

НАУЧНО-АГРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC AGRONOMY JOURNAL

2 (113) 2021

Волгоград
2021

Федеральный научный центр
агроэкологии Российской академии наук

объявляет

конкурс

на соискание медали

имени выдающегося агролесомелиоратора

Анатолия Васильевича Альбенского

за научные достижения в области
агролесомелиорации и защитного лесоразведения.

Срок представления работ

до 19 сентября 2021 года.

Конкурс приурочивается ко дню рождения ученого.

Победитель награждается

медалью имени А.В. Альбенского

за научные работы, имеющие крупное теоретическое
и практическое значение, а также дипломом
установленного образца и денежной премией.

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: **Солонкин А.В.**, д.с.-х.н.

Научные специальности и отрасли наук:

- 06.01.01.** – Общее земледелие. Растениеводство (сельскохозяйственные и биологические науки),
06.01.05. – Селекция и семеноводство (сельскохозяйственные и биологические науки),
06.01.08. – Плодоводство и виноградарство (сельскохозяйственные и биологические науки),
06.03.01. – Лесные культуры, селекция и семеноводство (сельскохозяйственные и биологические науки),
06.03.03. – Агролесомелиорация, защитное лесоразведение и озеленение населенных пунктов,
лесные пожары и борьба с ними (сельскохозяйственные и биологические науки),
03.02.05. – Энтомология (сельскохозяйственные и биологические науки),
03.02.08. – Экология (сельскохозяйственные и биологические науки),
03.02.14. – Биологические ресурсы (сельскохозяйственные и биологические науки)

Редакционный совет:

Бородычев В.В., д.с.-х.н., профессор, академик РАН, ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Россия
Кружилин И.П., д.с.-х.н., профессор, ФГБНУ ВНИИОЗ, Россия
Кулик К.Н., д.с.-х.н., профессор, академик РАН, ФНЦ агроэкологии РАН, 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
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

Редакционная коллегия:

Барабанов А.Т. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН	Нефедьева Е.Э. , д.б.н., ФГБОУ ВО ВолгГТУ
Белицкая М.Н. , д.б.н., ФНЦ агроэкологии РАН	Оконов М.М. , д.с.-х.н., ФГБОУ ВО КалмГУ
Беляев А.И. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН	Питоня А.А. , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН
Беляков А.М. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН	Рахимжанов А.Н. , к.с.-х.н., ТОО «КазНИИЛХА им. А.Н. Букейхана», Республика Казахстан
Буянкин В.И. , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН	Рулева О.В. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН
Гурова О.Н. , к.с.-х.н., ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ	Сагалаев В.А. , д.б.н., ФГБОУ ВО ВолГУ
Зеленев А.В. , д.с.-х.н., ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ	Смутнев П.А. , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН
Зеленская Г.М. , д.с.-х.н., ФГБОУ ВО Донской ГАУ	Срослова Г.А. , к.б.н., ФГАОУ ВО ВолГУ
Иванченко Т.В. , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН	Тютюма Н.В. , д.с.-х.н., ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»
Кошелев А.В. , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН	Узолин А.И. , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН
Кулик А.К. , к.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН	Юферев В.Г. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН
Манаенков А.С. , д.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.2021.113.2.000

Печатается в копировально-множительном бюро ФНЦ агроэкологии РАН

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

Тираж 500 экз. Заказ 9, подписано в печать 28 июня 2021 г. Дата выпуска 29 июня 2021 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: **Solonkin A.V.**, D.S-Kh.N.

Scientific specialties and branches of science:

- 06.01.01.** - General agriculture. Plant growing (agricultural and biological sciences),
- 06.01.05.** - Breeding and seed production (agricultural and biological sciences),
- 06.01.08.** - Fruit and viticulture (agricultural and biological sciences),
- 06.03.01.** - Forestry crops, breeding and seed production (agricultural and biological sciences),
- 06.03.03.** - Agroforestry, protective afforestation and settlement gardening, forest fires and their control (agricultural and biological sciences),
- 03.02.05.** - Entomology (agricultural and biological sciences),
- 03.02.08.** - Ecology (agricultural and biological sciences),
- 03.02.14.** - Biological resources (agricultural and biological sciences)

Editorial Council:

Borodychev V.V., D.S-Kh.N., Academician of RAS, Professor, All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation of A.N. Kostyakov, Russia
Kruzhilin I.P., D.S-Kh.N., Academician of RAS, Professor, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Russia
Kulik K.N., D.S-Kh.N., Academician of RAS, Professor, FSC of Agroecology RAS, 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., Academician of NAS of Kazakhstan, Professor, Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Scientific Consultant, Republic of Kazakhstan
Slozhenkina M.I., D.B.N., RAS corr. member, Professor, 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

Editorial Board:

Barabanov A.T. , D.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS	Nefedeva E.E. , D.B.N., Volgograd State Technical University
Belitskaya M.N. , D.B.N., FSC of Agroecology RAS	Okonov M.M. , D.S-Kh.N., Kalmyk State University
Belyaev A.I. , D.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS	Pitonya A.A. , K.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS
Belyakov A.M. , D.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS	Rakhimzhanov A.N. , K.S-Kh.N., Kazakh Scientific Research Institute of Forestry and Agroforestry
Buyankin V.I. , K.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS	Ruleva O.V. , D.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS
Gurova O.N. , K.S-Kh.N., Volgograd State Agrarian University	Sagalayev V.A. , D.B.N., Volgograd State University
Zelenev A.V. , D.S-Kh.N., Volgograd State Agrarian University	Smutnev P.A. , K.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS
Zelenskaya G.M. , D.S-Kh.N., Don State Agrarian University	Sroslova G.A. , K.B.N., Volgograd State University
Ivanchenko T.V. , K.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS	Tyutyuma N.V. , D.S-Kh.N., Caspian Agrarian FSC of RAS
Koshelev A.V. , K.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS	Uzolin A.I. , K.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS
Kulik A.K. , K.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS	Yuferev V.G. , D.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS
Manayenkov A.S. , D.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS	

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

Publisher's Address: 400062, Volgograd, University Avenue, 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.2021.113.2.000

Published by FSC of Agroecology RAS
Address: 400062, Volgograd, University Avenue, 97

Circulation 500 copies. Order 9, signed to print on 28 June 2020. Date of issue 29 June 2021
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

Агролесомелиорация

В.И. Панов. Оптимизация соотношения основных ландшафтных угодий (кластеров) в бассейновом агроэколандшафте степного засушливого пояса России.....6

Селекция и семеноводство

А.О. Старухина, А.С. Попова, В.Г. Зайцев. Определение содержания хлорофиллов и каротиноидов для индивидуальной оценки состояния проростков сельскохозяйственных растений.....18

Е.Н. Киктева, А.В. Солонкин, О.А. Никольская. Влияние сроков и способов прививки на выход стандартных саженцев яблони.....23

А.С. Попова, А.О. Старухина, В.Г. Зайцев. Сравнительный анализ методов ускоренного выделения ДНК из растительного материала.....28

Защитное лесоразведение

С.Н. Крючков, А.В. Вдовенко, А.В. Зарубина, С.А. Егоров. Эффективность использования микоризы и полимерных материалов при выращивании сеянцев сосны в засушливых условиях.....34

Лесные пожары и борьба с ними

Е.К. Верещагин. Оценка пожароопасной обстановки в агролесоландшафтах Волгоградской области.....39

Экология

В.И. Иванова, Г.Н. Кониева. Факторы формирования и элементы химического состава водоемов Кумо-Манычской впадины.....47

В.Г. Юфев, Н.А. Ткаченко. Геоинформационное моделирование и геостатистический анализ рельефа территории Республики Калмыкия.....51

От редакции.....58

Agroforestry

V.I. Panov. The Main Landscape Lands (clusters) Ratio Optimization in the Basin Agroecolandscape of the Steppe Arid Zone of Russia.....6

Breeding and seed production

A.O. Staruhina, A.S. Popova, V.G. Zaitsev. The Quantification of Chlorophylls and Carotenoids in the Same Sample of an Individual Condition Assessment of Agricultural Plant's Seedlings.....18

E.N. Kikteva, A.V. Solonkin, O.A. Nikolskaya. Influence of Time Frames and Grafting Methods on the Production of Standard Apple Seedlings.....23

A.S. Popova, A.O. Staruhina, V.G. Zaitsev. Comparative Analysis of Methods for Rapid DNA Extraction from Plant Material.....28

Protective afforestation

S.N. Kryuchkov, A.V. Vdovenko, A.V. Zarubina, S.A. Egorov. Effect of Moisture-Saturated Polymers on Micorisation of Crimean Pine Seedlings under Dry Steppe Conditions.....34

Forest fires and their control

E.K. Vereshchagin. Fire Hazardous Situation Assessment in Agroforestry Landscapes of the Volgograd Region.....39

Ecology

V.I. Ivanova, G.N. Konieva. Factors of Formation and Elements of the Chemical Composition of Reservoirs of the Kumo-Manych Depression.....47

V.G. Yuferev, N.A. Tkachenko. Geoinformation Analys Is and Digital Modeling of the Relief of the Republic of Kalmykia.....51

From the editorial board.....58

Оптимизация соотношения основных ландшафтных угодий (кластеров) в бассейновом агроэколандшафте степного засушливого пояса России

В.И. Панов, к.г.н., в.н.с. – Поволжская АГЛОС – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), aglos163@mail.ru, Самарская область, пос. Новоберёзовский, Россия

Используемое техногенное агроприродопользование в степном поясе России нарушило естественный эволюционно-самоорганизованный баланс угодий (доля пашни в бассейновом агроэколандшафте достигает 75-90% от площади водосбора). Потеряна защищённость почвенного плодородия в результате антропогенной эрозии, дефляции, велики непродуктивные потери атмосферных осадков на снеготранспорт, сублимацию, поверхностный сток и физическое испарение, сохраняется большая амплитуда колебаний погодных факторов и урожайности. При освоении и масштабном переходе в производстве на ландшафтное агролесогидроландшафтированное эрозионно-устойчивое аграрное природопользование большое значение имеет разработка научных основ оптимизированного соотношения основных ландшафтных угодий-кластеров (пашня – степь – леса – воды – поселения). Статья посвящена этой теме. Дана характеристика главных ландшафтных угодий (кластеров) в их современном состоянии. Многолетними натурными ландшафтными исследованиями и моделированием установлены непродуктивные потери влаги атмосферных осадков, достигающие в степи 50-65% от годовой суммы (220-290 мм). При оптимальном соотношении ландшафтных угодий в бассейновом ландшафте и при оптимальной защите пашни агролесогидрокомплексом до 110-170 мм и более ранее бесполезно терявшихся атмосферных осадков могут быть привлечены для повышения урожайности и стабилизации продуктивности аграрного природопользования. По результатам исследований разработаны оптимизированные соотношения (в %) основных ландшафтных кластеров-угодий: пашни – степи – леса – воды – поселения.

Ключевые слова: ландшафт, кластеры-угодья, водосборный бассейн, эрозия, осадки, сток, физическое испарение, сублимация и снос снега, водохранилища, агроэкополис.

Поступила в редакцию: 28.04.2021

Принята к печати: 10.06.2021

Важнейшей ареной производства пищевой продукции для населения нашей страны и для других стран земного шара являются чернозёмные почвы степного пояса России, куда составными частями входят такие природно-географические подзоны, как лесостепь, степь и сухая степь. Чернозёмы степного пояса – величайшее народное достояние, которое Д.И. Менделеев оценил «дороже золота», а по народной мудрости – «хлеб всему голова». Это основа нашей продовольственной безопасности и поставки на мировой рынок ценной и экологически безупречной пищевой продукции.

Этот прекрасный и удивительно разнообразный по природе край обладает большими биоэкологическими ресурсами – обилием света и тепла, энергетическими, минеральными и трудовыми ресурсами, почвенным плодородием, обширными пахотными и пастбищными землями, в целом благоприятными агроклиматическими и биоэкологическими условиями и ресурсами, здоровым климатом для жизни людей, красивой и разнообразной природой. Но есть и определённые трудности. Погодно-климатические показатели этого края очень изменчивы во времени (по сезонам года и по годам в хронологическом плане). Велика амплитуда и неравномерность колебаний температур и выпадения атмосферных осадков, особенно в сов-

ременную эпоху глобальных изменений климата, что приводит к непредсказуемым и чрезвычайным аномалиям в биосфере: катастрофическим засухам, ураганам, пыльным бурям, ливням, формированию разрушительного талого и ливневого стока, смыва и размыва почв, угрожающей антропогенной эрозии, паводкам и наводнениям и др.

Цель настоящей работы – исследовать бассейновый самоорганизованный типичный агроэколандшафт (балочно-суходольный и малый речной) в степном поясе России (на примере Среднего чернозёмного Поволжья). Также исследовать его рельефную упорядоченность с долевым распределением в нём коренных природных зонально-локальных биогеоценозов или угодий-кластеров: степи, луга, леса (по элементам эрозионного рельефа – приводораздельные, склоновые, колковые по равнине, пойменные и другие), болот и водных объектов. При этом учитывать изменения и преобразования, внесённые человеком его аграрной и иной природопользовательской деятельностью, к которой относится выжигание и раскорчёвка лесов и степей, перевод их в новое ландшафтное угодье – пашню, появление селитебных угодий (поселений, производственных объектов, дорожных и иных инфраструктур).

При переходе на более прогрессивное ландшафтное противозерозионное агроприродополь-

зование и с учётом той роли, которую кластеры-уголья играют в жизни человека, общества и природы в целом и для конкретного бассейнового агроэколандшафта (улучшение гидрологического режима, общеландшафтной экологии, биопродуктивности, устойчивости всего консолидированного межхозяйственного бассейнового ландшафта и др.), конструируется эталонный бассейновый межхозяйственный суходольно-балочный или малый речной агроэколандшафт – агроэкополис (новый термин) – с оптимизированным долевым участием основных кластеров-угодий. Оптимизация показана как предварительная, ориентировочная, построенная пока на немногих опытных натуральных и смоделированных бассейновых агроэкополисах. В дальнейшем по мере накопления базовых материалов она будет уточняться, учитывая то очень большое разнообразие условий и факторов природной среды, их сочетаний и интересов человека (в пределах всей гигантской территории степного пояса), в которых они самоорганизовались и функционируют, на что указывает В.В. Докучаев [1, с.104-105].

До сих пор остаются две очень важные и до конца не решённые в теоретическом и практическом плане проблемы: борьба с засушливостью климата степей, частыми катастрофическими засухами и предотвращение разрушительной антропогенной (агротехногенной) эрозии в агроландшафтах. Их совместное ключевое решение, парадигму, принцип и методологию предложил выдающийся русский учёный-энциклопедист В.В. Докучаев – ландшафтный принцип улучшения гидрологического режима ведения сельского хозяйства в степях России [1]. Что было активно принято А.С. Козменко и его последователями с самых первых шагов решения проблем эрозии почв (начальный этап становления отечественного эрозиоведения) и разработки основ противоэрозионных мелиораций [3, 8, 9, 16].

Это перспективное направление активно развивается и совершенствуется с позиций современных достижений науки [2, 15, 10, 11, 17]. При этом необходимо понять главное, что Докучаевская ландшафтная методология (принцип) выводит нас на понимание всех процессов и явлений в природе с позиций системной сложности, открытости, целостности и единства картины мира, его самоорганизации (на синергетическую парадигму), как это происходит в естественных, эволюционно самоорганизованных склоново-бассейновых формах эрозионного равнинного рельефа [2, 8, 10]. Чтобы надёжно защитить их от ускоренного во времени дальнейшего разрушения и деградации, сложенного из диспергированного минерального (косного, неживого в виде песка, супесей, суглинков, глины) вещества, природа сделала великое изобретение, создав сложную самоорганизованную, самовоспроизводящуюся, самоусложняющуюся и самозащищающуюся живую материю [10] самых разных размеров, видов и форм.

Сочетание живой и неживой (минеральной, косной) материи, привело к образованию адаптированных к местным природным условиям целостных биокосных сообществ с особыми свойствами – биогеоценозов (по определению В.Н. Сукачёва), экосистем, где условия жизни близки. На больших пространствах, где условия жизни отличаются, эволюционно формируется множество отличающихся друг от друга биогеоценозов, образующих в едином целостном пространстве свою целостную единицу – естественный биогеоландшафт, наиболее приспособленный к данной внешней среде, наиболее устойчивый и продуктивный, по современной терминологии, биогеоландшафтный аттрактор (аттрактор – притягательный, наиболее совершенный в таких условиях). В то время таких терминов не существовало, но гениальный учёный-провидец, намного опережающий время, В.В. Докучаев увидел в нём эталон, образец для подражания при создании рукотворного, искусственного аграрного или сельскохозяйственного биогеоценоза (на каждом поле); но в отличие от естественных степных биогеоценозов в нём высеваются не дикие местные устойчивые растения, а культурные, нужные человеку, но более изнеженные, неустойчивые, а главное – более требовательные к воде, чтобы производить больше биопродукции.

Одним отбором на засухоустойчивость эту проблему не решить – необходим многообразный (многокластерный) подход к повышению влагообеспеченности культурных растений. В числе важнейших были привлечены многие приёмы: влагосберегающие обработки почвы, качественные семена, своевременность и качество агротехнических операций, подбор высокопродуктивных культур и сортов, структура посевных площадей, озимые и многолетние растения, мульчирование почв и посевов, снегозадержание, борьба с сорной растительностью, создание защитных лесных полос, пищевая подкормка (внесение удобрений), защита от вредителей и болезней, орошение и другое. По сути, всё это есть в естественных, адаптированных временем и эволюцией, степных и лесных биогеоценозах и ландшафтах. Ландшафтный принцип, по В.В. Докучаеву, должен быть заложен и в каждый агроценоз (агрогеоценоз) в степном поясе, с особым акцентом на сохранение и продуктивное использование влаги и питательных веществ. Исходя из этого, открываются новые, синергетические представления о деградации, разрушении и безопасности, хаосе и порядке в эрозиоведении, ландшафтоведении (эрозиоландшафтоведении – новый, предложенный нами термин в эрозиоведении), аграрном природопользовании.

Размещение кластерных методов улучшения гидрологического режима защищаемых степных аграрно-пастбищных угодий (видов угодий и биогеоценозов, границ полей и пастбищ, лесных полос, дорог и других линейных барьеров и рубежей и др.) надо осуществлять оптимизировано для получе-

ния требуемого эффекта, контурно и упорядоченно, с минимализацией рисков стоково-эрозионной опасности. Предлагая ландшафтный принцип в аграрном природопользовании с использованием лесного защитно-мелиоративного кластера (совместного использования естественных и искусственно созданных лесных насаждений) в качестве барьерно-рубежных защитно-мелиоративных систем для защиты степных агроценозов, В.В. Докучаев разрабатывает приёмы комплексного воздействия, изменения и преобразования степи (в допустимых пределах) в рукотворную, искусственно воссозданную агролесостепь, при этом с более эффективным, в приближении к оптимальному, пространственному распределению лесных насаждений. Свои взгляды на способы упорядочения водного хозяйства в степях России В.В. Докучаев изложил в книге «Наши степи прежде и теперь» [1] в главе 7.

Объекты исследований. Для бассейнового агроэколандшафта в степном засушливом поясе характерны следующие основные ландшафтные кластеры-уголья: пашня – степь (сенокос, пастбище, луг) – лес (естественные колковые леса, балочные колки, пойменные насаждения, искусственные лесные полосы и культуры, парки, плантации и др.) – водные объекты (реки и речки, озёра, старицы, пруды, водохранилища) – поселения (населённые пункты, производственные объекты, инфраструктурные объекты, дороги, линии электропередач и др.). Их свойства и особенности, ландшафтное местоположение, роль и значение в жизни бассейновых агроэколандшафтов, защитно-мелиоративные влияния будут представлены в результатах исследований и их обсуждении. Опытные объекты, на которых велись исследования снежного покрова, элементов весеннего водного баланса, эрозионные процессы и противозерозионные свойства, защитно-мелиоративные воздействия – это стоково-эрозионные стационары и опытные водосборы, стационарные снегомерные маршруты в различных ландшафтах опытного хозяйства Поволжской АГЛОС. Имитационное моделирование модельных бассейновых агролесогидромелиорированных ландшафтов проводилось на примерах землепользований бывших колхозов и совхозов Самарской и Ульяновской областей. В Самарской области – опытное хозяйство Поволжской АГЛОС; землепользования колхозов «Прогресс», «Победа» и «Красная звезда» Волжского района; бассейновый межхозяйственный агроэкополис «Студенецкие степи» (водосборный бассейн малой реки Безенчук), Безенчукский и Хворостянский районы; бассейновый агроэкополис «Верховья реки Чапаевки», Алексеевский район; земли колхоза «Луч Ильича» Борского района. В Ульяновской области был изучен водосборный бассейн верховьев малой реки Бирюч – бассейновый лесоаграрный агроэкополис опытного хозяйства Ульяновского НИИСХа им. Н.С. Немцева (бывший совхоз «Новоникулинский»).

Результаты исследований и их обсуждение.

Многие острые и пока не решённые проблемы сельскохозяйственного производства (аграрного противозерозионно-экологического природопользования), имея общие методологические недоработки, в то же самое время тесно связаны как с природно-географической зональностью региона, так и со спецификой и степенью вмешательства человека в коренной, природный катенно-бассейновый ландшафт (лощинно-суходольный, иерархию малых и средних речных водосборов). На эти тонкости ландшафтного устойчивого аграрного природопользования советовал обращать особое внимание В.В.Докучаев, в том числе на оптимальное соотношение основных ландшафтных угодий-кластеров — пашни — степи (луга) — леса (разных лесных насаждений) — воды — поселений (желательно включать совместно с производственными объектами и дорогами). Каждый из них имеет свои свойства, историю возникновения, доленое участие в общем бассейновом ландшафте, значение. В данной работе эта важная установка В.В.Докучаева рассмотрена на эталонно-модельных суходольно-речных бассейновых агроэколандшафтах для лесостепной и степной зон Русской равнины.

