не рисунками), нумеруются, если их более одной и располагаются по смыслу текста статьи. Используемые в статьях физические, химические, технические, математические термины, единицы измерения и условные обозначения должны быть общепринятыми. Размерность всех величин, принятых в статьях, должна соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ). Фотографии предоставляются в электронном виде в формате jpg или tif. Формулы записываются в стандартном редакторе формул MS Word.

Не допускается нумерация страниц, использование в тексте разрывов страниц, использование автоматических постраничных ссылок, использование разреженного или уплотненного межбуквенного интервала.

Объем научной статьи 6–15 страниц машинописного текста.

В список литературы добавляются только те источники, на которые есть ссылки в тексте статьи (для тезисов это правило не применяется). Допускается не более 20 % самоцитирования любых работ, опубликованных в других печатных источниках. Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 в алфавитном порядке. В списке литературы ссылка на каждый источник приводится на том языке, на котором он опубликован. После списка литературы на русском языке идет его транслитерация в латиницу. Для транслитерации рекомендуется использовать сайт: <http://translit.net/> с параметрами по умолчанию. В статье рекомендуется использовать не менее 10 литературных источников, раскрывающих проблему исследования.

С уважением, редакционная коллегия