Активное вмешательство человека в первозданные природно-зональные ландшафты развернулось с XVII – XVIII веков и достигло максимума в конце XX – начале XXI веков, когда доля пашни в общей площади землепользований агрохозяйств (колхозов и совхозов) достигла 70-85 %. Такая чрезмерная распашка привела к потере противозерозионной устойчивости почв, развитию разрушительной агротехногенной (антропогенной) эрозии и резкому снижению естественного почвенного плодородия на смытых и выпаханых склоновых почвах.

Дадим краткую характеристику этих главных ландшафтных угодий (кластеров) в общем бассейновом ландшафте.

1. *Ландшафтный кластер «пашня».* При появлении в степном поясе нового ландшафтного уголья-кластера – пашни – почвы на полях стали вспаханними, рыхлыми, значительную часть года оголёнными (без защитного мульчирующего и скрепляющего корнями растительного покрова); они сильнее иссушаются летним зноем, легко разрушаются воздушными и водными потоками (дефляция и водная эрозия), теряют плодородие, а при сильной овражной эрозии превращаются в бросовые земли (за границей для них принят термин «бедленд»).

Степные незащищённые лесными полосами и другой защитной растительностью поля с пашней за холодный зимний период, в результате действия ветров и метелей как мощных энергетических потоков, приводящих к сносу-переносу снега и его ветро-метельной сублимации, по нашим многолетним исследованиям, теряют к весне в разные по снежности и ветро-метельному режиму до 45-80 мм снеговой воды (450-800 куб. м с каждо-

го незащищённого гектара). В агрономии давно установлено, что 10 мм или 100 куб. м воды расходуется на получение 1 ц зерна; потеря 45-80 мм снеговой воды равноценна 4-7 центнерам зерна с каждого незащищённого гектара пашни. Эти потери снега с незащищённой пашни в максимальной степени отражаются на снижении урожая, особенно яровых культур, в годы с ранними весенне-летними засухами.

Вторым негативным свойством незащищённой пашни в степи являются её комплексные стоково-эрозионные характеристики.

Наши многолетние исследования стоково-эрозионных свойств разных степных угодий-кластеров в обобщении с результатами других исследователей [11] позволили их расположить в условный ряд стоково-эрозионной напряжённости (таблица 1), согласно которому отвальная зябь (элемент кластера – «отвальная пашня») среди других степных угодий-кластеров, является наиболее эрозионно-напряжённым (опасным) кластером.

В этой таблице, в пункте 1, в качестве степного контроля приведено суходольное выпасаемое

пастбище, а в остальных 6 пунктах приведены варианты пашни, расположенные в условный ряд стоково-эрозионной напряжённости пашни (в возрастающем порядке угрозы смыва). Анализ показывает, что природные ландшафтные степные угодья обладали (и до настоящего времени обладают, несмотря на их интенсивное использование для пастбы крупного рогатого скота) высокой противоэрозионной стойкостью, благодаря прочному скреплению и армированию почвенных частиц мощной мочковатой корневой системой естественного степного травостоя. Из ландшафтного пахотного кластера по противоэрозионной устойчивости приближается агроценоз многолетние травы (пункт 2). Стерневые пахотные агрофоны не являются эрозионно-безопасными; они более безопасны в случаях проявления ударно-кавитационной ливнево-дождевой, когда стерневые остатки выполняют защитные функции растительной органической мульчи. Наибольшей эрозионной опасностью обладает отвальная зяблевая пахота, паровые поля и пропашные посевы (в период отсутствия напочвенного растительного покрова).

Таблица 1 – Условный ряд стоково-эрозионной напряжённости агрофонов и угодий для степного пояса Европейской части России (обобщённые данные)

№ п/п	Наименование агрофонов и угодий, средняя объёмная масса почвы слоя 0-30 см, г / см ³	Усреднённая стокообразующая способность, мм	Противоэрозионная устойчивость почвы	
			Смыв относительный, долевой	Смыв реальный, м ³ / га
1	Суходольное выпасаемое пастбище, 1,3-1,5(1,6)	40 – 52	0,05	0,1 – 0,3
2	Многолетние травы, 1,2-1,4(1,5)	40 – 45	0,1	0,3 – 0,5
3	Стерня кукурузы и подсолнечника, 1,2-1,3(1,4)	30 – 40	0,5	2,7
4	Стерня пшеницы, (1,2)1,1-1,3(1,4)	30 – 35	0,5	3,2
5	Озимые, (1,1)1,0-1,3	20 – 30	0,4 - 0,5	4,2
6	Плоскорезная обработка и безотвальная вспашка, 1,0-1,3	15 – 18	0,8 – 0,9	4,8
7	Зябь отвальная, средняя (25 см) и глубокая (28-30 см), (0,9)1,0-1,2(1,3)	10 – 12	1,0	> 5 - 7

2. *Ландшафтный кластер «степь» (луг, сенокос, пастбище).* Степь как природно-географическая зона имеет много определений. Наиболее простое – это большая равнинная территория, занятая преимущественно разнообразной степной многолетней растительностью. Степи сформировались (исторически самоорганизовались) как продукт засушливого, резко колеблющегося по годам (и в пределах года) климата, хронического дефицита атмосферных осадков, выраженного ветрового режима на больших открытых равнинных пространствах, летнего зноя и частых степных пожаров.

Степи как растительный ландшафтный кластер также отражает и объединяет их видовое разнообразие по условиям произрастания и другим факторам. Первозданных девственных степей уцелело крайне мало из-за массовой распашки и сельскохозяйственного освоения. Степеведы давно и справедливо бьют тревогу о сохранении уникальных степных эталонов, о создании новых степных заповедников, повсеместном расширении степных заказников и степных учебно-познавательных полигонов и специализированных хозяйств. Степи нуждаются в настоящей заботе и надёжном сохра-

нении. Степи сильно страдают от палов и степных пожаров и перевыпаса стадами животных.

Лесостепь, кустарниковая и разнотравная степь – родина мощных и тучных чернозёмов, где гумуса содержится до 14-16% и более. Первозданные целинные кустарниково-разнотравные и разнотравно-ковыльные степи обладали высокими противозерозионно-стокопоглощающими свойствами. Мощный напочвенный растительный покров, напочвенный степной войлок из отпавших растений, высокая гумусированность мощных чернозёмов и их комковатая структура, снегозадерживающий эффект растительного покрова – всё это благоприятствовало влагосбережению и противозерозионной устойчивости целинных степных угодий. Их многолетние стационарные исследования стоково-эрозионных свойств в Каменной Степи и в Курской области [17] на стоковых площадках и опытных водосборах подтверждают высокие стокорегулирующие и противозерозионные свойства целинных степей. Так, в Каменной Степи некосимая степь на заповедной территории, по многолетним данным, поверхностного стока не давала: при влагозапасе в снеге 128 мм наблюдалось полное водопоглощение, коэффициент стока 0. На косимой степи при влагозапасе в снеге 80 мм поверхностный сток составил 39 мм, впитывание 41 мм, коэффициент стока 0,49. Выпасаемая степь при влагозапасе в снеге 98 мм формировала поверхностный сток 56 мм, впитывание составило 42 мм, коэффициент стока 0,57 (близкие величины к нашим данным в таблице 1, пункт 1).

3. *Ландшафтный кластер «лес».* Это ландшафтное угодье (кластер) объединяет в себе все виды естественных и искусственно созданных лесных и кустарниковых насаждений на водосборном бассейне. Это могут быть крупные лесные массивы, мелкие колковые насаждения среди степей, куртины, ленточные и полосные лесонасаждения, лесные культуры, балочные леса по суходольной и пойменной гидрографической сети, садовые и лесосадовые посадки, парки и лесопарки, разнообразные защитно-мелиоративные лесные полосы и другое. Куртинные лесные насаждения на территории степи, примыкающей к природно-географической зоне широколиственных лесов, образуют природную подзону лесостепи, входящую в единый степной пояс.

Искусственно созданные в степи системы защитных лесных насаждений для защиты полей создают рукотворный устойчивый лесоаграрный или агролесомелиорированный ландшафт. Лесные насаждения в степи выступают в степном агроценозе и агроэколандшафте как интразональный ландшафтный элемент воздействия, изменения и управления факторами среды и самой аграрной системы. Наиболее универсальными из лесных защитно-мелиоративных лесных насаждений являются контурные стокорегулирующие лесные полосы. Они одновременно выполняют функции высотного ветрорегулирующего барьера (снего-

задерживающий и снегораспределяющий эффект, антидефляционное влияние) и наземного стокоперехватывающего рубежа (перехват, задержание и поглощение поверхностного стока, противозерозионный эффект, отложение смытой почвы).

Лесной ландшафтный кластер обладает многими функциями воздействия на внешнюю среду (элементы погоды, микроклимат, приземная атмосфера, почвы, растительные агроценозы и др.). Оптимизированная система защитных лесных насаждений способна существенно улучшить гидрологический режим территории и защищаемого агроландшафта и дать дополнительно 110-170 мм сохранённой влаги, бесполезно терявшейся из незащищённого степного агроценоза [12]. По нашим многолетним исследованиям, оптимизированная система защитных лесных полос за зимний период сохраняет на защищаемых полях 50-75 мм снеговой влаги за счёт уменьшения непродуктивных потерь снега в виде его сноса-переноса и ветрометельной сублимации (возгонки). В тёплый период года система стокорегулирующих лесополос снижает весенний поверхностный сток на 20-35 мм, эпизодический ливневый на 10-20 мм, физическое испарение с открытой, разрыхлённой почвы на 45-55 мм и более [12].

Массивный старовозрастный лес (80-100 лет и старше) имеет следующий весенний водный баланс: влагозапас в снеге 148 мм, поверхностный сток – 0, водопоглощение 148 мм. Контурные стокорегулирующие лесополосы обладают высоким водопоглощающим действием. Они перехватывают поверхностный сток с выше расположенных полей и поглощают порядка 380-450 мм, а при их гидротехническом усилении водопоглощения (валы, каналы, щели с фильтрующим наполнителем, осушительно-увлажнительный дренаж) – 550-1300 мм.

4. *Ландшафтный кластер «вода».* В этот кластер водосборного бассейна входят разнообразные водные объекты естественного и искусственного происхождения – озёра, реки, речки, ручьи, родники, болота, старицы, пруды, водохранилища, каналы и другие аквальные объекты.

Разветвлённая суходольно-речная сеть дренирует водосборный бассейн, выводя избыточные поверхностные воды за его пределы в водопринимающий бассейн (крупные озёра, моря, мировой океан). В степном засушливом поясе, где наблюдается хронический дефицит атмосферных осадков при обилии тепла, водные объекты испытывают общий недобор влаги с переходом от лесостепи к подзоне сухой степи и полупустыне. В условиях современного глобального изменения климата с тенденцией к его потеплению весь степной пояс будет более остро испытывать общий недостаток воды. Поэтому главное направление во всей аграрной природопользовательской деятельности – бережное и эффективное использование воды. На это направлен Докучаевский ландшафтный принцип в берегающем аграрном природополь-

зовании. Исходя из этого, в этом регионе должны предприниматься все меры по снижению до минимума всех непродуктивных потерь атмосферных осадков. Максимально продуктивно должен использоваться влагу аграрный адаптивный технологический комплекс, сокращены потери на ветро-метельную сублимацию и снос-перенос снега в зимний период, на поверхностный сток и прямое физическое испарение. Весь остаточный местный сток должен быть зарегулирован каскадами прудов и малых водохранилищ для вспомогательного орошения и меженного регулирования малых рек.

5. *Ландшафтный кластер «поселения» (а также производственные объекты и протяжённые инфраструктурные объекты).* Такой ландшафтный кластер В.В. Докучаев не включал в список главных ландшафтных угодий. Но время показывает, что населённые пункты и другие объекты (сёла, посёлки городского типа, райцентры, провинциальные города, различные производственные объекты, дорожная сеть и другие искусственные сооружения) постоянно появляются, занимают значительные территории и различным многоплановым воздействием влияют на водосборную бассейновую территорию и ландшафт. Их воздействие подлежит изучению и учёту.

Об изменении соотношения естественных природных ландшафтных кластеров в девственном степном поясе с приходом в него человека с его природопользовательской деятельностью наглядно видно на примере Самарской области, представленном ниже.

До заселения степного пояса человеком эти ровные плодородные земли были заняты девственной лесостепной или степной растительностью. Первозданная лесостепь занимала северную часть степного пояса, на границе с лесной природно-географической зоной. Здесь климат более мягкий, чем в настоящей степи, больше выпадает осадков, плодородные почвы представлены тёмно-серыми лесными, выщелоченными и тучными чернозёмами. Типичная лесостепь представлена разнообразными лесостепными ландшафтами с живописно разбросанными по тучной степи перелесками из дуба, вяза, ясеня, берёз, осин, клёнов и разнообразных кустарников. Первозданная степь, находясь под защитой перелесков, отличалась тучностью и разнообразием травостоя – доминировали роскошные кустарниковые, разнотравные разнотравно-ковыльные степи. Настоящие степи занимают среднюю, центральную часть степного пояса, здесь климат суровее, суше, леса встречаются по балкам и поймам, почвы – чернозёмы обыкновенные высокой и средней гумусированности. Здесь ощущается его высокая засушливость, хронический дефицит атмосферных осадков, солнечный зной летом, метелистость и морозность зим. Подзона сухой степи занимает южную окраину степного пояса, на границе с полупустыней. Здесь климат ещё суровее и суше, острее ощущается недостаток влаги, летний зной и сухость воздуха,

выше суровость зим. Из почв доминируют южные чернозёмы, тёмно-каштановые и каштановые почвы с пониженным содержанием гумуса, часто встречаются засоленные почвы. Первозданный растительный покров – ковыльные, ковыльно-типчаковые и полынные степи, часто встречается солеросы. Лесов очень мало. Здесь значительно труднее вести сельскохозяйственное производство и получать высокие и устойчивые урожаи.

При активном заселении и освоении степного края сначала как скотоводческого, а потом как земледельческого, первичные природные ландшафты подверглись коренному изменению: сначала выжигались леса – надо было расширять пастбища для скотоводства, потом выжигались пастбища и дорубались леса – для расширения пашни. От столетия к столетию природные ландшафты видоизменялись, трансформировались. Так происходило на всём пространстве степи и лесостепи (М.А. Цветков, 1957 [18], Я.И. Вейнберг, 1884 [4], Н.К. Генко, 1865 [5, 6], В.В. Докучаев, 1892 [1], А.А. Измайльский, 1893 [7] и др.). Наглядно это видно на примере динамики основных ландшафтов Самарской губернии (в границах современной Самарской области).

Нами было проведено картографическое исследование с использованием архивных материалов (старых географических карт Самарского краеведческого музея им. П.В. Алабина) и наших материалов по реконструкции климата края в XIV-XVII веках (летописные источники и дендрохронологические методы) с учётом определённой инерционности распространения (расселения) и полного циклического исчезновения (засушливые циклы в климате края) лесных биогеоценозов и целых лесных ландшафтов во времени и пространстве. Опорной была первая ландшафтная карта Самарской области, составленная в 1946-1948 годах землеустроителем В.П. Муравьёвым и чертёжником В.П. Князевым по материалам генерального и специального межевания конца XVIII века (1794-1798 гг.).

По результатам исследований проведено реконструирование динамики ландшафтов Самарской области за последние 400-500 лет и сделан предварительный прогноз развития ландшафтов области на XXI век. На трёх картосхемах (рисунки 1-3) показана динамика изменения ландшафтной ситуации в XIV, в конце XVIII и в конце XX столетий.

По летописным материалам климатическая ситуация в регионе в конце XV – начале XVI веков являлась сравнительно благополучной и в какой-то мере близкой современному климату XX века. Заселённость края была очень слабой, в основном кочевыми народами. Северную часть области занимала нетронутая первозданная лесостепь с большими островными массивами широколиственных (местами смешанных и хвойных) девственных лесов. Центральная часть была занята изреженной лесостепью, кустарниково-разнотравной и разнотравно-ковыльной степью, южная часть – ковыль-

ными, ковыльно-типчачковыми и ковыльно-типчачково-попынными сухими степями.

В XV-XVI веках здесь проживало очень незначительное население кочевых народов, занимавшихся скотоводством. Земледелие практически отсутствовало, 53-54% от общей территории занимали

выпасаемые и целинные степи, 45 % занимали леса и 2-3 % находились под водой. С каждым годом в XVI и XVII веках шло бурное заселение края с непрерывным ускорением и изменением методов аграрного природопользования (рисунок 1).

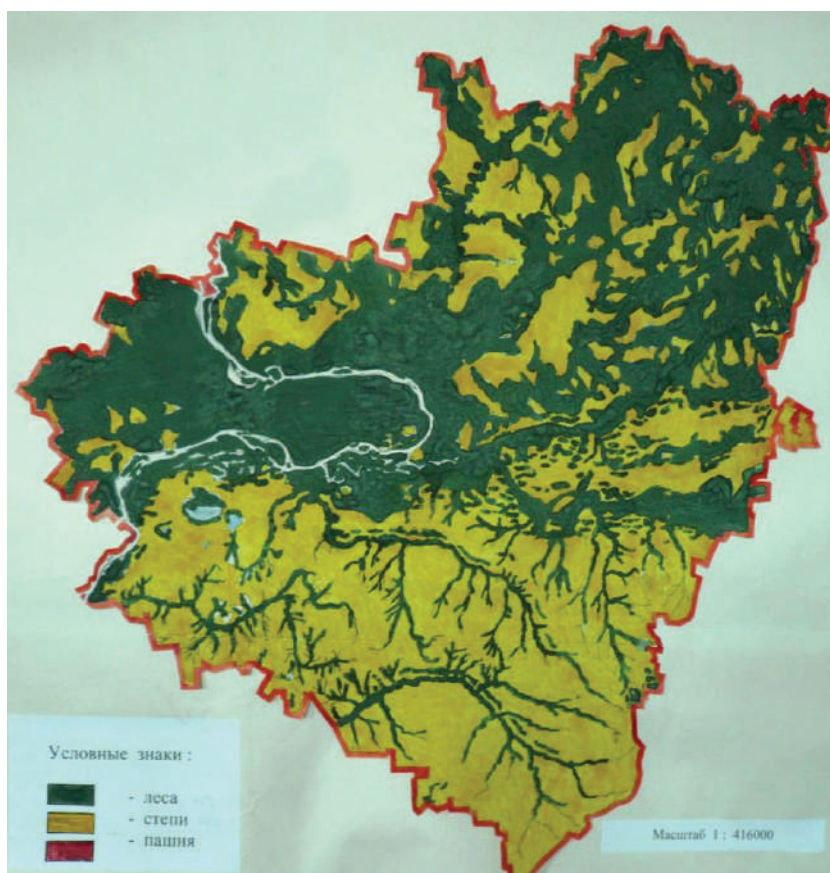


Рис. 1 – Схематичная ландшафтная карта Самарской области в конце XV века (реконструкция В.И. Панова)

К концу XVIII века (к сроку завершения правления Екатерины II), по материалам генерального и специального межевания, под пашней уже находилось 15%, под степями (выгоны, сенокосы, пастбища, суходольные крутосклонные степи) за счёт сведения лесов – 54%, под лесом – 29%, под водой – 2% (рисунок 2).

Особенно интенсивно выжигались, вырубались и распахивались леса и целинные степи в XIX и XX веках. На конец XX века (1995 г.) пашня составляла 56-58%, степи – 15%, лесов осталось 13%, населённые пункты (города и сёла), дороги и промышленно-производственные объекты – 11%, под водой – 3%. (рисунок 3).

По прогнозам на XXI век [11], для экологически оптимизированного областного агроэколандшафта необходимо уменьшить пашню до 45-55 %, увеличить площадь лесобиологизированных культурных сенокосов и пастбищ до 21-23%, увеличить площадь лесов (в первую очередь за счёт высокоэффективных контурных узких полевых защитных и водорегулирующих лесных полос) до 16-18%, акваторий (за счёт создания искусственных

каскадов прудов и водохранилищ на местном остаточном стоке в суходольной и малой речной сети) – до 5-6%, площадь населённых пунктов и промышленных объектов – в пределах 11-12% [11].

Предстоит создать не менее 50-60 тысяч новых систем полевых защитных водорегулирующих лесных полос и около 65-70 тысяч гектаров лесных насаждений на овражно-балочных (гидрографических) землях.

Достижение экоэрозийной безопасности сбалансированных агролесных ландшафтов повлечёт за собой стабилизацию сельского хозяйства и получение среднего урожая по области на уровне 27-35 ц/га и выше [12, 13].

Теоретической основой такого достижения эрозийной безопасности и повышения гидрологической обеспеченности бассейновых агроэколандшафтов служат разработки отечественных учёных – ландшафтно-кластерный (синергетический) принцип В.В. Докучаева [1] и противоэрозийный агролесомелиоративный катенно-бассейновый агролесоландшафтный комплекс агроприродопользования А.С. Козменко [8, 9].

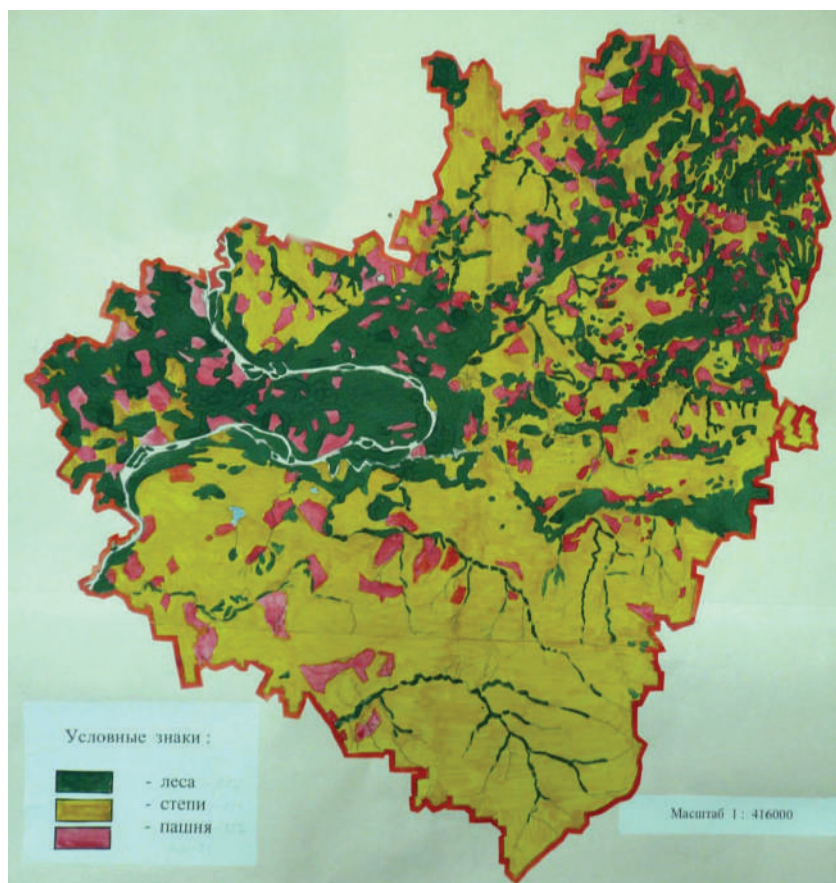


Рис. 2 – Схематическая ландшафтная карта Самарской области в конце XVIII века (архивный документ Самарского краеведческого музея им. П.В. Алабина: составлена В.П. Муравьевым и В.П. Князевым в 1946-1948 годах по материалам генерального и специального межевания 1794-1798 гг.)

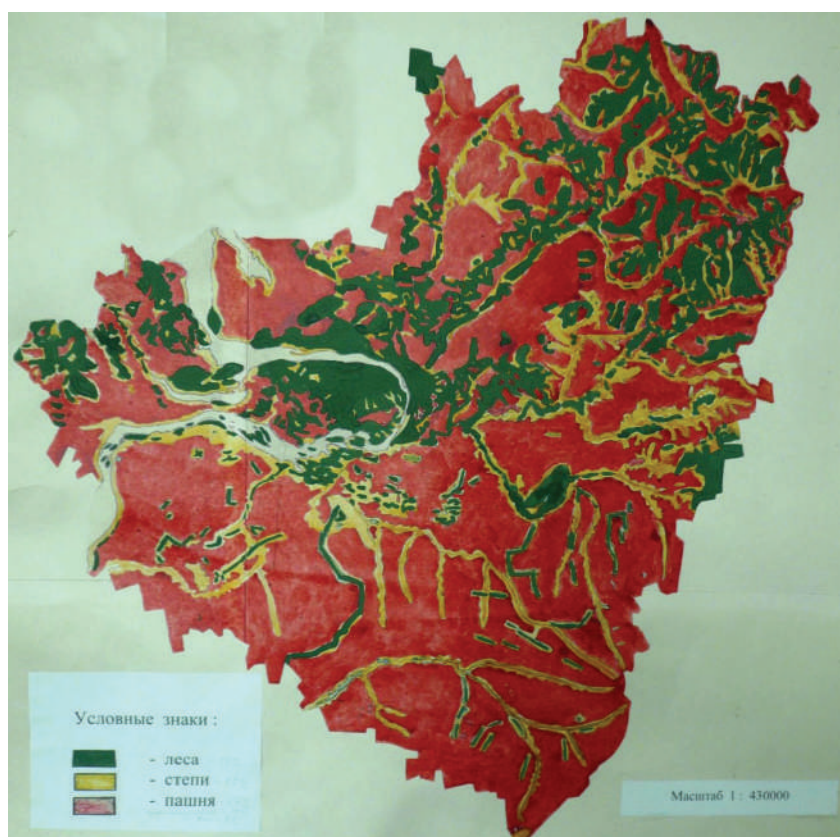


Рис. 3 – Схематичная ландшафтная карта Самарской области по состоянию на 1995 год (соотношение основных ландшафтных угодий: пашни – степи – леса – воды. Реконструкция В.И. Панова)

Эти принципы получили своё дальнейшее продолжение и развитие работами их учеников и последователей [2, 3, 16, 15].

Тщательно разработанный комплекс противоэрозионных мер на модельных водосборных агроэколандшафтах с правильным подбором и оптимизированным соотношением ландшафтных угодий (кластеров – пашни, степи, леса, воды и поселения) позволил впервые найти, в первом приближении, оптимизированные численные величины их соотношений в целостном катенно-бассейновом суходольно-речном агроэколандшафте (межхозяйственном агроэкополисе). Эталоном служили опытно-экспериментальные хозяйства Поволжской АГЛОС и бывшего колхоза «Прогресс» (Волжский район, Самарской области), модельного водосборного лесоаграрного ландшафта «Студенецкая степь» (Безенчукский район Самарской области), показательный лесоаграрный водосборно-бассейновый ландшафт совхоза «Новокинулинский» (Цильнинский район Ульяновской области). Опытно-экспериментальные хозяйства станций были спроектированы и ландшафтно-обустроены на идеях и принципах ландшафтно-противоэрозионного (комплексного ландшафтно-кластерного, многосистемного) агроприродопользования В.В. Докучаевым и А.С. Козменко. На этих эталонных агроландшафтных объектах в последующие годы проектировались противоэрозионные комплексы в колхозах и совхозах. Велось изучение и анализ их многоплановой эффективности и количественного соотношения на территории землевладения площадей пашни, степи (луга), леса и воды (нами добавлен и такой вид ландшафта, как «поселения, производственные инфраструктурные объекты и дороги»).

Естественно, на любом водосборном бассейне, суходольном и речном, вследствие длительной во времени эрозионной самоорганизации рельефа происходило формирование всех его основных элементов – площадных, объёмных, линейных. В процессе длительной эволюции природа выработала наиболее эффективную систему защиты рельефа от ускоренной деградации, разрушения и гибели живой материей в виде устойчивых локально-зональных биогеоценозов и биогеоландшафтов. В исторический период до активного вмешательства человека в жизнь естественных бассейновых биогеоландшафтов в лесостепной зоне они были представлены естественными степями вперемежку с лесными массивами и водными объектами (озёра, болота, мочажины, ручьи, разные по величине реки), в степной зоне – разными по растительному покрову степями, лугами по равнинному рельефу и кустарниками и лесными насаждениями в суходольной гидрографической сети, в поймах и надпойменных террасах. Были представлены также водные объекты, но значительно меньше, в виде озёр, стариц, пересыхающих ручьёв и маловодных рек.

Заселение лесостепи и степи человеком и его активное вмешательство в естественные лесостепные и степные биогеоландшафты со своей природопользовательской деятельностью (выжигание лесов, распашка степей и др.) привела со временем к появлению в этих природных зонах новых видов ландшафта, таких как пашня, пастбища, поселения, дороги, производственные объекты, которые обладают своими, им присущими защитными свойствами земли и рельефа от деградации и разрушения. На что В.В. Докучаев призывал обращать большое внимание при аграрном природопользовании – при выдвигании новых идей и концепций аграрного природопользования, при разработке проектов природообустройства эрозионно-устойчивых и биопродуктивных катенно-бассейновых агроэколандшафтов (бассейновых межхозяйственных суходольно-речных агроэкополисов) и их практическом освоении в степном поясе.

Докучаевский ландшафтно-кластерный принцип (методология) аграрного природопользования, как и предложенные позднее идея, концепция и структура противоэрозионного агролесогидромелиоративного комплекса А.С. Козменко и их последователей, предусматривает использование в едином экологическом, продуктивном и устойчивом катенно-бассейновом агроэколандшафте различных ландшафтных кластеров (пашни, степи-луга, лесных насаждений, водных объектов, поселений) при их оптимальном соотношении. Для многих целей, как советует В.В. Докучаев, важно знать их количественные и качественные показатели. Они различны в зависимости от многих условий и особенностей как природных, так и хозяйственно-экономических. Такие первичные расчёты были проведены по эталонно-модельным условным проектам для суходольно-балочных и малых речных водосборов площадью 5-20 квадратных километров для трёх природно-географических зон: лесостепной, степной и сухостепной.

Предусмотрено создание в целях повышения биоразнообразия, эстетики лесоаграрных и рукотворных лесостепных ландшафтов, красоты условий проживания сельских тружеников поселковых дендропарков, скверов, декоративных придорожных аллей, поселковых скверов, лесосадов на землях в суходольной гидрографической сети.

В результате этих проработок, в первом приближении к оптимизации соотношений разных ландшафтных структур (по В.В. Докучаеву) по трём природно-географическим зонам получен порядок чисел соотношения следующих видов ландшафтных структур: пашня : степь(луг) : лес(разные лесные насаждения) : вода (разные водные объекты) : поселения (и производственные и протяжённые инфраструктурные объекты) объекты, в % [14]:

- а) для лесостепи – 50(до 60) : 25(до 20-15) : 15(до 25) : 10(до 12) : 1,5- 2,5;
 б) для степи – 60(до 65) : 20(до 15) : 10-12(до 12-15) : 10(15) : 1(до 2) (в богарных условиях);
 в) для сухой степи – 40(от30 до 50) : 30(до 40) : 8(до10) : 10-12(до15) : 0,3-0,5 (в богарных условиях).

В соответствии с эволюционно-хронологической самоорганизацией равнинного рельефа степного пояса Русской равнины были выделены типичные элементы рельефа (иерархия водосборов, водотоки и русла малых рек, приводораздельные земли, склоново-катенные земли, присетевые крутосклоны, земли суходольного гидрографического и речного пойменного фондов), и на них были условно размещены пахотные массивы с системами защитно-мелиоративных лесных полос, пастбищно-сенокосные угодья с улучшением и окультуриванием травостоя, естественные суходольные сенокосы и луга с гидролесоулучшением, размещением каскадов противоэрозионных прудов и водохранилищ в гидрографической сети на полное многолетнее задержание местного остаточного стока. Предусматривается размещение населённых пунктов, производственных объектов и инфраструктурных сетей (дорог, трасс продуктопроводов и энергетики, других протяжённых сетей), гидротехническое закрепление всех растущих и незакреплённых размывов и оврагов.

Такие ландшафтно-сбалансированные межхозяйственные катенно-бассейновые суходольно-речные (с площадями водосборных бассейнов 5-20 квадратных километров) многокластерные агроэколандшафты, эрозионно-безопасные и экологически благополучные, получили название межхозяйственных суходольно-речных агроэкополисов.

Их биопродуктивность в степи и лесостепи может быть увеличена в 1,5-2,5 раза за счёт полного сохранения твёрдых зимних осадков (ликвидируются непродуктивные потери снега на ветро-метельную сублимацию и перенос), значительно сокращаются потери в виде поверхностного стока и большого физического испарения и других видов потерь влаги. При улучшении структуры посевных площадей, повышения общей культуры экологического агроприродопользования локализуется антропогенная эрозия, улучшается почвообразовательный процесс, сохраняется и начинает повышаться почвенное плодородие, стабилизируется гидрологический режим всей территории преобразованного бассейна.

По многолетним экспериментальным исследованиям [12], впервые выявлен суммарный среднегодовой дополнительный гидрологический ресурс, сохраняемый в Докучаевском ландшафтно-кластерном агролесогидрозащищённом бассейновом агроэколандшафте, достигающий 120-180 мм (1200-1800 м³/га каждого защищённого поля), что благотворно отражается на экологическом состоянии всего бассейнового ландшафта, на годовом и многолетнем водном балансе и режиме всей речной системы, включая великую Волгу.

Выводы. Особая роль в сохранении высококачественной природной среды принадлежит аг-

рарному природопользованию, осуществляемому на огромных площадях земель сельскохозяйственного назначения, расположенных на водосборах речных систем. Положительное решение чистоты речных и озёрно-водохранилищных вод и других водных источников, их экологическое благополучие, сбережение и наиболее эффективное их использование может выполнить переход к Докучаевскому ландшафтно-кластерному противоэрозионному (катенно-бассейновому) агроприродопользованию с агрогидролесомелиорацией. В нём задействованы такие ландшафтные кластеры: а) противоэрозионная пространственно-высотно-ярусная организация (упорядоченность, распределение) территории с контурной (по горизонталям) расположением полей и севооборотов на склоновых агрокатенах; б) противоэрозионные комплексные агролесомелиоративные технологии и осушительно-увлажнительный дренаж; в) степной (естественный и искусственный) сенокосно-пастбищный кластер; г) гидромелиоративно-гидротехнический кластер (противоэрозионный, оросительный, оврагозакрепляющий, плотины и дамбы для создания каскадов русловых прудов и водохранилищ на остаточном местном стоке сезонного и многолетнего регулирования), обустройство родников, расчистка заиленных водотоков и русел; д) лесной защитно-мелиоративный кластер с естественными и искусственными разнообразными лесными насаждениями. Возможно использование и других кластеров.

В Докучаевском ландшафтно-кластерном противоэрозионном катенно-бассейновом аграрном природопользовании важное значение отводится долевого участию отдельных агроландшафтных кластеров в общем целостном бассейновом агроэколандшафте. На эталонных модельных объектах для трёх природно-географических зон (лесостепь, степь и сухая степь) были получены первые численные соотношения долевого участия основных ландшафтных кластеров (пашни : степи : леса : воды : поселений) в общем целостном бассейновом агроэколандшафте.

Докучаевский ландшафтно-кластерный бассейновый комплекс с оптимизированным лесным защитно-мелиоративным кластером способен дополнительно увеличить годовую приходную часть агроландшафтного водного баланса на 110-170 мм и потенциально-стабильно увеличить урожайность каждого защищённого поля на 1,2-1,8 т/га. Кроме того, все эти агроландшафтные мероприятия помогут сохранить и нормализовать экологическое благополучие и водный режим малых рек и других водных объектов для настоящих и будущих поколений.

Литература:

1. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь (1892) / ОГИЗ – Сельхозгиз. М.-Л., 1936. 118 с.
2. Агроресомелиоративное адаптивно-ландшафтное обустройство водосборов / И.С.Кочетов [и др.]. Волгоград, ВНИАЛМИ, 1999. 84 с.
3. Агроресомелиорация / под. ред. А.Л. Иванова, К.Н. Кулика / Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. 746 с.
4. Вейнберг, Я.И. Лес: значение его в природе и меры к его сохранению / [соч.] Я. Вейнберга. – Москва: тип. Э. Лисснер и Ю. Роман, 1884, VIII, 564 с. Электронный ресурс: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008601229>
5. Генко, Нестор Карлович. Об облесении южно-русских степей / Н. Генко. – Санкт-Петербург: тип. Канцелярии Спб. градоначальника, ценз. 1886. С.1-59.
6. Генко Н.К. Разведение леса и устройство водосборных плотин на удельных степях. Спб: Типография Главного Управления уделов, 1896. 95 с.
7. Измаильский, А.А. Как высохла наша степь: Предварительное сообщение о результатах исследований влажности почвы в Полтавской губернии в 1886-1893 гг. / А.А. Измаильский; общ. ред. акад. В.Р. Вильямса; введ. ст. акад. В.Р. Вильямса и доц. З.С. Филипповича; биогр. очерк доц. З.С. Филипповича. – М.; Л.: ОГИЗ. Сельхозгиз, 1937. 76 с. Электронный ресурс: <http://books.e-heritage.ru/book/10080173>
8. Козменко А.С. Основы противозерозионных мелиораций / Гос. из-во сельскохозяйственной литературы. М.: 1954. 424 с.
9. Козменко А.С. Борьба с эрозией почвы на сельскохозяйственных землях. М.: Изд-во сельскохозяйственной литературы. 1963. 208 с.
10. Панов В.И. Синергетическое эрозиоландшафтоведение (теория и практика самоорганизации гидрологических и эрозионных процессов, рельефа и ландшафтов) // Матер. научно-практ. конф. Волгоград, 17-19 октября, Волгоград, ВНИАЛМИ, 2011. С.231-240.
11. Панов В.И. Стоково-эрозионная напряжённость на разных сельскохозяйственных угодьях и агрофонах // Научно-агрономический журнал, 2019, № 4(107). С.8-11. DOI:10.34736/FNC.2019.107.4.002
12. Панов В.И. Потери атмосферных осадков с незащищённых полей в степном засушливом субрегионе, их существенное снижение и стабилизация гидроресурсного потенциала земледелия созданием лесомелиорированных (лесоаграрных) бассейновых агроэколандшафтов // Известия Самарского научного центра РАН. Том 18, № 2(2), 2016. С.472-478.
13. Панов В.И. У истоков великого эксперимента / Сб. докладов межобластной научно-практической конф. на тему «Генко Нестор Карлович – основатель степного защитного лесоразведения в Заволжье», 23 сентября 2004 года. Самара, 2004. С. 2-6.
14. Панов В.И. Стратегия синергетического эрозионно-безопасного ландшафтно-бассейнового агроприродопользования // Материалы международной научно-практ. конференции «Агроресомелиорация: проблемы, пути решения, перспективы», 24-27 сентября 2001 года, Волгоград, ВНИАЛМИ. 2001. С. 184-185.
15. Рекомендации по созданию комплекса агролесомелиоративных противозерозионных мероприятий – Волгоград, ВНИАЛМИ, 1973. 114 с.
16. Сурмач Г.П. Водная эрозия и борьба с ней / Гидрометеоздат. – Л.: 1976. 254 с.
17. Сухарев И.П., Пашнев Г.С. Пруды Центрально-Чернозёмной полосы / Кн. изд-во. – Воронеж, 1968. 150 с.
18. Цветков М.А. Изменение лесистости Европейской России с конца XVII столетия по 1914 год / Акад. наук СССР. Институт леса. – Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1957. 213 с.

The Main Landscape Lands (Clusters) Ratio Optimization in the Basin Agroecolandscape of the Steppe Arid Zone Of Russia

V.I. Panov, K.G.N., senior restarcher, Volga agroforestry experimental station,
 – affiliate of 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), aglos163@mail.ru, Самарская область, пос. Новоберёзовский, Россия

The technogenic agro-nature management used in the steppe zone of Russia has disrupted the natural evolutionary self-organized balance of land (the arable land percentage in the basin agro-landscape reaches 75-90% of the catchment area). The soil fertility protection has been lost in result of anthropogenic erosion, deflation. Unproductive losses of atmospheric precipitation for snow transfer, sublimation, surface runoff and physical evaporation are great. A large amplitude of fluctuations in weather factors and yield remains. When developing and large-scale switching in production to landscape agroforestry-hydro-reclaimed erosion-resistant agricultural nature management, the development of scientific foundations for the main landscape clusters-grounds (arable land – steppe – forests – water – settlements) optimized ratio is of great importance. The article is devoted to this topic. The main

landscape grounds (clusters) characteristics in their current state are given. Owing to long-term natural landscape studies and modeling unproductive moisture losses of atmospheric precipitation have been evaluated. They are reaching 50-65% of the annual amount (220-290 mm) in the steppe. With a landscape grounds optimal ratio in the basin landscape and with arable land optimal protection by the agroforestry hydro complex, up to 110-170 mm or more of previously uselessly lost atmospheric precipitation can be attracted to increase the yield and stabilize the productivity of agricultural nature management. According to the research results, optimized ratios (in %) of the main landscape clusters-grounds: arable land – steppes – forests – water – settlements were developed.

Keywords: landscape, cluster-grounds, catchment area, erosion, precipitation, runoff, physical

evaporation, sublimation and snow removal, reservoir, agroecopolis

Translation of Russian References:

1. Dokuchaev V. V. *Nashi stepi prezhe i teper' (1892)* [Our steppes before and now (1892)]. OGIZ – Sel'khozgiz. Moscow.– Leningrad, 1936. 118 p. (In Russian)

2. *Agrolesomeliativnoye adaptivno-landshaftnoye obustroystvo vodosborov* [Agroforestry adaptive landscape arrangement of catchments]. Kochetov I.S. [et al.]. Volgograd, VNIALMI, 1999. 84 p. (In Russian)

3. *Agrolesomeliatsiya* [Agroforestry] under edited by Ivanova A.L., Kulika K.N. Volgograd: VNIALMI, 2006. 746 p.

4. Veynberg, Ya.I. *Les: znachenie yego v prirode i mery k yego sokhraneniyu* [Forest: its significance in nature and measures for its preservation]. Moscow: printing house of E. Lissner and Y. Roman, 1884, 564 p. Available from: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008601229> (In Russian)

5. Genko N.K. *Ob obleseni yuzhno-russkikh stepey* [About afforestation of the Southern Russian steppes]. St. Petersburg: printing House of the Office of the St. Petersburg Mayor, censor. 1886. pp. 1-59. (In Russian)

6. Genko N.K. *Razvedeniye lesa i ustroystvo vodosbornykh plotin na udel'nykh stepyakh*. St. Petersburg: Printing House of the Main Directorate of Appanages, 1896. 95 p. (In Russian)

7. Izmail'skiy A.A. *Kak vysokhla nasha step': Predvaritel'noye soobshcheniye o rezul'tatakh issledovaniy vlazhnosti pochvy v Poltavskoy gubernii v 1886-1893 gg.* [How our steppe dried up: A preliminary report on the results of soil moisture studies in the Poltava province in 1886-1893]. Under the general editorship of Academician V. R. Williams; an introductory article by Academician V. R. Williams and Associate Professor Z. S. Filippovich; a biographical sketch by Associate Professor Z. S. Filippovich. Moscow; Leningrad: OGIZ. Sel'khozgiz, 1937. 76 p. Available from: <http://books.eheritage.ru/book/10080173> (In Russian)

8. Kozmenko A. S. *Osnovy protiverozionnykh melioratsiy* [Fundamentals of anti-erosion land reclamation] *State Journal of Agricultural Literature*, Moscow. 1954. 424 p. (In Russian)

9. Kozmenko A.S. *Bor'ba s eroziyey pochvy na sel'skokhozyaystvennykh zemlyakh* [The soil erosion combat on agricultural lands]. Moscow: Publishing house of agricultural literature. 1963. 208 p. (In Russian)

10. Panov V. I. Synergetic erosion-landscape science (theory and practice of hydrological and erosive processes, relief and landscapesself-organization): mater. scientific and practical conf. Volgograd, October 17-19, Volgograd, VNIALMI, 2011. pp. 231-240. (In Russian)

11. Panov V. I. *Stokovo-erozionnaya napryazhonnost' na raznykh sel'skokhozyaystvennykh ugod'yakh i agrofonakh* [Runoff-erosion intensity in different agricultural land and

agricultural background] *Scientific Agronomy Journal*, 2019. № 4 (107). pp. 8-11. DOI:10.34736/FNC.2019.107.4.002 (In Russian)

12. Panov V.I. *Poteri atmosferynykh osadkov s nezashchishchennykh poley v stepnom zasushlivom subregione, ikh sushchestvennoye snizheniye i stabilizatsiya gidroresursnogo potentsiala zemledeliya sozdaniyem lesomeliativnykh (lesoagrarnykh) basseynovykh agro-ekolandshaftov* [Losses of the atmospheric precipitation from unprotected fields in steppe droughty subregion, their essential decrease and stabilization of hydroresources potential of agriculture by creation the forest meliorated (agro forest) basin agroecolandscapes]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoy akademii nauk*, Vol. 18, № 2(2), 2018. pp. 472–478. (In Russian)

13. Panov V.I. *U istokov velikogo eksperimenta* [At the origins of the great experiment]. *Sbornik dokladov mezhoblastnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii "Genko Nestor Karlovich – osnovatel" stepnogo zavitnogo lesorazvedeniya v Zavolzh'e"* [Collection of reports of the inter-regional scientific and practical conference «Genko Nestor Karlovich—the founder of steppe protective afforestation in the Trans-Volga region»], September 23, 2004, Samara, 2004. pp. 2-6. (In Russian)

14. Panov V. I. *Strategiya sinergeticheskogo erozionno-bezopasnogo landshaftno-basseynovogo agroprirodopol'zovaniya* [Strategy of synergetic erosion-safe landscape-basin agro-environmental management]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-praktich. konferentsii "Agrolesomeliatsiya: problemy, puti resheniya, perspektivy"* [Proceedings of the international scientific and practical conference «Agroforestry: problems, solutions, prospects»], September 24-27, 2001. Volgograd, VNIALMI. 2001. pp. 184-185. (In Russian)

15. *Rekomendatsii po sozdaniyu kompleksa agrolesomeliativnykh protiverozionnykh meropriyatii* [Recommendations for the creation of a complex of agroforestry anti-erosion measures]. Volgograd, VNIALMI, 1973. 114 p. (In Russian)

16. Surmach G. P. *Vodnaya eroziya i bor'ba s ney* [Water erosion and the combat against it]. *Gidrometeoizdat* Hydrometeoizdat. Leningrad, 1976. 254 p. (In Russian)

17. Sukharev I. P., Pashnev G. S. *Prudy Tsentralno-Chernozemnoy poloski* [Ponds in the Central Chernozem zone]. Book. publishing house. Voronezh, 1968. 150 p. (In Russian)

18. Tsvetkov M.A. *Izmeneniye lesistosti Yevropeyskoy Rossii s kontsa XVII stoletiya po 1914 god* [Change in the forest cover of European Russia from the end of the XVII century to 1914]. Acad. Sciences of the USSR. Institute of the forest. Moscow: Acad. Sciences of the USSR publishing house, 1957. 213 p. (In Russian)

Цитирование. Панов В.И. Оптимизация соотношения основных ландшафтных угодий (кластеров) в бассейновом агроэколандшафте степного засушливого пояса России // Научно-агрономический журнал. 2021. №2(113). С. 6-17. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.001.6-17

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Citation. Panov V.I. Optimization of the Ratio of the Main Landscape Areas (Clusters) in the Basin Agroecolandscape of the Steppe Arid Belt of Russia. *Scientific Agronomy Journal*, 2021. 2(113). pp. 6-17. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.001.6-17

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. Authors declare no conflict of interest.

The Quantification of Chlorophylls and Carotenoids in the Same Sample of an Individual Condition Assessment of Agricultural Plant's Seedlings

A.O. Staruhina, junior researcher, A.S. Popova, junior researcher, V.G. Zaitsev, K.B.N., principal researcher, Head of Molecular Breeding Laboratory – 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, University Avenue, 97, Volgograd, Russia

Abstract. The determination of chlorophyll and carotenoid pigments, including chlorophyll/carotenoid ratio and chlorophyll a/b ratio, could evaluate the photosynthetic and metabolic activity levels in plants. In particular, the change in the pigment ratio may be associated with the development of the biotic and abiotic stress responses in plants. Marked differences in size and properties between individual seedlings are limiting their use as a research object. Determination of individual characteristics of each seedling is complicated by the small amount of biological material. The purpose of this work was to apply simultaneous determination of chlorophylls a and b and carotenoids in individual seedlings. Extraction of the pigments with dimethyl sulfoxide at 65°C followed by photometric analysis at three wavelengths (480, 649 and 665 nm) allowed to quantify the content of chlorophylls a and b and carotenoids in 3-week-old seedlings of Indian mustard, garden cress and spinach (weight 18 mg or more). Described assay was fast, inexpensive and lacking use of toxic organic solvents. We demonstrated this assay was applicable to detect weak stress-dependent changes in pigment status after treatment of seedlings by silver nanoparticles.

Keywords: chlorophylls, carotenoids, seedlings, silver nanoparticles, stress, agricultural plants

Acknowledgements. The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. AAAA- A19-119111390073-4).

Received: 26.04.2021

Accepted: 01.06.2021

Introduction. Chlorophylls are the key plant pigments that ensure the use of light energy in the photosynthesis process. The content of chlorophylls in the leaves characterizes the photosynthetic ability of the plant [2]. In combination with such indicators as the leaf area index, Chlorophyll content is an important index of plant productivity [17] and stress response [9] in combination with some other parameters like the leaf area index. Carotenoids are another important group of plant pigments having light-collecting, photo protective and antioxidant functions. Additionally, carotenoids stabilize the structure of pigment-protein photosensitive complexes [18]. Thus, chlorophylls and carotenoids play related roles in the photosynthesis. Therefore, changes of pigment concentrations and ratios of the pigments can influence functional activity of metabolic pathways in plants [16].

The chlorophyll a/b ratio can depend on the state of the plant, in particular, under both abiotic (illumination, availability of nutrients, exposure to chemical compounds, etc.) [12, 11] and biotic (infection with phyto-pathogens) [8] stress. The chlorophyll a/b ratio can also be affected by the stage of plant development. It is known the chlorophyll a/b ratio positively correlates with the ratio of the number of PSII nuclei to the light-absorbing chlorophyll-protein complex molecules [20].

On the other hand, carotenoids are also involved in the absorption and utilization of light during photosynthesis, as well as in the protection of cell components, particularly lipids, against photodamage. A change in chlorophyll a/b ratio and chlorophyll/carotenoids ratio were observed under various

types of abiotic stress [23]. Thus, the estimation of the chlorophyll a/b ratio as well as chlorophyll/carotenoids ratio can be used for stress detection and measurement in plants.

Plants can be particularly sensitive to the effects of external physical, chemical and biological factors during germination and early vegetation stages [1, 16, 21]. However, study of individual seedlings is difficult due to their small size and weight that significantly limits the amount of material for analysis. On the other hand, seedlings can have different size, weight and metabolic activity during growth under the same conditions [21]. Reliability of the results depends on exact and accurate estimation of metabolic and photosynthetic activity in individual seedlings. Solution to this problem could improve our knowledge about seedling diversity during germination and early vegetation. Thus the purpose of this work was to apply simultaneous determination of chlorophylls a and b and carotenoids in individual seedlings.

Materials and methods. The objects of the study were 3 plant species: garden cress (*Lepidium sativum* L., variety «Zabava»), Indian mustard (*Brassica juncea* L., variety «Yadryonaya») and spinach (*Spinacia oleracea* L., variety «Krepysch»), seed producer: LLC «Center-Ogorodnik» (Russia).

Seed surface sterilization was performed with a 0.002% potassium permanganate for 10 minutes, followed by a 10% calcium hypochlorite with 0.05% twin-20 for 15 minutes, then the seeds were placed in 0.01 M HCl for 10 minutes and washed three times with sterile distilled water. Silver nanoparticles were produced by silver nitrate reduction with gallic acid

according to [10]. The synthesized nanoparticles had size 44.97 ± 4.19 nm and a zeta potential -28.86 ± 0.08 mV. The seeds of the control group (intact) were incubated in water, and seeds of the experimental group were incubated for 4 hours in suspension of silver nanoparticles diluted to an optical density $A_{420} = 0.600 \pm 0.003$ for 4 hours.

After treatment the seeds were placed in Petri dishes on Murashige and Skoog medium (MS) with the addition of nanoparticle suspension in the ratio of 1:100 (experimental group) or without nanoparticles (control group) and grown at a temperature of 20°C under artificial light (12 hours daily). After 3 weeks, size and weight of seedlings were measured. The chlorophylls and carotenoids were extracted from individual seedling aerial parts as follows: the samples were placed in 0.9 ml dimethyl sulfoxide (DMSO), and incubated for 15 minutes at 65°C [15]. After cooling to room temperature, extracts were separated and their optical density values were measured at three wavelengths: 480, 649 and 665 nm. The content of each pigments was calculated according to the following equations and expressed as mcg/mg of the wet mass of aerial part of the seedlings (in allequations, m is wet mass of the analyzed sample in mg) [22]:

$$\text{Total chlorophyll} = \frac{18,54 \times A_{649} + 6,87 \times A_{665}}{1250 \times m}$$

$$\text{Chlorophyll a} = \frac{12,19 \times A_{665} - 3,45 \times A_{649}}{1250 \times m}$$

$$\text{Chlorophyll b} = \frac{21,99 \times A_{649} - 5,32 \times A_{665}}{1250 \times m}$$

$$\text{Carotenoids} = \frac{4,55 \times A_{480} + 1,58 \times A_{665} - 6,98 \times A_{649}}{1250 \times m}$$

The data after statistical processing were expressed as median with the 95% confidence interval. The differences in the values of the parameters between the control and experimental groups in the study of effect of treatment by the silver nanoparticle were calculated by the Mann-Whitney U-test; $p=0.05$ was assumed as significance level.

Results and discussion. Size and weight values of seedlings were markedly different within the same crop species (Figure 1). Seedlings of Indian mustard were most heterogeneous in size and weight while seedlings of spinach had lowest variance of size and weight.

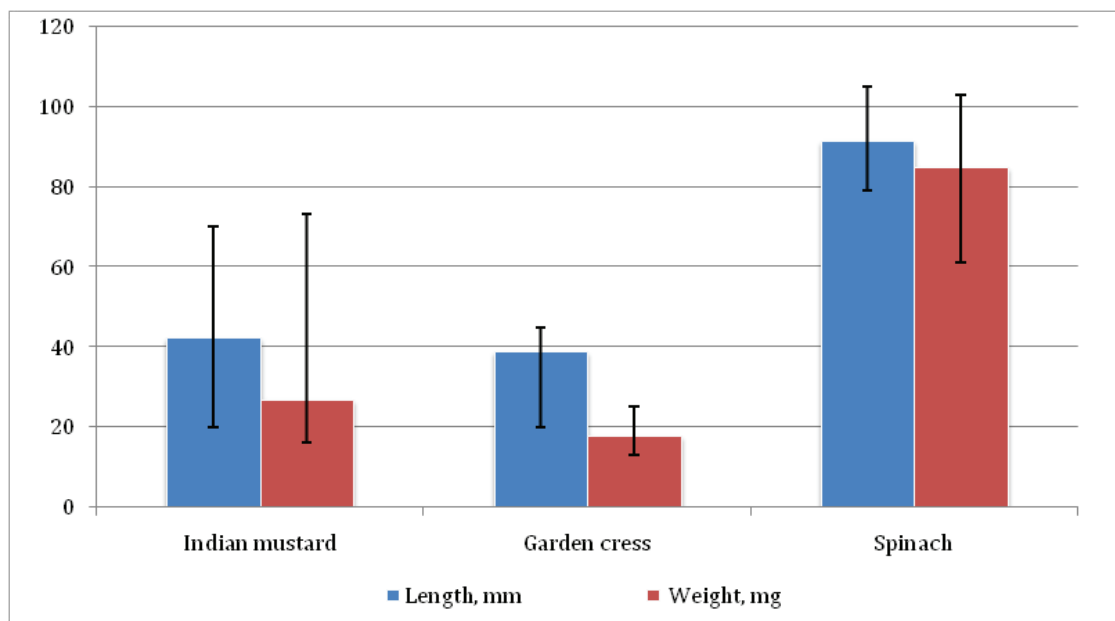


Figure 1 – The length and weight of the seedling aerial parts of Indian mustard, garden cress and spinach. The data is presented as a median with 95% confidence interval

The use of the protocol described above allowed us to quantify chlorophylls and carotenoids in all seedlings. Significant differences in content of all pigments (Figure 2), in chlorophyll a/b ratio and in chlorophyll/carotenoid ratio (Figure 3) in the seedlings were found in all studied plant species. Observed differences can indicate variances in photosynthetic activity in individual seedlings. The calculated chlorophyll a/b ratio values were in conformity with recently published data for the studied plant species [11, 19, 14].

It is known that different types of stress, including

a lack of moisture [4, 7, 25], a high concentration of salts [1, 25], excessive compaction of the soil [21] and increased insolation [26] influence the chlorophyll a/b or chlorophyll/carotenoids ratios. To test the hypothesis that developed assay protocol can identify slight differences in the content of pigments and in the pigment ratios under abiotic stress we estimated the effects of silver nanoparticles that could induce oxidative stress in plants [3, 13]. Moreover, treatment by silver nanoparticles can change the chlorophyll a/b ratio in some plants, for example, in pumpkins [5].

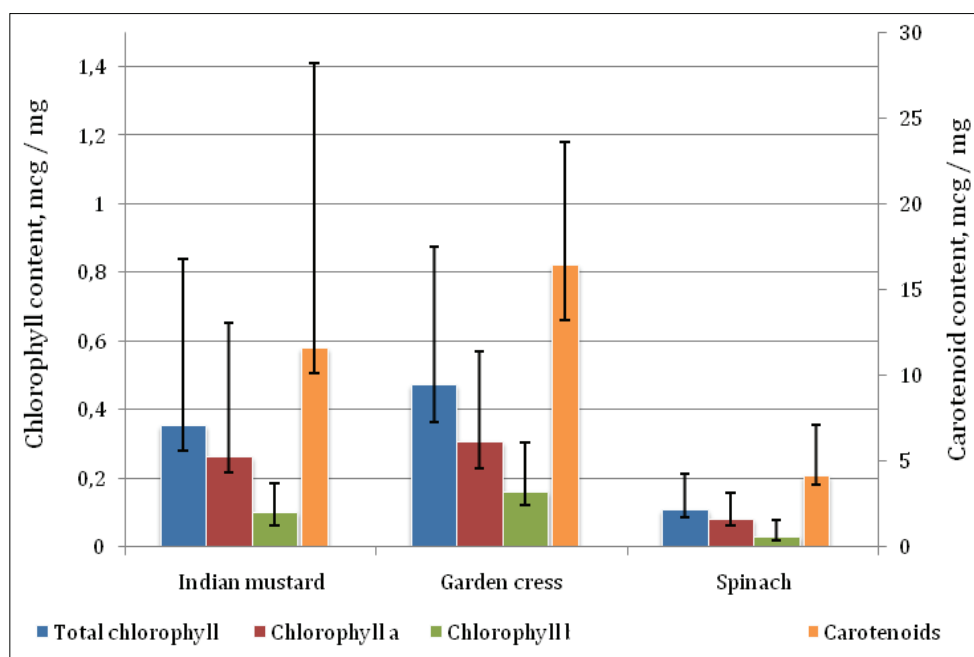


Figure 2 – Content of total chlorophylls, chlorophylls a and b and carotenoids in seedling aerial parts of Indian mustard, garden cress and spinach. The data is presented as a median with 95% confidence interval

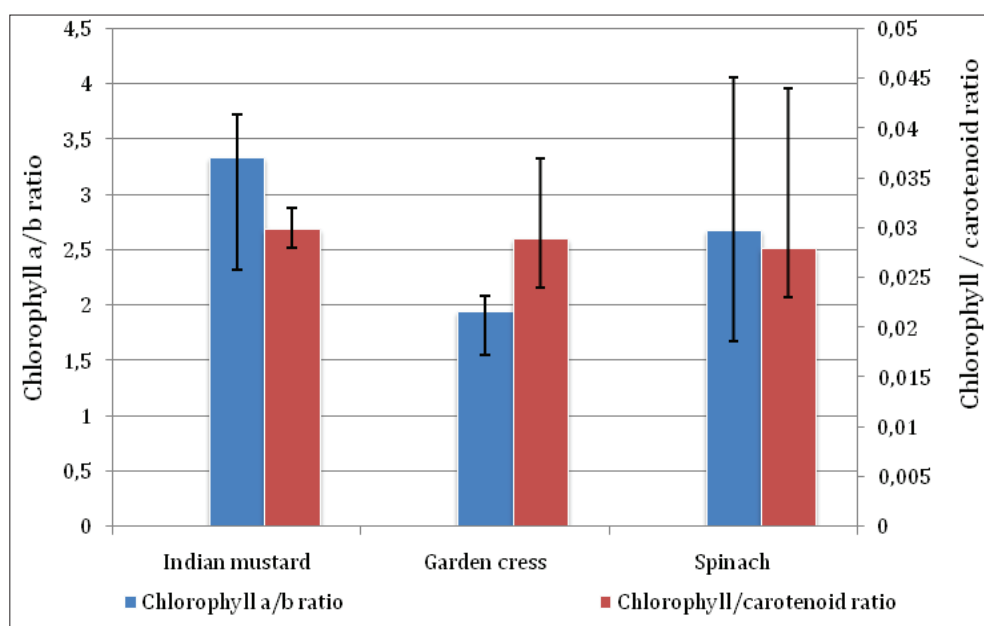


Figure 3 – The chlorophyll a/b ratio and the chlorophyll/carotenoids ratio in seedling aerial parts of Indian mustard, garden cress and spinach. The data is presented as a median with 95% confidence interval

Treatment of seedlings with silver nanoparticles changed chlorophyll a/b ratio in all studied species (table).

There were no statistically significant differences in the chlorophyll/carotenoid ratio between the experimental and control groups in spinach, while in garden cress and Indian mustard, silver nanoparticle treatment caused a statistically significant increase in the chlorophyll/carotenoids ratio. It is possible that the differences in the reaction of the studied plants may be related to the difference in the sensitivity and metabolism of representatives of different families:

spinach belongs to the amaranth family, and Indian mustard and garden cress – to the cabbage family. On the other hand, the changes in the chlorophyll a/b ratio values after treatment with silver nanoparticles were controversial. Chlorophyll a/b ratio values were elevated after silver nanoparticle treatment in spinach and Indian mustard but declined in garden cress. On the other hand, treatment of the seedlings with silver nanoparticles did not affect the weight or length of shoots and roots, nor the content of chlorophylls and carotenoids in all studied plant species (data are not provided).

Table – The chlorophyll a to b content ratio and the amount of chlorophyll to carotenoids in the aboveground part of seedlings of Indian mustard, garden cress and garden spinach, treated and untreated with silver nanoparticles. The data is presented as a median with the boundaries of the 95% confidence interval indicated

Indicator	Control group	Experimental group	Value p*
Mustard			
Chlorophylls a/b ratio	3,339 [2,323-3,728]	2,226 [1,420-2,781]	0,037
Chlorophylls to carotenoids ratio	0,030 [0,028-0,032]	0,037 [0,034-0,039]	0,040
Watercress			
Chlorophylls a/b ratio	1,948 [1,558-2,085]	2,226 [1,834-1,319]	0,015
Chlorophylls to carotenoids ratio	0,024 [0,029-0,037]	0,037 [0,031-0,075]	0,006
Spinach			
Chlorophylls a/b ratio	2,686 [1,677-4,064]	2,165 [1,361-2,607]	0,027
Chlorophylls to carotenoids ratio	0,023 [0,023-0,044]	0,029 [0,007-0,048]	0,600

*calculated by the Mann-Whitney U-test

The change in the ratio of the root and shoot length is considered an indicator of the stress development in the plant [6, 24]. However, we did not find any statistically significant differences in the roots and shoots length ratio in the groups of plants treated and not treated with nanoparticles. Our results suggest that changes in the chlorophyll a/b ratio and in chlorophyll/carotenoids ratio can be indicators of weaker stress in plants than the traditionally used indices like root and shoot lengths ratio.

Conclusion. Extraction of chlorophylls and carotenoids by dimethyl sulfoxide at 65°C with following their photometric determination at three wavelengths (480, 649 and 665 nm) allowed to quantify concentrations of chlorophylls a and b and carotenoids as well as pigment ratios in single 3-week-old seedlings of Indian mustard, garden cress and spinach. Described assay was fast, inexpensive and lacking use of toxic organic solvents. We demonstrated this assay was applicable to detect weak stress-dependent changes in pigment status after treatment of seedlings by silver nanoparticles.

References:

- Ahani H., Tabatabaei S.A. Impact of irrigation with saline water on morphology of sea buckthorn seedlings in nursery. *Forest Res. Eng. Int. J.* 2018.V.2. №6. pp. 326–333. DOI: 10.15406/freij.2018.02.00068.
- Brotosudarmo T.H.P., Limantara L., Chandra R.D. Chloroplast Pigments: Structure, Function, Assembly and Characterization. *Plant Growth Regul. Alterations Sustain. Unfavorable Cond.* 2018.V.3. pp. 43-59. DOI: 10.5772/intechopen.75672.
- Cekic F.O., Ekinci S., İnal M.S., D. Unal. Silver nanoparticles induced genotoxicity and oxidative stress in tomato plants. *Turkish J. Biol.* 2017.V.41. pp. 700-707. DOI: 10.3906/biy-1608-36.
- Chen D., Wang S., Cao B., Cao D., Leng G., Li H., Yin L., Shan L., Deng X.. Genotypic Variation in Growth and Physiological Response to Drought Stress and Re-Watering Reveals the Critical Role of Recovery in Drought Adaptation in Maize Seedlings. *Front. Plant Sci.* 2016. V.6. p. 1241. DOI: 10.3389/fpls.2015.01241.
- Dziwulska – Hunek A., Kachel M., Gagoś M., Szymanek M. Influence of Silver Nanoparticles, Laser Light and

Electromagnetic Stimulation of Seeds on Germination Rate and Photosynthetic Parameters in Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) Leaves. *Applied Sciences.* 2021. V.11. №6.p.2780. DOI: 10.3390/app11062780.

6. Hsiao T. C., Xu L. K. . Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. *J. Exp. Bot.* 2000. V.51. №350.pp.1595-1616. DOI: 10.1093/jexbot/51.350.1595.

7. Husen A., Iqbal M., Aref I.M. Growth, water status, and leaf characteristics of Brassica carinata under drought and rehydration conditions. *Braz. J. Bot.* 2014. V.37. pp. 217–227. DOI: 10.1007/s40415-014-0066-1.

8. Jabeen A., Kiran T. V., Subrahmanyam D., Lakshmi D. L., Bhagyanarayana G., Krishnaveni D. Variations in Chlorophyll and Carotenoid Contents in Tungro Infected Rice Plants. *J. Res. Development.* 2017. V.5. №1. pp. 1–7. DOI: 10.4172/2311-3278.1000153.

9. Kasim W., AboKassem E., Ragab G. Ameliorative effect of Yeast Extract, IAA and Green-synthesized Nano Zinc Oxide on the Growth of Cu-stressed *Vicia faba* Seedlings. *Egyptian J. Bot.* 2017. V.57. pp. 1–16. DOI: 10.21608/EJBO.2017.885.1065.

10. Li D., Liu Z., Yuan Y., Liu Y., Niu F. Green synthesis of gallic acid-coated silver nanoparticles with high antimicrobial activity and low cytotoxicity to normal cells. *Process Biochem.* 2015. V.50. pp. 357–366. DOI: 10.1016/j.procbio.2015.01.002.

11. Li Y. Factors Influencing Leaf Chlorophyll Content in Natural Forests at the Biome Scale. Y. Li, N. He, J. Hou, L. Xu, C. Liu, J. Zhang, Q. Wang, X. Zhang, X. Wu. *Front. Ecol. Evol.* 2018;6:64. DOI: 10.3389/fevo.2018.00064.

12. Maina J. N. and Wang Q. Seasonal Response of Chlorophyll a/b Ratio to Stress in a Typical Desert Species: *Haloxylon ammodendron*. *Arid Land Res. Manag.* 2015. V.29. pp.321–334. DOI: 10.1080/15324982.2014.980588.

13. Moazzami F.S.H., Karamian R., Albrechtsen B.R. Silver nanoparticle pollutants activate oxidative stress responses and rosmarinic acid accumulation in sage. *Physiol. Plantarum.* 2020. V.170. pp.415–432. DOI: 10.1111/ppl.13172.

14. Mobin M., Khan N. A. Photosynthetic activity, pigment composition and antioxidative response of two mustard (*Brassica juncea*) cultivars differing in photosynthetic capacity subjected to cadmium stress. *J. Plant Physiol.* 2007. V.164. №5. pp. 601–10. DOI: 10.1016/j.jplph.2006.03.003.

15. Nayek S., Choudhury I.H., Jaishee N., Roy S. Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids from commonly grown fern species by using various extracting solvents. *Res. J. Chem. Sci.* 2014. V.4. №9. pp.63–69. DOI: 10.1055/s-0033-1340072.
16. Niroula A., Khatri S., Timilsina R., Khadka D., Khadka A., Ojha P. Profile of chlorophylls and carotenoids of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) microgreens. *J. Food. Sci. Technol.* 2019. V.56. №5. pp. 2758–2763. DOI: 10.1007/s13197-019-03768-9.
17. Shah S.H., Houborg R., McCabe M.F. Response of Chlorophyll, Carotenoid and SPAD-502 Measurement to Salinity and Nutrient Stress in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*. 2017. V.7. №3. p.61. DOI:10.3390/agronomy7030061.
18. Smolikova G.N., Medvedev, S.S. Seed carotenoids: Synthesis, diversity, and functions. *Russ. J. Plant Physiol.* 2015. V.62. №1. DOI: 10.1134/S1021443715010136.
19. Smolinska B. and Leszczynska J. Photosynthetic pigments and peroxidase activity of *Lepidium sativum* L. during assisted Hg phytoextraction. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2017. V.24. №15. pp.13384–13393. DOI: 10.1007/s11356-017-8951-3.
20. Sonobe R., Yamashita H., Mihara H., Morita A., Ikka T. Estimation of Leaf Chlorophyll a, b and Carotenoid Contents and Their Ratios Using Hyperspectral Reflectance. *Remote Sensing*. 2020. V.12. №19. p.3265. DOI: 10.3390/rs12193265.
21. Wang M., He D., Shen F., Huang J., Zhang R., Liu W., Zhu M., Zhou L., Wang L.. Effects of soil compaction on plant growth, nutrient absorption, and root respiration in soybean seedlings. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2019. V.26. №22. pp.22835–22845. DOI: 10.1007/s11356-019-05606-z.
22. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J. Plant Physiol.* 1994. V.144. №3. pp.307–311. DOI: 10.1016/S0176-1617(11)81192-2.
23. Yüzbaşıoğlu E., Dalyan E., Akpınar I. Changes in photosynthetic pigments, anthocyanin content and antioxidant enzyme activities of maize (*Zea mays* L.) seedlings under high temperature stress conditions. *Trakya Univ. J. Nat. Sci.* 2017. V.18. №2. pp.97–104. DOI:10.23902/trkjnat.289527.
24. Xu W., Cui K., Xu A., Nie L., Huang J., Peng S. Drought stress condition increases root to shoot ratio via alteration of carbohydrate partitioning and enzymatic activity in rice seedlings. *Acta physiol. plantarum*. 2015. V.37. №2.9 p. DOI: 10.1007/s11738-014-1760-0.
25. Terletskaia N., Zobova N., Stupko V., Shuyskaya E. Growth and photosynthetic reactions of different species of wheat seedlings under drought and salt stress. *Periodicumbiologorum*. 2017. V.119. №1. pp. 37–45. DOI: 10.18054/pb.v119i1.4408.
26. Trang T. T. The Effect of Light Exposure on the Total Chlorophyll Content, Chl a/b Ratio, and Car/chl Ratio in the Barks of *Fraxinus latifolia* Seedlings. University Honors Theses. 2018. 23 p. DOI: 10.15760/honors.583.

Определение содержания хлорофиллов и каротиноидов для индивидуальной оценки состояния проростков сельскохозяйственных растений

А.О. Старухина, м.н.с., А.С. Попова, м.н.с., В.Г. Зайцев, к.б.н., в.н.с., заведующий лабораторией молекулярной селекции – 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, Университетский пр., д. 97, 400062, Волгоград, Россия

Аннотация. Определение содержания хлорофиллов и каротиноидов, а также соотношений содержания различных пигментов между собой позволяет судить об особенностях фотосинтетической и метаболической активности растений. В частности, изменение соотношения пигментов между собой может быть связано с выраженностью стрессового ответа растений на биотические и абиотические факторы. Значительные различия в размерах и свойствах между отдельными проростками ограничивают их использование в качестве объекта исследования. Учет индивидуальных особенностей каждого проростка усложняется малым количеством биологического материала. Цель настоящей работы заключалась в оценке применимости протокола одновременного определения хлорофиллов а и b и каротиноидов в индивидуальных проростках. Экстракция пигментов диметилсульфоксидом при температуре 65°C с последующим фотометри-

ческим анализом на трех длинах волн (480, 649 и 665 нм) позволила провести надежное количественное определение содержания хлорофиллов а и b и каротиноидов в 3-недельных проростках горчицы сарептской, кресс-салата и шпината огородного массой от 18 мг. Исползованный протокол обеспечивает проведение быстрого недорогого анализа без использования токсичных компонентов. У проростков, обработанных наночастицами серебра, были выявлены изменения в соотношениях пигментов, характерные для развития стрессового ответа.

Ключевые слова: хлорофиллы, каротиноиды, проростки, наночастицы серебра, стресс, сельскохозяйственные растения.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № АААА-А19-119111390073-4).

Цитирование. Старухина А.О., Попова А.С., Зайцев В.Г. Определение содержания хлорофиллов и каротиноидов для индивидуальной оценки состояния проростков сельскохозяйственных растений // Научно-агрономический журнал. 2021. №2(113). С. 18-22. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.002.18-22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Citation. Staruhina A.O., Popova A.S., Zaitsev V.G. The Quantification of Chlorophylls and Carotenoids in the Same Sample of an Individual Condition Assessment of Agricultural Plant's Seedlings. *Scientific Agronomy Journal*, 2021. 2(113). pp. 18-22. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.002.18-22

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

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Влияние сроков и способов прививки на выход стандартных саженцев яблони

Е.Н. Киктева, н.с., А.В. Солонкин, д.с.-х.н., О.А. Никольская, с.н.с. –

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

Урожайность садов напрямую зависит от качества посадочного материала, используемого при его закладке. Существует несколько способов размножения плодовых растений с целью получения посадочного материала: семенное размножение и вегетативное (укоренение черенков, прививка). Для сохранения всех признаков сорта, растения размножаются посредством прививки, которая является одним из ключевых и широко используемых агротехнических приемов при возделывании культивируемых растений. В условиях Волгоградской области исследования по изучению влияния различных сроков прививки на яблонях не проводились. Поэтому изучение влияния сроков прививки на выход качественных саженцев в условиях данной области актуально. В статье рассматривается влияние различных способов и сроков прививки на биометрические показатели, выход и качество саженцев яблони Гольден Делишес, Глостер, Лигол и Старк Ред Голд. По показателям, полученным в ходе исследования, было выявлено преимущество летней окулировки при производстве посадочного материала различных сортов яблони. По летним срокам она имела расхождения в показателях не более 1 %, а по сравнению с прививкой растений, проводимой в зимний период, выход саженцев увеличился на 30 и более процентов. Лучшие показатели из всех изучаемых сортов были у яблони Глостер, процент приживаемости у этого сортообразца изменялся по годам от 91,1 до 94 %, а по среднемноголетним данным составил 91,8% при прививке в июле и 93% – в августе. У других сортообразцов отмечалась меньшая приживаемость, и в среднем по срокам летней окулировки она не превышала 87,5%. В заключении констатируется, что применение эффективных способов прививки в оптимальные сроки позволяет значительно повысить количество и качество выращиваемых саженцев.

Ключевые слова: питомник, яблоня, сорт, прививка, подвой, привой, окулировка, высота штамба, диаметр штамба, выход и качество саженцев.

Поступила в редакцию: 17.05.2021

Принята к печати: 21.06.2021

Одним из основополагающих принципов развития садоводства в целом является качественный посадочный материал. Общеизвестно, что дальнейшее развитие, продуктивность и другие характеристики культивируемых в саду растений, формируются еще в питомнике и всецело зависят от постановки питомниководческого дела [10]. Плодовый питомник на сегодняшний день – это интенсивное производство посадочного материала плодовых культур, основанное на размножении районированных и перспективных сортов и подвоев [1].

Качество получаемых саженцев во многом зависит от выбора подвоя, привоя, способов и сроков прививки, а также от уровня агротехники при дальнейшем выращивании саженцев в полях питомника [1,13]. Правильное и своевременное выполнение всех технологических операций при прививке и тщательный последующий уход за растениями обуславливают высокую приживаемость и выход качественного посадочного материала [1,4,8].

Важнейшим элементом технологии производства посадочного материала является прививка культурного сорта на подвой. Существует несколько способов прививки: окулировка, копулировка, прививка в расщеп, прививка за кору, прививка мостиком и т.д. [2,5,6,8,9,11,13].

Основными и наиболее распространенными являются два метода прививки, остальные методы

являются модификациями первых двух.

Окулировка (летняя прививка) – самый распространенный способ размножения плодовых растений в питомниках, это прививка на подвой щитка сорта с одиночной ростовой почкой (глазком). Способ отличается простотой, самой высокой производительностью, хорошей приживаемостью и экономным расходом привойного материала [9].

Копулировка (зимняя прививка) – прививка черенком в состоянии покоя (до сокодвижения) и в период вегетации растений. Этот метод применяют, если толщина подвоя и черенка одинаковая. На подвое и привое косые срезы должны быть одинаковые по длине и не превышать диаметр стволиков более чем в 3-4 раза. Привой с подвоем соединяют так, чтобы язычки вошли друг за друга и камбиальные слои их совпали [6,8,11].

Цель работы – выявить наиболее эффективный способ и влияние сроков прививки на приживаемость сортов яблони в условиях сухостепной зоны Волгоградской области.

Материалы и методика исследований. Участок изучения находится в сухостепной зоне Волгоградской области, на правом берегу реки Волги, в Дубовском районе. На данной территории расположено подразделение лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства «Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и

защитного лесоразведения Российской академии наук». Климат участка резко-континентальный, характеризующийся частыми оттепелями и возвратными морозами зимой и высокими температурами с низким количеством осадков летом. Почвы светло-каштановые солонцеватые, содержание гумуса не более 1,8 %. В лаборатории на протяжении последних трех лет (2018 – 2020 годы) проводится изучение влияния сроков прививки на выход стандартных саженцев, в том числе и яблони.

Для этой цели были подобраны наиболее распространённые сорта: Гольден Делишес, Глостер, Лигол и Старк Ред Голд [12]. Прививка проводилась двумя основными способами: летней окулировки и зимней копулировкой. Летняя окулировка проводилась в два срока: со второй декады июля до конца июля и со второй декады августа до конца августа. В это время кора плодовых семечковых культур хорошо отделяется от камбия, что способствует качественному срастанию привоя с подвоем. На момент окулировки все подвои достигли необходимой толщины 0,5-0,7 см.

Зимняя копулировка проводилась также в два срока: в конце января и конце февраля – начале марта. Привитые растения укладывались в ящики, пересыпались влажными опилками и оставались в теплом помещении при температуре +18-20°C на 10-14 дней. После образования каллуса ящики с привитыми растениями спускались в прохладное помещение с температурой от 0 до 5°C и влажностью воздуха 80%, где находились до высадки во второе поле питомника. Высадка зимней прививки в питомник осуществлялась в третьей декаде апреля.

Растения в питомнике размещались по схеме 1,5 × 0,1-0,15м [3]. Учеты и наблюдения за приживаемостью и развитием прививок и окулянтов начинали с момента распускания первых почек до прекращения вегетационного периода (выкопки саженцев). Динамика роста определялась путем замера диаметра штамба саженца на высоте 10 см от почвы с интервалом в две недели. Высота саженца замерялась перед выкопкой. При изучении брали 10 растений каждого варианта в трехкратной повторности. Число перезимовавших (прижившихся) окулянтов определяли весной после начала роста побегов [7]. Все исследования, учеты и наблюдения проводили согласно общепринятым методикам [3,7].

Результаты и обсуждения. Приживаемость привоя зависит от подвоя, культуры, сорта, качества заготавливаемых черенков, соблюдения агротехники, погодных условий во время срастания прививочных компонентов, а также от сроков прививки [9,5,13]. Климатические условия Нижнего Поволжья, и в частности сухостепной зоны Волгоградской области, носят нестабильный характер. Согласно методике, ревизия прижившихся глазков проводилась дважды: через 20 дней после прививки и через 14-15 дней после первой ревизии [7]. Также ревизия окулянтов проводилась после перезимовки. Учет приживаемости зимних прививок проводился также дважды: через 15 дней после высадки сортоподвойных комбинаций в поле питомника и через 14-15 дней после первой ревизии. Все сорта яблони, которые были заокулированы имели больший процент приживаемости (таблица 1).

Таблица 1 – Приживаемость сортов яблони в питомнике, привитых способом летней окулировки, подвой – 54-118, 2018-2020 гг., ФНЦ агроэкологии РАН

Сорт	Привитых растений, шт	Прижившихся растений по последней ревизии, %							
		1 срок прививки (июль)				2 срок прививки (август)			
		2018	2019	2020	среднее	2018	2019	2020	среднее
Гольден Делишес	30	84,1	87,2	89,0	86,7	86,3	87,1	88,1	87,2
Глостер	30	91,3	93,0	91,1	92,8	94,0	93,1	92,0	93,0
Лигол	30	90,2	88,1	84,1	87,5	90,2	87,3	83,1	86,9
Старк Ред Голд	30	89,3	90,0	93,1	90,8	88,0	91,1	89,1	89,4

Реакции сортообразцов на разные сроки окулировки не имели существенных различий в пределах одного сорта. Разница в процентном выходе саженцев по летним срокам прививки составила не более 1% (таблица 1). Максимальный процент приживаемости был отмечен на сорте Глостер и изменялся по годам от 91,1 до 94%, а по среднемуголетним данным составил 91,8% при прививке в июле и 93% – в августе. Минимальный процент приживаемости отмечался у сортообразцов Гольден Делишес и Лигол, где в среднем по срокам летней окулировки он не превышал 87,5%.

На выход саженцев, полученных методом зимней копулировки, немаловажное значение оказывает способ и место хранения готовых прививок

до момента высадки их в питомник. Точный процент приживаемости копулировок сложно отследить, т. к. они более хрупкие в начальный период срастания по сравнению с летней окулировкой, и часть из них даже при образовании каллуса ломается под действием внешних факторов.

Приживаемость прививок, проводимых в зимний период, показала, что более поздний срок копулировки способствует пусть и не значительно, но большему проценту приживаемости (таблица 2).

Показатель приживаемости копулировок, проводимых в январе, по сортам изменялся от 33,1 до 57,1%. При втором сроке прививки процент приживаемости изменялся от 34,2 до 58.

Таблица 2 – Приживаемость сортов яблони в питомнике, привитых способом зимней копулировки, подвой – 54-118, 2018-2020 гг., ФНЦ агроэкологии РАН

Сорт	Привитых растений шт	Прижившихся растений по последней ревизии, %							
		1 срок прививки (январь)				2 срок прививки (февраль-март)			
		2018	2019	2020	среднее	2018	2019	2020	среднее
Гольден Делишес	30	55,2	57,1	56,2	56,2	56,2	58,0	57,1	57,1
Глостер	30	36,3	38,1	55,0	43,1	37,3	39,2	56,1	44,2
Лигол	30	37,2	37,0	36,2	36,8	38,0	38,1	35,0	37,0
Старк Ред Голд	30	35,3	36,3	33,1	34,9	35,3	36,0	34,2	35,2

Максимальная приживаемость отмечалась у сортообразца Гольден Делишес. Тем не менее процент приживаемости при зимней копулировке был ниже, чем при применении летней окулировки. Важным показателем при оценке роста плодовых деревьев является окружность штамба, влияющая на дальнейшее их развитие, и высота растений [10]. Согласно стандарту ГОСТ 53135-2008, саженцы

яблони на слаборослых подвоях, достигающих в высоту 1,4 м при диаметре штамба 1,3 см, относятся к первому товарному сорту, ко второму сорту – 1,0 м и 1,0 см соответственно. Наибольший прирост штамба как по высоте, так и по диаметру был отмечен на саженцах, привитых летней окулировкой (таблица 3).

Таблица 3 – Биометрические показатели сортов яблони, привитых летней окулировкой и зимней прививкой в питомнике, подвой 54-118, среднее за 2018-2020 гг., ФНЦ агроэкологии РАН

Сорт	Диаметр штамба, см				Высота саженца, см			
	1 срок прививки		2 срок прививки		1 срок прививки		2 срок прививки	
	летняя	зимняя	Летняя	зимняя	летняя	зимняя	летняя	зимняя
Гольден Делишес	1,32	1,26	1,33	1,24	140	91	145	90
Глостер	1,40	1,29	1,43	1,30	151	95	156	97
Лигол	1,36	1,27	1,36	1,27	151	93	148	92
Старк Ред Голд	1,36	1,27	1,35	1,28	148	97	148	97
НСР _{0,5}	0,007	0,006	0,007	0,006	0,7	0,5	0,6	0,5

При этом по диаметру штамба все сорта в обоих способах прививки достигали, а за частую и превышали показатели, установленные ГОСТом. В то же время саженцы, привитые в зимний период, в оба срока, по высоте не достигали заданных параметров. Наилучшими показателями при применении окулировки выделялись такие сорто-подвойные комбинации, как Глостер/54-118 и Лигол/54-118, а при копулировке – Глостер/54-118 и Старк Ред Голд/54-118.

По 1 и 2 сроку окулировки и копулировки во всех вариантах прививки саженцы имели практи-

чески одинаковую высоту штамба с отклонением в пределах ошибки измерений.

Выкопку саженцев из поля питомника осуществляли осенью в конце сентября скобой ПРВН-15, заглубляемой на 0,4 м. После выкопки саженцев проводили их сортировку по качественным показателям на первый, второй сорт и выбраковку. К выбраковке относятся саженцы, имеющие какие-либо повреждения штамба и корневой системы, а также саженцы, не превышающие по высоте штамба 0,7 м (таблица 4).

Таблица 4 – Выход саженцев яблони при разных сроках летней окулировки, среднее за 3 года (2018-2020 гг.), подвой 54-118, ФНЦ агроэкологии РАН, %

Сорт	Всего		I сорт		II сорт		Выбраковка	
	1 срок	2 срок	1 срок	2 срок	1 срок	2 срок	1 срок	2 срок
Гольден Делишес	89	88	74	70,7	8,1	10	6,9	7,3
Глостер	91	93	71,3	70	11,7	14,6	8,0	8,4
Лигол	90	93	69,3	69,3	10,9	13,6	9,8	10,1
Старк Ред Голд	92	94	75	78	9,9	9,1	7,1	6,9
НСР _{0,5}	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,11	0,4

Наибольший процент саженцев первого сорта, а соответственно и наименьший процент выхода

второго сорта, и саженцев, подлежащих выбраковке, был отмечен на саженцах, привитых в июле, за

исключением сорта Лигол, у которого наилучшая приживаемость 78% отмечается при окулировке, проводимой в августе.

Выход саженцев, привитых в зимний период, в конце вегетации значительно уступал саженцам, привитым методом окулировки (таблица 5).

Таблица 5 – Выход саженцев яблони при разных сроках зимней копулировки, среднее за 3 года (2018-2020 гг.), подвой 54-118, ФНЦ агроэкологии РАН, %

Сорт	Всего		I сорт		II сорт		Выбраковка	
	1 срок	2 срок	1 срок	2 срок	1 срок	2 срок	1 срок	2 срок
Гольден Делишес	82	83	23,4	24,1	50,1	50	8,5	8,9
Глостер	85	86	11,3	9,8	64,6	67,1	8,9	9,1
Лигол	77	76	16,9	15	50,6	51,1	9,5	9,9
Старк Ред Голд	83	81	29,1	32,2	46,1	40,7	7,8	8,1
НСР _{0,5}	0,4	0,4	0,1	0,1	0,2	0,2	0,04	0,04

Выход саженцев 1 сорта по срокам прививки изменялся от 11,3 до 29,1% в первом и от 9,8 до 32,2 во втором. Процент выхода саженцев второго сорта изменялся от 46,1 до 64,6 по первому сроку и от 40,7 до 67,1% по второму. Некоторое преимущество в процентном соотношении второго срока над первым заключается в более коротком периоде хранения. При длительном хранении возникает риск распускания почек на привитых черенках, что в свою очередь снижает вероятность приживаемости прививочных компонентов.

Заключение. На основании полученных данных можно сделать вывод, что сроки прививки влияют на выход и качество получаемого посадочного материала. Растения, привитые в летнее время, имели больший выход стандартных саженцев первого сорта, более высокие качественные характеристики и более высокий процент приживаемости, чем растения, привитые в зимний период. Из чего выявлено, что лучшим сроком по выходу и качеству посадочного материала яблони является летняя окулировка, осуществляемая в июле. Более раннее проведение прививки дает возможность повторно заокулировать подвой с неприжившимися глазками. Общий выход саженцев, привитых данным методом, достигал 94%, из них на долю первого сорта приходится до 78%. Саженцы, выращиваемые при использовании метода зимней прививки, не всегда достигали параметров, установленных стандартами ГОСТ 53135-2008, а зачастую не достигали высоты 0,5 м, что в свою очередь вынуждало оставлять их еще на один год в поле питомника для подращивания. В то же время зимняя прививка позволяла значительно сократить время получения посадочного материала, правда, с потерей качественных показателей и количественного выхода.

Литература:

1. Алферов В.А. Технология питомниководства. Система производства посадочного материала // Интенсивные технологии возделывания плодовых культур. – Краснодар, 2004. С. 230-252.
2. 2. Аляева О.В Опыт выращивания саженцев яблони на клоновых подвоях в условиях Южного Урала/ О.В. Аляева, М.М. Нигматянов, Е.З. Савин, Г.Р. Мурсалимова, Н.Ш. Исанбетов//Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 6 (142). С. 41-44.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов / Изд. 5-е, доп. и перераб. М.: Альянс, 2014. 351 с.

4. Киктева Е.Н. Особенности начального роста и развития новых сорто-подвойных комбинаций сливы на светло-каштановых почвах Волгоградской области/Е.Н. Киктева, А.В. Солонкин, О.А. Никольская//В сборнике: Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий. Материалы международной научно-практической конференции, проведенной в рамках Международного научно-практического форума, посвященного 75-летию Победы в Великой отечественной войне 1941-1945 гг. Волгоград, 2020. С. 338-344.

5. Круглов Н.М. Влияние срока зимней прививки груши на приживаемость и выход качественного посадочного материала / Н.М.Круглов, А.В. Кушлак // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. №4. 2013. С. 21-25.

6. Мурсалимова Г.Р. Зимняя прививка – перспективный способ получения качественных саженцев плодовых культур в условиях Южного Урала / Г.Р. Мурсалимова, Ф.К. Джураева, М.А. Тихонова // Плодоводство и ягодоводство России. Том 39. 2014 г. С. 151-154.

7. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. акад. РАСХН Е.Н. Седова и д-ра с.-х. н. Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.

8. Савин Е.З. Зимняя прививка плодовых культур / Е.З.Савин // Монография. Челябинск, 2015 г. 194 с.

9. Самощенко Е.Г Зимняя прививка/Е.Г. Самощенко, А.Н. Викулина/Технология проведения и выращивания саженцев на ее основе. Методическое пособие/Москва, 2014.

10. Семейкина В.М. Влияние сроков летней окулировки на выход и качество посадочного материала груши в условиях Алтайского края / В.М. Семейкина, И.А. Пучкин//Достижения науки и техники АПК. № 10. 2012. С. 40-42.

11. Танкевич В.В. Размножение косточковых культур зимней прививкой / В.В. Танкевич, А.И. Попов // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. № 134. 2020. С. 152-130.

12. Хамурзаев С.М., Борзаев Р.Б. Перспективные сорта яблони отечественной и зарубежной селекции для садов Чеченской Республики //Вестник Чеченского государственного университета. 2016. № 2(22). С. 43-45.

13. Khanaeva D.K., Kozirev A.Kh. Survival ability of inoculation components depending on inoculation and planting time. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2013. Т. 50. № 3. pp. 62-66.

Influence of Time Frames and Grafting Methods on the Production of Standard Apple Seedlings

E.N. Kikteva, research fellow, A.V. Solonkin, D.S.-Kh.N., O.A. Nikolskaya, senior researcher – 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 Avenue, 97, Volgograd, Russia

The orchards yield directly depends on the quality of the planting material used when laying it. There are several ways to reproduce fruit plants in order to obtain planting material: seed reproduction and vegetative reproduction (rooting of cuttings, grafting). To preserve all the characteristics of the variety, the plants are reproduced by grafting, which is one of the key and widely used agricultural techniques in the plants cultivation. In the conditions of the Volgograd region, studies on the effect of different grafting periods on apple trees were not carried out. Therefore, the study of the grafting timing influence on the high-quality seedlings production in this area conditions is relevant. The article considers the influence of various methods and time frames of grafting on biometric indicators, production and quality of apple seedlings of Golden Delicious, Gloucester, Ligol and Stark Red Gold varieties. According to the indicators obtained in the course of the study, the advantage of summer oculation in the planting material of various apple varieties production was revealed. In summer time frames, it had differences in indicators of no more than 1%, and in comparison with the grafting of plants carried out in winter, the seedlings production increased by 30 percent or more. The best indicators of all the studied varieties were in the Gloster apple variety, its survival rate varied from 91,1 to 94% over the years, and according to the average long-term data was 91,8% when grafted in July and 93% in August. Other cultivars had a lower survival rate, and on average, it did not exceed 87,5% over the time frames of summer oculation. In conclusion, it is stated that the use of effective grafting methods in the optimal time allows to significantly increase the number and quality of the seedlings grown.

Keywords: nursery, apple tree, variety, grafting, rootstock, trunk height, trunk diameter, seedlings production and quality

Translation of Russian References:

1. Alferov V.A. *Tekhnologiya pitomnikovodstva. Sistema proizvodstva posadochnogo materiala* [Technology of nursery breeding. Planting material production system. Intensive technologies of fruit crop cultivation]. Krasnodar, 2004. pp. 230-252. (In Russian)
2. Alyaeva O.V., Nigmatyanov M.M., Savin E. Z., Mursalimova G. R., Isanbetov N. S. *Opyt vyrashchivaniya sazhentsev yabloni na klonovykh podvoyakh v usloviyakh Yuzhnogo Urala* [Experience of apple seedlings growing on clonal rootstocks in the conditions of the Southern Urals].

Bulletin of the Orenburg State University. 2012. 6 (142). pp. 41-44. (In Russian)

3. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience]. Ed. 5th, add. and revised Moscow: Alliance, 2014. 351 p. (In Russian)

4. Kikteva YE.N., Solonkin A.V., Nikol'skaya O.A. *Osobnosti nachal'nogo rosta i razvitiya novykh sortopodvoynykh kombinatsiy sliv na svetlo-kashtanovykh pochvah Volgogradskoy oblasti* [Features of the initial growth and development of new variety-rootstock combinations of plums on light chestnut soils of the Volgograd region]. Proceedings of the International Scientific and Practical conference, Volgograd, 2020. pp. 338-344. (In Russian)

5. Kruglov N.M., Kushlak A.V. *Vliyaniye sroka zimnej privivki grushi na pri-zhivayemost' i vyhod kachestvennogo posadochnogo materiala* [Influence of pear's winter grafting time frame on the survival rate and production of high-quality planting material] *Bulletin of the Michurin State Agrarian University*. 4. 2013. pp. 21-25. (In Russian)

6. Mursalimova G.R., Dzhurayeva F.K., Tihonova M.A. *Zimnyaya privivka – perspektivnyy sposob polucheniya kachestvennykh sazhentsev plodovykh kul'tur v usloviyakh Yuzhnogo Urala* [Winter grafting is a promising method for obtaining high-quality seedlings of fruit crops in the Southern Urals conditions] *Fruit and berry growing in Russia*. Vol. 39, 2014. pp. 151-154. (In Russian)

7. *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* [Program and methodology of variety study of fruit, berry and nut crops]. ed. by acad. E. N. Sedov and Dr. N. T. P. Ogoltsova, Oryol, 1999. 608 p.

8. Savin YE.Z. *Zimnyaya privivka plodovykh kul'tur* [Winter grafting of fruit crops]. Chelyabinsk, 2015. 194 p. (In Russian)

9. Samoshchenkov E. G., Vikulina A. N. *Winter grafting. The carrying out technology and seedlings growing based on it. Methodological guide*. Moscow, 2014. (In Russian)

10. Semejkina V.M., Puchkin I.A. *Vliyaniye srokov letnej okulirovki na vyhod i kachestvo posadochnogo materiala grushi v usloviyakh Altajskogo kraja* [The time frames of summer oculation influence on the production and quality of pear planting material in the conditions of the Altai Territory] *Achievements of Science and Technology of AICis*, 10, 2012. pp. 40-42. (In Russian)

11. Tankevich V.V., Popov A.I. *Razmnozheniye kostochkovykh kul'tur zimnej privivkoj* [Reproduction of stone crops by winter grafting] *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden* 134, 2020. pp. 152-130. (In Russian)

12. Hamurzayev S.M., Borzayev R.B. *Perspective apple varieties of native and foreign selection for gardens of the Chechen Republic*. *Bulletin of the Chechen State University*. 2016. 2(22). pp. 43-45. (In Russian)

Цитирование. Киктева Е.Н., Солонкин А.В., Никольская О.А. Влияние сроков и способов прививки на выход стандартных саженцев яблони // Научно-агрономический журнал. 2021. №2(113). С.23-27. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.003.23-27

Авторский вклад. Все 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. Kikteva E.N., Solonkin A.V., Nikolskaya O.A. Influence of Time Frames and Grafting Methods on the Production of Standard Apple Seedlings. *Scientific Agronomy Journal*, 2021. 2(113). pp. 23-27. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.003.23-27

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

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Сравнительный анализ методов ускоренного выделения ДНК из растительного материала

А.С. Попова, м.н.с., **А.О. Старухина**, м.н.с., **В.Г. Зайцев**, к.б.н., в.н.с., заведующий лабораторией молекулярной селекции – 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

Использование широкого спектра молекулярно-биологических методов в современных исследованиях предъявляет высокие требования к качеству препаратов ДНК. Выделение недеградированной ДНК высокого качества из растительных материалов дополнительно затруднено наличием специфических вторичных метаболитов (фенольных соединений, алкалоидов и т.п.) и высоким содержанием пигментов и полисахаридов, которые могут как снижать выход ДНК, так и ингибировать активность ферментов, использующихся в различных молекулярно-генетических методах. В данном исследовании сравнивались четыре метода ускоренной экстракции ДНК (на основе сорбентов Chelex-100, амберлита IRC-748 или стеклянного порошка, а также метод с использованием додецилсульфата натрия) из листьев салата посевного с эталонным методом выделения на основе магнитных частиц (коммерческий набор реактивов «Фитосорб»). Качество и применимость выделенной ДНК для последующих исследований оценивали спектрофотометрически, электрофоретически и анализом ПЦР. Обнаружено, что все методы ускоренного выделения обеспечивают более высокий выход и получение более высокомолекулярной ДНК в сравнении с набором «ФитоСорб». Однако только метод с додецилсульфатом натрия обеспечивает такую же высокую степень очистки от белков, как и набор «ФитоСорб». Из трех методов выделения («ФитоСорб», с додецилсульфатом натрия и со стеклянным порошком), протестированных в ПЦР, все показали пригодность к данному анализу, что свидетельствует о хорошем уровне очистки от ингибиторов полимераз. В сравнении с набором ФитоСорб, выделение ДНК с использованием методов с додецилсульфатом натрия или со стеклянным порошком выполняется быстрее и является экономически более выгодным. Таким образом, по совокупности свойств наиболее перспективным для экстракции ДНК из растительного материала оказался метод ускоренного выделения ДНК с использованием додецилсульфата натрия.

Ключевые слова: выделение ДНК, растительный материал, ПЦР, салат посевной, электрофорез ДНК.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № АААА-А19-119111390073-4).

Поступила в редакцию: 30.04.2021

Принята к печати: 10.06.2021

Выделение нуклеиновых кислот является отправной точкой большинства молекулярно-биологических исследований, таких как, например, полимеразная цепная реакция (ПЦР), секвенирование ДНК, Саузерн-блоттинга, и, следовательно, является ключевым этапом молекулярно-генетических исследований. Принципы выделения ДНК основаны на разрушении цитоплазматической и ядерной мембран, отделении и очистке ДНК от других компонентов, таких как липиды, белки, полисахариды, а также концентрировании и очистке ДНК [1]. Существует большое количество методов выделения ДНК, имеющих свои достоинства и недостатки [3, 6]. Выделение ДНК из растений обычно имеет ряд дополнительных трудностей в связи с наличием в растительных образцах большого количества вторичных метаболитов, например, фенолов [10], а также пигментов и полисахаридов, которые могут выступать в качестве ингибиторов полимераз или других ферментов [2, 7]. Это делает очистку ДНК из растительных образцов более сложной.

При выборе подходящего метода экстракции крайне важно получить максимальный выход ДНК высокого качества, с минимальным загрязнением

белками и ингибиторами и наименьшей денатурацией, что обеспечит более универсальное использование полученного образца ДНК для большинства молекулярно-биологических методов [9]. Выход ДНК является наиболее часто используемым критерием в сравнении методов выделения ДНК [12]. Другие факторы, которые также следует учитывать при анализе методов, включают продолжительность процесса выделения ДНК, стоимость реагентов, их потенциальную токсичность, возможность использования протокола для серийного анализа, необходимость применения сложного лабораторного оборудования. Следовательно, преимущество будут иметь наиболее быстрые, технологичные и недорогие методы. Поэтому цель настоящей работы заключалась в сравнительном анализе четырех методов ускоренного выделения ДНК из растительного материала.

Материалы и методы. Материалом, используемым для выделения ДНК являлись листья салата посевного (*Lactuca sativa* L., сорта Изумрудный, Афицион, Роксай и Фриллис).

Методика выделения ДНК с додецилсульфатом натрия (SDS) и меркаптоэтанолом взята из работы [8] с некоторыми модификациями. С помощью

ступки и пестика измельчали 100 мг образца, добавляли 800 мкл экстракционного буфера, содержащего 100 мМ трис (гидроксиэтил) аминокетана (трис)-HCl, 50 мМ этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА), 500 мМ NaCl, 0,2% (об./об.) 2-меркаптоэтанола (pH 8,0), перемешивали и переносили в пробирку объемом 1,5-2 мл. После перемешивания добавляли 100 мкл 20% SDS, перемешивали и инкубировали при 65°C в течение 15 мин. После инкубации добавляли 225 мкл 2М СНЗСООН и осторожно перемешивали переворачиванием. Образцы инкубировали в холодильнике при +4°C в течение 15 минут, а затем центрифугировали при 12000 g в течение 10 минут при комнатной температуре. Супернатант переносили в новую пробирку, и осаждали ДНК равным объемом холодного изопропилового спирта. Осадок ДНК осаждали центрифугированием при 12000 g в течение 10 минут, однократно промывали 70% этиловым спиртом и ресуспендировали в минимальном (50-100 мкл) количестве ТЕ буфера (10 мМ трис и 1 мМ ЭДТА (pH 8)).

Методика выделения ДНК со стеклянным порошком взята из работы [4] с небольшими модификациями. Стекло на основе боросиликата измельчали в ступке с помощью пестика до превращения в мелкий порошок. В ступку помещали 0,1 г стеклянного порошка и 0,1 г образца и измельчали с помощью пестика до однородного состояния. В смесь добавляли 1 мл экстракционного буфера, содержащего 100 мМ трис, 100 мМ ЭДТА, 1,5 М NaCl (pH 8) и 10 мг порошкообразного активированного угля, перемешивали, переносили в пробирку объемом 1,5-2 мл и инкубировали при 65 °С в течение 10 минут. После инкубирования центрифугировали при 12000 g в течение 5 минут. Переносили 500 мкл супернатанта в чистую пробирку объемом 1,5 мл, добавляли 100 мкл 3М СНЗСООНа и 400 мкл дистиллированной воды и выдерживали при -20°C в течение 20 минут. Размораживали пробирку и центрифугировали при 12000 g в течение 5 минут. Супернатант переносили в новую пробирку, и осаждали ДНК равным объемом холодного изопропилового спирта. Осадок ДНК осаждали центрифугированием при 12000 g в течение 10 минут, однократно промывали 70% этиловым спиртом и ресуспендировали в минимальном (50-100 мкл) количестве ТЕ буфера (10 мМ трис и 1 мМ ЭДТА (pH 8)).

Методика выделения ДНК с Chelex-100 взята из работы [11] с модификациями. С помощью ступки и пестика измельчали 50 мг образца, добавляли 400 мкл 0,9% раствора NaCl, переносили в пробирку объемом 1,5-2 мл, добавляли 200 мкл 20% Chelex-100 и интенсивно встряхивали в течение 10 секунд. Инкубировали при 95°C в течение 20 мин, встряхивали еще 10 секунд, а затем центрифугировали при 12000 g в течение 20 мин. Супернатант переносили в новую пробирку и осаждали ДНК равным объемом холодного изопропилового спирта. Осадок ДНК после центрифугирования при

12000 g в течение 10 минут отделяли, однократно промывали 70% этиловым спиртом и ресуспендировали в минимальном (50-100 мкл) количестве ТЕ буфера (10 мМ трис и 1 мМ ЭДТА (pH 8)).

Методика выделения ДНК с амберлитом полностью соответствовала методике с Chelex-100 за исключением использования амберлита IRC-748 вместо Chelex-100.

Методика выделения ДНК с помощью набора реагентов «ФитоСорб» (ООО «Синтол», Россия) для выделения ДНК и РНК из растительного материала на магнитных частицах проводилась в соответствии с инструкцией производителя.

Для определения концентрации и чистоты ДНК оптическую плотность образцов измеряли спектрофотометрически при длинах волн 260 и 280 нм. Концентрацию ДНК рассчитывали по оптической плотности при длине волны 260 нм с помощью калькулятора на сайте MolBiol.ru (http://molbiol.ru/scripts/01_03.html), чистоту ДНК от загрязнения белками определяли по отношению поглощения при 260 нм к поглощению при 280 нм.

Электрофорез в агарозном геле (ДНК электрофорез). Образцы были разделены по размеру с помощью электрофореза в 0,7% агарозном геле в однократном трис-боратном буфере с ЭДТА (ТВЕ) при напряженности электрического поля 3 В/см с последующим окрашиванием SYBR Green I, и визуализированы в УФ-трансиллюминаторе ChemiDoc™ Touch Imaging (Bio-Rad Laboratories Inc., Калифорния, США). Использовался ДНК маркер Sky-High (13 фрагментов: 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000 и 10000 п.н.) (ООО «Биолабмикс», Россия).

Полимеразная цепная реакция. ПЦР проводилась с набором реагентов для проведения ПЦР-РВ в присутствии красителя EVAGreen I (ООО «Синтол», Россия) и универсальными праймерами psbK-psbI-штрих-кодирования для хлоропластной ДНК: psbKf - TTAGCCTTTGTTTGGCAAG, psbI - AGAGTTTGGAGTAAGCAT [5]. Амплификацию выполняли с помощью системы Applied Biosystems Quant Studio 5 Real-Time ПЦР (Thermo Fisher Scientific, США). Реакционную смесь нагревали при 95 °С в течение 300 секунд, затем повторяли 35 циклов амплификации: 30 сек при 95 °С, 60 секунд при 50,5° С и 60 секунд при 72°С.

Полученные ампликоны разделяли с помощью электрофореза в 1,8% агарозном геле в однократном трис-боратном буфере с ЭДТА (ТВЕ) при напряженности электрического поля 3В/см с последующим окрашиванием SYBR Green I. При электрофорезе ампликонов использовался ДНК маркер Start250 (8 фрагментов: 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 2500 и 3000 п.н.) (ООО «Биолабмикс», Россия).

Результаты и обсуждение. Для оценки пяти методов выделения ДНК в качестве материала использовались листья посевного салата сорта «Измумрудный». Эталонным методом выделения ДНК выступал коммерческий набор «Фитосорб», с ко-

торым сравнивали 3 метода на основе сорбентов (Chelex-100, амберлита IRC-748 и стеклянного порошка), а также метод с додецилсульфатом натрия.

Спектрофотометрическое определение концентрации ДНК показало, что наибольшее количество ДНК было выделено с помощью метода с SDS – почти в 5 раз больше количества, полученного эталонным методом ФитоСорб. Соотношение A260/A280, показывающее степень очистки образца ДНК от белков, для этих двух методов идентично и составляет 1,8 (таблица 1). Выделение ДНК с Chelex-100 также показало более высокий по сравнению с ФитоСорбом

выход ДНК – почти в 3,5 раза, но в то же время чистота ДНК была ниже, и соотношение A260/A280 составило 1,5. Амберлит IRC-748 был использован в качестве более дешевого функционального аналога сорбента Chelex-100, однако при его использовании выход ДНК был в 1,5 раза ниже, а чистота препарата хуже (A260/A280 составило всего 1,3). Выделение ДНК со стеклянным порошком проводилось с добавлением и без добавления ацетата натрия, полученное при этом количество ДНК в 2,5-3,5 раза больше, чем при эталонном методе, но соотношение A260/A280 было ниже и сравнимо с методом с Chelex-100.

Таблица 1 – Количество и чистота ДНК салата посевного, выделенной 5 методами

Метод выделения	Концентрация ДНК, нг/мкл	Отношение A260/A280
С Chelex-100	997	1,5
С амберлитом IRC-748	647	1,3
CSDS	1403,5	1,8
Со стеклом и CH ₃ COONa	719	1,4
Со стеклом без CH ₃ COONa	991	1,5
ФитоСорб	287	1,8

Полученные образцы разделяли по массе с помощью электрофореза в агарозном геле (рисунок 1). По электрофореграмме видно, что с помощью метода с SDS были получены главным образом высокомолекулярные фрагменты ДНК. В то же время с помощью ФитоСорба были выделены преимущественно небольшие фрагменты длиной около 1000 п.н., а высокомолекулярная ДНК практиче-

ски отсутствовала. При использовании метода с Chelex-100 фрагменты ДНК были еще более короткими – менее 1000 п.н., однако замена Chelex-100 на амберлит обеспечила возможность выделения небольшого количества крупных молекул ДНК. Размеры большинства фрагментов ДНК, полученных по методу со стеклянным порошком, превышали 4000 п.н.

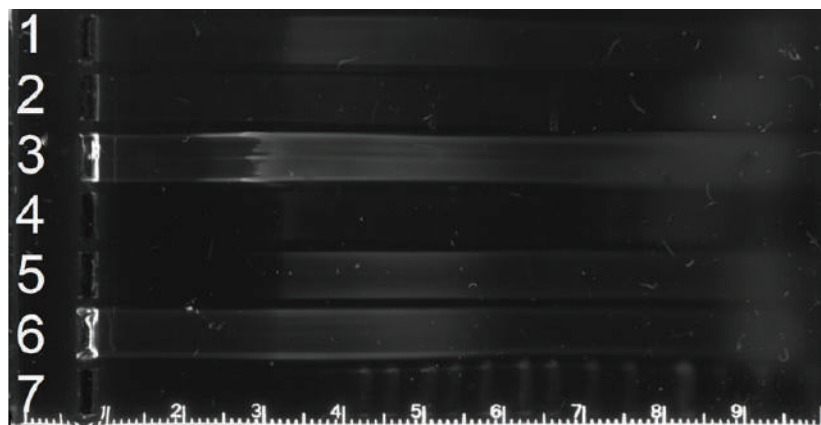


Рисунок 1 – Электрофореграмма ДНК салата посевного, выделенной следующими методами: 1 – с амберлитом; 2 – с Chelex-100; 3 – с SDS; 4 – ФитоСорб; 5 – со стеклом и CH₃COONa; 6 – со стеклом без CH₃COONa; 7 – маркер длин ДНК Sky-High

В связи с тем, что для многих молекулярно-генетических исследований преимущественно требуются высокомолекулярные фрагменты ДНК, для дальнейшего сравнения были отобраны 3 метода: с SDS, со стеклом и CH₃COONa (высокие концентрации солей помогают дополнительно очистить препарат ДНК от присутствия полисахаридов [10]) и ФитоСорб (эталонный метод). В этой группе экспериментов выделение ДНК осуществляли из листьев трех сортов салата: Афицион (листовый

типа Батавия), Роксай (полукочанный тип Дуболистный), Фриллис (листовый тип Айсберг). Оказалось, что выход ДНК в ходе выделения (таблица 2) и размеры получаемых фрагментов ДНК (рисунки 2-4) зависят от сорта салата. Особенно хорошо эта зависимость прослеживалась при использовании набора ФитоСорб и метода со стеклянным порошком: образцы, выделенные этими методами из листьев салата сорта Роксай содержали преимущественно высокомолекулярную ДНК и некоторое

количество деградированных фрагментов (рисунки 2-3), в то время как в препаратах ДНК из сорта Афицион, выделенных ФитоСорбом, и из сортов Афицион и Фриллис после выделения на стеклянном порошке было намного больше мелких фрагментов. Образцы ДНК, выделенные ФитоСорбом из Фриллиса практически не содержали высокомолекулярную ДНК. Стоит отметить преимущество метода SDS, так как с ним подобных законо-

мерностей не прослеживалось (рисунок 4), и все образцы содержали большое количество крупных фрагментов ДНК.

Также была выявлена зависимость чистоты выделенной ДНК от того, какой сорт использовался в качестве образца: образцы из зеленых сортов – Афицион и Фриллис – имеют более высокую степень чистоты, чем из красного сорта Роксай (таблица 2) независимо от используемого метода выделения.

Таблица 2 – Количество и чистота ДНК салата посевного трех сортов, выделенной 3 методами

Сорт салата	Метод выделения	Концентрация ДНК, нг/мкл	Отношение A_{260}/A_{280}
Афицион	ФитоСорб	390,5	1,9
	Со стеклом и CH_3COONa	485,5	1,8
	CSDS	725,25	1,9
Роксай	ФитоСорб	402,25	1,7
	Со стеклом и CH_3COONa	284	1,3
	CSDS	705,5	1,6
Фриллис	ФитоСорб	124,35	1,9
	Со стеклом и CH_3COONa	296	1,6
	CSDS	490,5	1,9

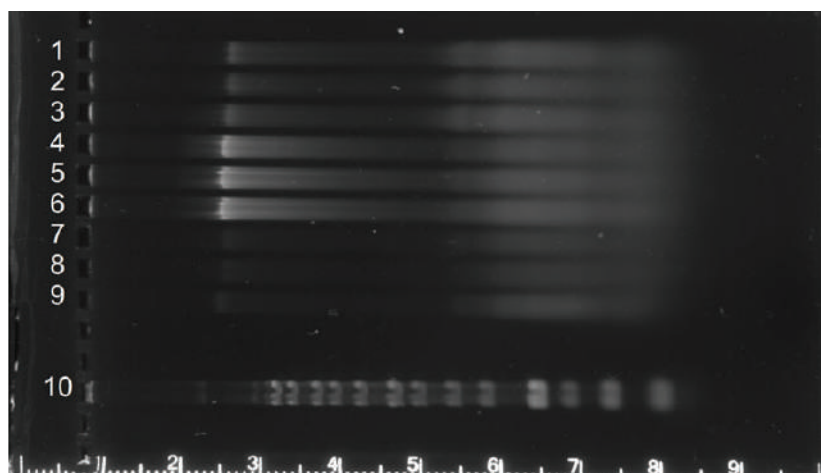


Рисунок 2 – Электрофореграмма ДНК различных сортов салата посевного, выделенной методом ФитоСорб в трех повторностях: 1-3 – Афицион, 4-6 – Роксай, 7-9 – Фриллис, 10 – ДНК маркер Sky-High

Одним из наиболее часто используемых методов в молекулярно-биологических исследованиях является ПЦР. ПЦР в реальном времени с образцами ДНК, полученными из сорта салата Афицион показала, что все три метода могут быть использованы для получения матрицы ДНК для проведения ПЦР: пороговое число циклов (Ct) амплификации ДНК, полученной с использованием набора реактивов ФитоСорб составило 23,6; для ДНК, выделенной методом со стеклянным порошком, – 23,7; для ДНК, полученной методом с SDS, – 21,6. Дополнительно был проведен электрофоретический анализ полученных продуктов ПЦР. Было показано, что во всех случаях образуется единственный продукт ПЦР. Количество образовавшихся при ПЦР ампликонов во всех трех случаях было примерно

одинаковым, а их длина была идентична (рисунок 5). Это позволяет говорить о примерно равной амплифицируемости и эффективности ПЦР препаратов ДНК, полученных всеми тремя методами.

Таким образом, ускоренные методы выделения ДНК превосходят эталонный метод по количеству и длине молекул выделяемой ДНК, но – за исключением метода с SDS – уступают по чистоте препарата. Однако методы ускоренного выделения имеют ряд дополнительных преимуществ, в частности экономическую эффективность. Так, стоимость реагентов для выделения ДНК методом с SDS составила 0,89 руб./образец, методом со стеклянным порошком и CH_3COONa – 0,71 руб./образец, что, соответственно, в 32 и 40 раз дешевле, чем при использовании набора ФитоСорб (28,90 руб./образец).

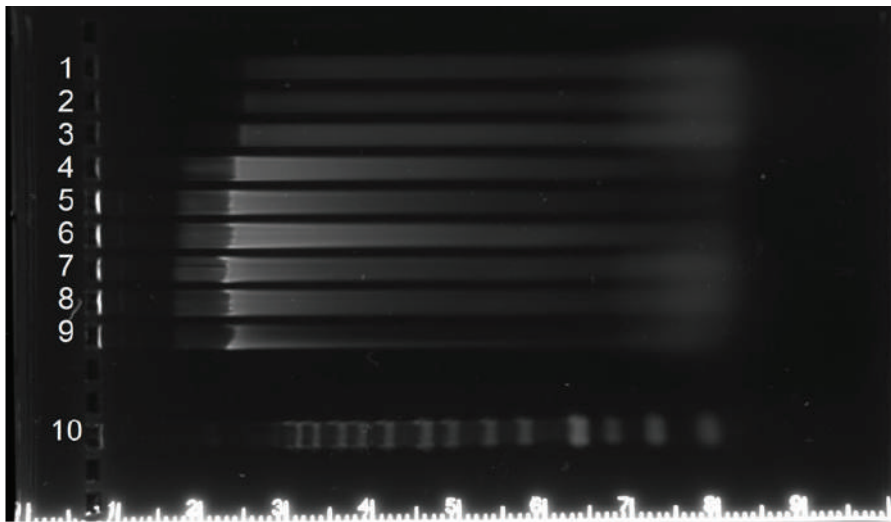


Рисунок 3 – Электрофореграмма ДНК различных сортов салата посевого, выделенной методом со стеклянным порошком и CH_3COONa в трех повторностях: 1-3 – Афицион, 4-6 – Роксай, 7-9 – Фриллис, 10 – ДНК маркер Sky-High

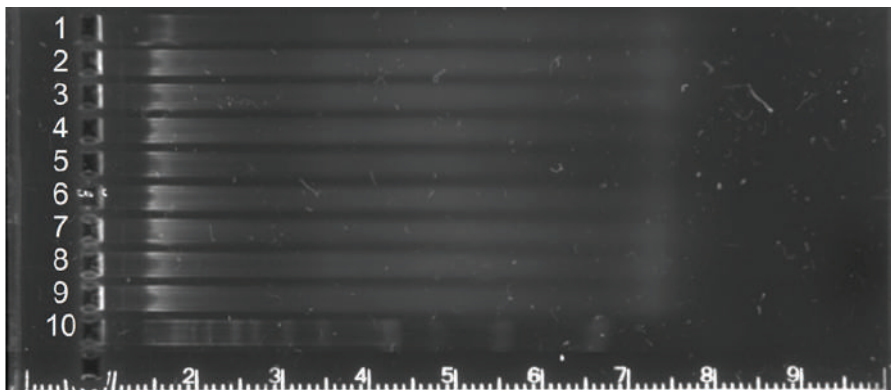


Рисунок 4 – Электрофореграмма ДНК различных сортов салата посевого, выделенной методом с SDS в трех повторностях: 1-3 – Афицион, 4-6 – Роксай, 7-9 – Фриллис, 10 – ДНК маркер Sky-High

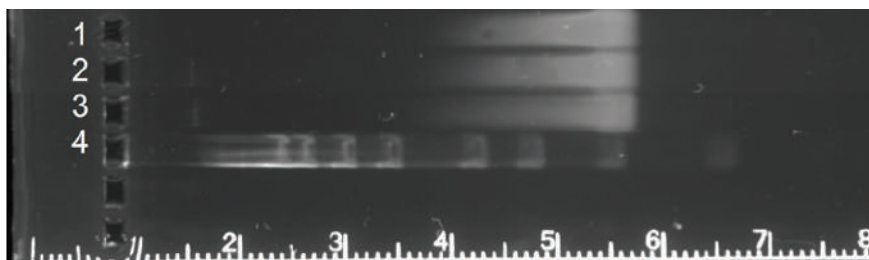


Рисунок 5 – Электрофореграмма ампликонов салата посевого сорта Афицион, матрица ДНК для ПЦР выделена следующими методами: 1 – ФитоСорб, 2 – со стеклянным порошком, 3 – с SDS, 4 – ДНК маркер Start250

Кроме того, указанные методы ускоренного выделения ДНК, в отличие от протокола с набором ФитоСорб, включают в себя меньшее число манипуляций и, соответственно, выполняются быстрее.

Заключение. Проведенный анализ пяти методов выделения ДНК показал, что все методы ускоренного выделения позволяют получить большее количество ДНК, чем коммерческий набор реагентов ФитоСорб, однако только метод с SDS обеспечивает сравнимую с ФитоСорбом чистоту препарата. Только методы выделения ДНК со стеклянным порошком и с SDS позволяют получать в наименьшей степени

деградированную ДНК, что делает их перспективными для большинства молекулярно-биологических приложений (ПЦР, гибридизация, клонирование и др). Результаты выделения ДНК методом с SDS менее других зависели от сорта салата, использованного в качестве образца. Таким образом, по совокупности свойств метод ускоренного выделения ДНК с SDS оказался наиболее перспективным.

Литература:

1. Петров Д. Г. Методы выделения и очистки ДНК из лизатов клеток (обзор) / Д. Г. Петров, Е. Д. Макарова, Н. Н. Гермаш, И. Е. Антифеев // Научное приборостроение.

2019. Т. 29. №4. С. 28-50.

2. Aboul-Maaty N.-A.-F., Oraby H. A.-S. Extraction of high-quality genomic DNA from different plant orders applying a modified CTAB-based method. *Bull. Natl. Res. Centre*. 2019. V.43. №1. 25 p.

3. Dairawan M., P.J. Shetty. The Evolution of DNA Extraction Methods. *American Journal of Biomedical Science & Research*. 2020. V.8. №1. pp.39-45.

4. Devi S. G., A. A. Fathima, S. Radha, R. Arunraj, W. R. Curtis, Ramya M. A Rapid and Economical Method for Efficient DNA Extraction from Diverse Soils Suitable for Metagenomic Applications. *PLoS one*. 2015. V.10. №7. e0132441.

5. Fazekas A. J., Burgess K. S., Kesanakurti P. R., Graham S. W., Newmaster S. G., Husband B. C., Percy D. M., Hajibabaei M., Barrett S. C. Multiple multilocus DNA barcodes from the plastid genome discriminate plant species equally well. *PLoS one*. 2008. V.3. №7. e2802.

6. Heikrujam J., Kishor R., Mazumder P.B. The Chemistry Behind Plant DNA Isolation Protocols. *Biochemical Analysis Tools – Methods for Bio-Molecules Studies*. 2020.

7. Kalendar R., Boronnikova S., Seppänen M. Isolation and

purification of DNA from complicated biological samples. *Methods Mol. Biol.* 2021. V.2222. pp.57-67.

8. Niu Ch., Kebede H., Auld D. L., Woodward J. E., Burow G., Wright R. J. A safe inexpensive method to isolate high quality plant and fungal DNA in an open laboratory environment. *African Journal of Biotechnology*. 2008. V.7. №16. pp. 2818-2822.

9. Pipan B., Zupančič M., Blatnik E., Dolničar P., Meglič V. Comparison of six genomic DNA extraction methods for molecular downstream applications of apple tree (*Malus X domestica*). *Cogent Food Agric*. 2018. V.4. e1540094.

10. Sahu S. K., Thangaraj M., Kathiresan K. DNA Extraction Protocol for Plants with High Levels of Secondary Metabolites and Polysaccharides without Using Liquid Nitrogen and Phenol. *ISRN Molecular Biology*. 2012. 6 p.

11. Sajib. A. A., Bhuiya M. A. I., Huque R. A Simple, Efficient and Rapid Method for Good Quality DNA Extraction from Rice Grains. *Rice Science*. 2017. V.24. №2. pp.119-122.

12. Tamari F., Hinkley C. S., Ramprasad N. A comparison of DNA extraction methods using *Petunia hybrida* tissues. *J Biomol Tech*. 2013. V.24. №3. pp.113-118.

Comparative Analysis of Methods of Rapid DNA Extraction from Plant Material

A.S. Popova, junior researcher; A.O. Staruhina, junior researcher; V.G. Zaitsev, K.B.N., principal researcher, Head of Molecular Breeding Laboratory – 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 Avenue, 97, Volgograd, Russia

The use of a wide range of molecular biology techniques in current research needs high quality of DNA. Presence of specific secondary metabolites (phenolic compounds, alkaloids, etc.) and high content of pigments and polysaccharides in plant samples can decrease yield of highly pure and non-degraded DNA and inhibit the activity of enzymes used in various molecular biological methods. Four rapid DNA extraction methods (based on Chelex-100 or IRC-748 amberlitesobents, glass powder or sodium dodecyl sulfate - SDS) were used to prepare DNA from lettuce leaves in comparison with DNA extraction with commercial DNA extraction kit “PhytoSorb” from “Syntol” (Russia). The yield and size of prepared DNA, protein contamination and ability to amplify DNA by the polymerase chain reaction (PCR) technique were evaluated in current study. We found all rapid DNA extraction methods produced higher yield of DNA than “PhytoSorb” kit. Agarose electrophoresis showed DNA purified by any rapid method had larger size than DNA purified by “PhytoSorb” kit. However, only SDS-based method removed proteins from DNA preparation with the same effectiveness to “PhytoSorb” kit; all

other methods were worse. DNA prepared by SDS-based methods, by method with glass powder and by “PhytoSorb” kit was easily amplified by PCR. It could be considered all three methods were equal in PCR inhibitor elimination. Therefore, SDS-based method and method with glass powder similar or better than commercial “PhytoSorb” kit in yield or quality of prepared DNA and suitable for basic molecular biology techniques but faster and markedly less expensive. According to the complex of criteria, we consider SDS-based method is the most appropriate for quality DNA extraction from plant samples.

Keywords: extraction, plant samples, PCR, lettuce, DNA electrophoresis

Acknowledgements. The work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic №. AAAA19-119111390073-4).

Translation of Russian References:

1. Petrov D. G., Makarova Ye. D., Garmash N. N., Antifeyev I. Ye. *Metody vydeleniya i ochistki DNK iz lizatov kletok (obzor)* [Methods for isolation and purification of DNA from cell lysates (review)]. *Nauchnoye priborostroyeniye*. 2019. V.29(4). pp. 28-50. (In Russian)

Цитирование. Попова А.С., Старухина А.О., Зайцев В.Г. Сравнительный анализ методов ускоренного выделения ДНК из растительного материала // Научно-агрономический журнал. 2021. №2(113). С. 28-33. DOI:10.34736/FNC.2021.113.2.004.28-33

Авторский вклад. Все 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. Popova A.S., Staruhina A.O., Zaitsev V.G. Comparative Analysis of Methods of Rapid Dna Extraction from Plant Material. *Scientific Agronomy Journal*, 2021. 2(113). pp. 28-33. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.004.28-33

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

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Эффективность использования микоризы и полимерных материалов при выращивании сеянцев сосны в засушливых условиях

С.Н. Крючков¹, д.с.-х.н., г.н.с. лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства,

А.В. Вдовенко², к.с.-х.н., доцент, А.В. Зарубина², ассистент, С.А. Егоров¹, инженер исследователь

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, проспект Университетский, 97, Волгоград, Россия
² ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 400062, проспект Университетский, 26, Волгоград, Россия

Сухостепные районы Волгоградской области характеризуются неблагоприятными лесорастительными условиями для выращивания защитных лесных насаждений и посадочного материала в питомниках. На территориях с песчаными и супесчаными почвами выращивается сосна, занимая до 40% вновь создаваемых лесомелиоративных посадок. Часто отмечается низкая приживаемость и полная гибель сеянцев сосны. Одной из причин усыхания является низкое качество посадочного материала, связанное с нарушением правил семенного районирования, игнорирования селекционных достижений, а также посадка немикоризованных сеянцев. Сосна является высокотрофным видом, которому для успешного развития с первого года необходимо взаимодействие с грибом. Поэтому актуальны исследования микоризообразования на корнях сеянцев сосны в засушливых условиях при искусственной микоризации почвы. Научная новизна агротехники заключается в использовании новых полимерных гидрогелей и мульчирующих тканевых материалов, способствующих микоризообразованию в более влажной среде при отсутствии сорняков. Целью исследования является изучение качественных характеристик микоризных сеянцев сосны и влияния полимерных материалов на развитие гриба в улучшенных условиях выращивания. Применение данной агротехники увеличило выход стандартных микоризных сеянцев на 70 % и значительно повысило их жизнеспособность. Использование опытного посадочного материала в производственных посадках Камышинского лесничества в засушливом 2016 году обеспечило приживаемость 85 %, а осеннюю сохранность 53 %, что в 6-10 раз выше, чем в варианте с немикоризными сеянцами.

Ключевые слова: агротехника, сосна, питомник, микориза, сеянцы, полимеры, гидрогель.

Поступила в редакцию: 18.04.2021

Принята к печати: 10.06.2021

Из литературных источников известно, что микориза у древесных пород развивается только во влажной среде [1-4, 6-11]. Ввиду сухости и бедности почв аридных зон этот вопрос имеет особое значение при выращивании сеянцев сосны и других микотрофных древесных пород. Исследованиями авторов (Маттис Г.Я., 1976 г.; Мухаев Б.А., 1999 г.) установлено, что оптимальный режим выращивания однолетних сеянцев сосны складывается в пределах 60-80% от полевой влагоёмкости (ПВ) [5, 6]. На второй год посева сосны можно содержать в условиях более низкой влажности почвы, доводя её до 30-45%. Дальнейшее снижение влажности почвы вызывает отмирание микоризы на корнях, что приводит к снижению качества посадочного материала [1, 5, 10].

Цель работы: исследовать роль влагонасыщающих полимеров на развитие микоризы и на рост сеянцев сосны крымской.

Материалы и методика исследований. Почва на опытном участке готовилась по системе раннего пара. Исследования выполнены на опытном участке питомника СГБУВО «Камышинское лесничество» в 2015-2017 гг. В качестве гидрогеля использовали поперечно-сшитый полиакриламид «Гидросоурц», а из методов заражения сеянцев микоризой – внесение микоризной земли из взро-

слых хвойных насаждений. В опыт включены варианты: I – гидрогель + микориза; II – микориза; III – гидрогель; IV – контроль. Годы исследования 2015 – 2017 гг. Методика разработана в отделе биологии ВНИАЛМИ (ФНЦ агроэкологии РАН) [5, 6].

Предпосевная подготовка семян включала замачивание на 1 день в 0,5%-ном растворе марганцовокислого калия. Перед посевом в ленту шириной 0,9 м в корнеобитаемый слой почвы (0-25 см) вносили сухие гранулы гидрогеля в дозе 100 г/м² (варианты I, II).

При выращивании сеянцев сосны применена ленточная шестистрочная схема посева 10-25-10-25-10-70 см с шириной посевной строчки 2-3 см. Посев проведён 14 мая 2015 г. с нормой высева 1,5 г на 1 п.м. строчки. Перед посевом семена были протравлены фундазолом. Вместе с семенами в строчки вносили микоризную почву, взятую из взрослого соснового насаждения из расчёта 100 г на 1 п.м. строчки (варианты I и II). Глубина заделки семян 0,5 см. Опыт проводили на делянках размером 1,5 × 2,0 м и в трёхкратной повторности.

На первом году выращивания сеянцев сосны за вегетационный период проведено 10 поливов с нормой расхода воды по фазам роста: I фаза – 5 л/м² или 50 м³/га (6 поливов); II фаза – 10 л/м² или 100 м³/га (1 полив). Каждый раз после полива при

появлении массовых всходов сосны проводили рыхление почвы и прополки сорняков. В период интенсивного роста сеянцев проведено по одной подкормке азотным (20 кг д.в. на 1 га) и сложно-смешанным гранулированным (50 кг д.в. на 1 га по фосфору) удобрениями. На втором году выращивания сеянцев проведены 2 вегетационных полива, одна подкормка минеральными удобрениями и 3 прополки сорняков с рыхлением почвы.

Результаты и их обсуждение. Наблюдения за динамикой появления всходов сосны по вариантам опыта показали, что внесение в почву гидро-

гелей без микоризы (вариант III) обеспечивало увеличение грунтовой всхожести семян по сравнению с контролем (вариант IV), однако в дальнейшем вызывало усиление процесса отпада всходов от полегания (табл. 1). Напротив, внесение микоризной почвы (вариант II) вызывало снижение отпада, что, вероятно, связано с присутствием эктомикоризных грибов – антагонистов фузариума. При одновременном внесении микоризной земли и гидрогелей (вариант I) значительно возросла грунтовая всхожесть семян, снизился отпад сеянцев от полегания.

Таблица 1 – Влияние гидрогелей и микоризы на всхожесть семян и полегание сеянцев сосны, 2015 г.

Варианты	Количество всходов на 1 п.м. строчки, шт.	Грунтовая всхожесть, %	Отпад всходов от полегания, %	Сохранность сеянцев, шт./п.м. строчки
I	70	28,0	35,7	45
II	55	22,0	36,4	35
III	60	24,0	51,7	29
IV	45	18,0	44,4	25
НСП ₉₅	9	4	7	6

Внесение в пахотный горизонт почвы микоризной земли и гидрогелей оказывает заметное влияние на развитие корневой системы однолетних сеянцев. Обычно формирование корневой системы у сеянцев хвойных пород начинается с появлением на главном корне корневых окончаний 1-го порядка. Происходит это одновременно с развёртыванием хвои. Через 20-25 дней образуются корни 2-го порядка. В период интенсивного роста надземной части сеянцев образуются корни 3-го порядка. Боковые окончания 4-го порядка завершают структурообразование корневой системы однолетних сеянцев, когда линейный рост надземных органов закончен.

В процессе развития корневой системы сеянцев меняется физиологическая и структурообразова-

тельная роль её отдельных компонентов. На ранних этапах органогенеза стержневой корень и боковые окончания проростков имеют корневые волоски и выполняют роль сосущих корней. По мере их роста эндодерма пробковеет, и корни выполняют скелетную и проводящую функции [5-8].

К концу сезона роста на сосущих корнях сеянцев появляется белая микориза, которая ветвится вильчато и коралловидно, образуя вокруг корешков чехол (или плёнку), придавая им характерный разбухший вид. Особенно большое количество микоризообразований возникает на корнях сеянцев, растущих на варианте с внесением в почву гидрогелей и микоризной земли (табл. 2). У сеянцев сосны с хорошо развитой микоризой значительно увеличивается поглощающая поверхность корней.

Таблица 2 – Развитие корневой системы однолетних сеянцев сосны по вариантам опыта с применением гидрогелей и микоризной почвы, 2015 г.

Варианты	Длина главного корня, мм	Средний балл микоризности	Число корней, шт.		Длина бокового корня, мм	
			1-го порядка	1-го порядка с боковыми окончаниями 2-го порядка	1-го порядка	1-го порядка с боковыми окончаниями 2-го порядка
I	320	2,8	23	13	8	85
II	280	2,4	21	13	8	70
III	220	1,8	15	8	7	отсутствуют
IV	200	1,6	11	7	7	отсутствуют
НСП ₉₅	18	0,3	4	2	-	11

У сеянцев сосны, растущих на контроле (вариант IV), корневая система слабо развита и не может обеспечить растениям нужное количество воды и питательных веществ для роста.

При недостатке влаги в почве хорошо развитая микориза сеянца может заимствовать от расте-

ния-хозяина воду. Об этом говорят факты благополучного состояния микоризы сеянцев, растущих на вариантах I и II.

Микоризы – эффективные поглотители влаги и питательных веществ, прежде всего, потому, что они значительно увеличивают адсорбирующую

площадь поверхности корневой системы сеянцев. По сравнению с сеянцами, растущими на вариантах III и IV (без внесения микоризы), корни с хорошо развитой микоризой имеют больший размер корневых окончаний 2-го порядка и выше.

Имеются сведения и о том, что сосушие корни с микоризой дольше живут и функционируют, интенсивнее дышат [3]. Микоризы обладают ещё одной особенностью, более важной, чем увеличение адсорбирующей поверхности корней растения-хозяина: их гифы могут функционировать за пределами адсорбирующей зоны самого корня, откуда они перемещают воду и питательные вещества в растение-хозяин. Микоризы не только поглощают и перемещают элементы питания, но и являются резервуарами питательных веществ, которые при их отсутствии могли бы быть вымыты из почвы с поливной водой [1, 2, 9].

Поэтому есть основание утверждать, что гидрогели вместе с микоризой являются активными поглотителями воды и питательных веществ, предотвращая их вымывание из корнеобитаемого слоя почвы.

При постоянном дефиците воды корневая сис-

тема сеянцев сосны может свободно использовать эти дополнительные источники воды и питательных веществ. Однолетние сеянцы, выращенные на фоне гидрогелей и микоризы, отличаются интенсивным ростом и развитием (табл. 3). Микоризные сеянцы (вариант II) достоверно отличались от немикоризных хорошим ростом; высота их превышала контрольные на 30%, по диаметру на 50%, по биомассе в 1,5-2,5 раза. Действие микоризы усиливается, если в корнеобитаемый слой почвы внесены гидрогели (вариант I).

За счёт улучшения водного и воздушного режима почвы большая часть однолетних сеянцев имела хорошо развитую корневую систему с белой микоризой. На таком благоприятном экологическом фоне за вегетационный период сформировалось больше ювенильной и парной хвои; биомасса сеянцев на варианте с гелями и микоризой в 2,5-3 раза превышала сеянцы, выросшие на контроле. Использование гидрогелей без микоризы (вариант III) оказывает незначительное влияние на рост, где, кроме того, отмечен значительный отпад всходов сосны от полегания (см. табл. 1).

Таблица 3 – Размеры и биомасса однолетних сеянцев сосны по вариантам опыта с использованием гидрогелей и микоризной земли, 2015 г.

Варианты	Высота сеянцев, см	Диаметр корневой шейки, мм	Количество хвои на стволике, шт.		Сырая биомасса одного сеянца, мг				
			ювенильной	парной	Стволика	хвои	корней		Всего растения
							всего	в т.ч. мелких с микоризой	
I	7,9	2,1	85	3	304	1088	430	180	1822
II	7,3	1,8	82	2-3	265	914	367	148	1546
III	6,2	1,5	62	1	149	563	222	64	934
IV	5,6	1,2	54	1	94	383	158	44	635
НСР ₉₅	0,5	0,2	7	-	35	112	66	20	179

Исследование сезонного развития двухлетних сеянцев сосны показало, что рост стволиков в высоту начинается в первой декаде апреля при температуре воздуха выше +5°C и заканчивается в третьей декаде мая. Сезонный рост стволиков в высоту длится 45-50 суток. Одновременно с линейным ростом стволиков в высоту в течение всего вегетационного периода происходит и рост стволика по диаметру. Для развития двухлетних сеянцев характерно то, что в первую половину вегетации наряду с интенсивным линейным и радиальным приростом стволика наблюдается и усиленный рост главного корня в длину. Именно в этот период формируются основные показатели качества (стандартности) сеянцев – высота стволика и диаметр корневой шейки. Поэтому основные агротехнические приёмы (полив, подкормки, прополки и рыхления) должны быть приурочены к этому кульминационному периоду роста растений.

После полной остановки линейного роста стволика в высоту начинается интенсивный рост парной хвои – основного ассимиляционного органа

растения. Парная хвоя образуется за счёт внепочечного развития зачаточных почек брахибластов и растёт до конца лета. В корневой системе наряду с ростом стержневого корня и старых боковых корней в длину образуются и растут новые боковые окончания. Обычно развивается вильчатая микориза. Длина главного корня у сеянцев, растущих на контроле (вариант IV), к концу вегетации достигает 32-34 см, средний диаметр корневой шейки – 2,0-2,4 мм, высота стволика – 9-11 см. Двухлетние сеянцы, выращенные на фоне совместного применения гидрогелей и микоризной почвы (вариант I), отличаются интенсивным ростом и развитием (табл. 5).

За счёт улучшения водного и воздушного режима возрастает биологическая активность почвы, двухлетние сеянцы имеют хорошо развитую корневую систему с белой микоризой. На таком благоприятном экологическом фоне за вегетационный период формируется больше парной хвои, возрастает биологическая продуктивность растений.

Полное представление об аккумуляционной способности хвои даёт органическая масса сеянцев. В

течение второго года жизни в питомнике открытого грунта их масса увеличивалась в 4-6 раз. Причём

наиболее интенсивное накопление биомассы идёт в хвое текущего года и в корнях (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние гидрогелей и микоризной земли на накопление биомассы двухлетними сеянцами сосны, 2016 г.

Вариант	Сырая биомасса одного сеянца в г.						
	стволика	хвои			корней		всего растения
		ювенильной	парной	итого	итого	в т.ч. мелких	
I	1,35	0,28	3,48	3,76	1,96	0,74	7,07
II	1,10	0,27	2,96	3,23	1,63	0,63	5,96
III	1,15	0,30	3,49	3,79	1,71	0,59	6,65
IV	0,65	0,27	2,03	2,30	0,82	0,39	3,77
HCP ₉₅	49	0,21	0,33	0,80	0,70	0,18	1,94

Таблица 5 – Влияние гидрогелей и микоризы на биологическую активность почвы, рост и развитие двухлетних сеянцев сосны, 2016 г.

Вариант	Целлюлозо-разрушающая способность, %	Высота сеянцев, см	Диаметр корневой шейки, мм	Длина главного корня, см	Количество хвои на стволике, шт.		Число корней 1 порядка с боковыми окончаниями 2-го порядка	% микоризных сеянцев
					ювенильной	парной		
I	68,5	13,2	3,16	48	38	31	140	85
II	53,5	12,4	2,75	44	39	27	115	75
III	56,5	11,8	3,00	43	40	30	105	70
IV	48,0	10,1	2,18	33	38	18	82	65
HCP ₉₅	0,5	1,2	0,4	8	1,0	7	17	4

Кумуляция пластических веществ в ювенильной хвое прошлого года не происходит, так как во второй период вегетации она начинает постепенно желтеть и усыхать. Поэтому доля старой хвои в общей массе сеянцев снижается. Ведущее положение по накоплению биомассы у двухлетних сеянцев сосны занимает парная хвоя. Особенно высокая аккумуляционная способность хвои отмечена на варианте I, где в корнеобитаемый слой почвы внесены гидрогели и микоризная земля.

Заключение. Таким образом, в засушливых условиях Волгоградской области внесение гидрогелей вместе с микоризной почвой является важным агротехническим приёмом при выращивании сеянцев сосны. При недостатке влаги в почве корневая система сеянцев свободно использует источники воды и питательных веществ, накопленные гидрогелями и микоризой во время подкормки и полива посевов. За счёт улучшения водного и питательного режима почвы у сосны возрастает поглощающая поверхность корней, усиливаются темпы роста и развития, возрастает количество и качество сеянцев.

Литература:

1. Бурцев Д.С. Зарубежный опыт искусственной микоризации сеянцев лесных древесных пород с закрытой корневой системой / Д.С. Бурцев // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2014. № 1. С. 47-64

2. Иозус А.П. Особенности влияния микоризы на приживаемость и биохимический состав сеянцев сосны обыкновенной в сухой степи Нижнего Поволжья / А.П. Иозус, А.А. Завьялов, С.Ю. Бойко // Успехи современного

естествознания. 2019. № 6. С. 23-27.

3. Лобанов Н.В. Микотрофность древесных растений. – М.: Лесная промышленность. 1971. 216 с.

4. Морозова Е.В. Основные результаты и перспективы селекции и гибридизации хвойных древесных пород для защитного лесоразведения в сухой степи Нижнего Поволжья / Е.В. Морозова, А.П. Иозус, А.К. Зеленьяк // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 11-4. С. 618-621.

5. Маттис Г.Я. Интенсификация выращивания посадочного материала для защитного лесоразведения. – М.: Лесная промышленность. 1976. 144 с.

6. Мухаев Б.А. Применение полимеров а агролесомелиорации. – М.: изд. РАСХН, 1999. 96 с.

7. Новосельцева А.И. Справочник по лесным питомникам / А.И. Новосельцева, Н.А. Смирнов // М.: Лесная промышленность. 1983. 280 с.

8. Редько Г.И. Биоэкологические основы выращивания сосны и ели в питомниках / Г.И. Редько, Д.В. Отиевский, Е.Н. Наквнина, Е.М. Романов. // М.: лесная промышленность. 1983. 64 с.

9. Спуэрр С.Г. Лесная экология: Пер. с 3-го англ. изд. / Под ред. Дыренкова С.А., Барнес Б.В. – М.: Лесная промышленность. 1984. 480 с.

10. Hall I.R., Perley C. Afforestation of abandoned farmland with conifer seedlings inoculated with three ectomycorrhizal fungi – impact on plant performance and ectomycorrhizal community. *Symbiotic Systems NZ Ltd*, 2008. 69 p.

11. Hagerman S., Durall D.M. Ectomycorrhizal colonization of greenhouse-grown Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) seedlings by inoculum associated with the roots of refuge plants sampled from a Douglas-fir forest in the southern interior of British Columbia. *Canadian journal of botany*. 2004. № 82 (6). P. 742-751.

Mycorrhiza and Polymer Materials Using Efficiency in Growing Pine Seedlings in Arid Conditions

S.N. Kryuchkov¹, D.S-Kh.N., A.V. Vdovenko², K.S-Kh.N., associate professor,
A.V. Zarubina², assistant, S.A. Egorov¹, research engineer –

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 Avenue, 97, Volgograd, Russia

²Volgograd State Agrarian University, 400062, Universitetskiy Avenue, 26, Volgograd, Russia

Dry-steppe areas of the Volgograd region are characterized by unfavorable conditions for the cultivation of protective forest stands and planting material in nurseries. In areas with sandy and sandy loam soils, pine is grown, occupying up to 40% of the newly created forest reclamation plantings. Low survival rate and complete death of pine seedlings are often noted. One of the reasons for drying out is the poor quality of the planting material associated with the seed zoning rules violation, breeding achievements ignoring, as well as planting non-mycorrhizal seedlings. The pine tree is a highly trophic species, which requires interaction with the fungus for its successful development from the first year. Therefore, studies of mycorrhizal formation on the roots of pine seedlings in arid conditions with artificial mycorrhizal soil are relevant. The scientific novelty of agricultural technology is the new polymer hydrogels and mulching fabric materials use that promote mycorrhizal formation in a more humid environment in the absence of weeds. The research aim is to study the qualitative characteristics of mycorrhizal pine seedlings and the polymer materials influence on the fungus development in improved growing conditions. The use of this agricultural technique increased the standard mycorrhizal seedlings production by 70 % and significantly increased their viability. The use of experimental planting material in the plantings of the Kamyshinsky forestry production in the dry 2016 year provided survival rate of 85 %, and autumn safety of 53 %, which is 6-10 times higher than in the variant with non-mycorrhizal seedlings.

Keywords: agrotechnics, pine, nursery, mycorrhiza, seedlings, polymers, hydrogel

Translation of Russian References:

1. Burtsev D.S. *Zarubezhnyy opyt iskusstvennoy mikorizatsii seyantsev lesnykh drevesnykh porod s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Foreign experience of artificial

mycorrhization of seedlings of forest tree species with a closed root system]. *Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry*. 2014. No. 1. pp. 47-64. (In Russian)

2. Iozus A.P., Zav'yalov A.A., Boyko S.YU. *Osobennosti vliyaniya mikorizy na prizhivayemost' i biokhimicheskiy sostav seyantsev sosny obyknovnoy v sukhoy stepi Nizhnego Povolzh'ya* [Features of the influence of mycorrhiza on the survival rate and biochemical composition of Scots pine seedlings in the dry steppe of the Lower Volga region]. *Successes of modern natural science*. 2019. №. 6. pp. 23-27. (In Russian)

3. Lobanov N.V. *Mikotrofnost' drevesnykh rasteniy* [Mycotrophy of woody plants]. Moscow. *Forest industry*. 1971. 216 p. (In Russian)

4. Morozova Ye.V., Iozus A.P., Zelenyak A.K. *Osnovnyye rezul'taty i perspektivy selektsii i gibrizatsii khvoynykh drevesnykh porod dlya zashchitnogo lesorazvedeniya v sukhoy stepi Nizhnego Povolzh'ya* [The main results and prospects of selection and hybridization of coniferous trees for protective afforestation in the dry steppe of the Lower Volga region]. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2014. № 11-4. pp. 618-621. (In Russian)

5. Mattis G.YA. *Intensifikatsiya vyrashchivaniya posadochnogo materiala dlya zashchitnogo lesorazvedeniya* [Intensification of the cultivation of planting material for protective afforestation]. Moscow. *Forest industry*. 1976. 144 p. (In Russian)

6. Mukhayev B.A. *Primeneniye polimerov a agroleso-melioratsii* [The use of polymers in agroforestry]. - Moscow: ed. RAAS. 1999.96 p. (In Russian)

7. Novosel'tseva A.I. and Smirnov N.A. *Spravochnik po lesnym pitomnikam* [Handbook of forest nurseries]. Moscow: *Forest industry*. 1983. 280 p. (In Russian)

8. Red'ko G.I., Otiyevskiy D.V., Nakvsina Ye.N., Romanov Ye.M. *Bioekologicheskiye osnovy vyrashchivaniya sosny i yeli v pitomnikakh* [Bioecological basis for growing pine and spruce in nurseries]. Moscow: *Forest industry*. 1983. 64 p. (In Russian)

9. Spurr S. G. *Forest ecology*: Trans. from the 3rd English ed. / Ed. Dyrenkova S. A., Barnes B. V.-M.: *Forest industry*. 1984. 480 p. (In Russian)

Цитирование. Крючков С.Н., Вдовенко А.В., Зарубина А.В., Егоров С.А. Эффективность использования микоризы и полимерных материалов при выращивании сеянцев сосны в засушливых условиях // Научно-агрономический журнал. 2021. №2(113). С. 34-38. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.005.34-38.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Citation. Kryuchkov S.N., Vdovenko A.V., Zarubina A.V., Egorov S.A. Mycorrhiza and Polymer Materials Using Efficiency in Growing Pine Seedlings in Arid Conditions. *Scientific Agronomy Journal*, 2021. 2(113). pp. 34-38. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.005.34-38

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

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Оценка пожароопасной обстановки в агролесоландшафтах Волгоградской области

Е.К. Верещагин, аспирант, м.н.с., лаборатория защитного лесоразведения и фитомелиорации низкопродуктивных земель – 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 работе проведен анализ основных причин возникновения пожаров на территории Волгоградской области, которая относится к регионам с продолжительным пожароопасным периодом. Объектами исследования являются участки степи Волгоградской области, поврежденные пирогенным фактором. Цель работы – анализ данных мониторинга возникновения и распространения пожаров за 2000-2020 годы на территории агролесоландшафтов Волгоградской области. В результате возгораний агролесоландшафтов существует большая вероятность распространения пожаров на близлежащие территории, вследствие чего наносится не только ущерб деятельности человека, но и окружающей среде. В статье представлены результаты распространения пожаров в агролесоландшафтах с использованием ресурса геоинформационных технологий (ГИС), применяемым для картографирования и анализа территории, мониторинга возникновения очагов пожаров, в том числе и в агролесоландшафтах. В данной работе выделены причины возникновения, нарастания и распространения пожаров в агролесоландшафтах. В заключении констатируется о повышающемся уровне пожароопасной обстановки на территории агролесоландшафтов в течение последних двадцати лет. Предлагается не только необходимость разработки профилактических мероприятий, направленных на снижение уровня распространения огня по территории агролесомелиоративных комплексов, но и дальнейшее изучение и анализ данной ситуации.

Ключевые слова: пожар, агролесоландшафт, геоинформационная система, карта, мониторинг, оценка.

Поступила в редакцию: 28.04.2021

Принята к печати: 25.05.2021

В настоящее время лесные пожары являются достаточно часто возникающим явлением, причинами которого служат как умышленные поджоги и неосторожное обращение с огнем, так и нарушения правил пожарной безопасности, удары молний, а также самовозгорание сухой растительности [9]. Пожары в агролесоландшафтах наносят ущерб не только лесному, но и сельскому хозяйствам [8].

При этом природные пожары, происходящие на территории агролесоландшафтов не достаточно хорошо изучены, а исследования пожарного режима нелесных территорий и сельскохозяйственных земель встречаются довольно редко [2]. В Волгоградской области количество лесных пожаров за последнее время увеличилось на одной и той же территории [10]. Особо сложная ситуация складывалась на территории Волгоградского, Даниловского, Светлоярского, Урюпинского, Ольховского и Калачевского лесничеств. В основном, к возникновению огня были причастны люди. В 2018 году режим чрезвычайной пожароопасности продолжался 110 дней, что почти на 40 % выше среднесноголетнего пожароопасного периода, который составляет около 80 суток [11].

Для оценки и прогноза возгораний, а также минимизации ущерба от пожаров в настоящее время используют геоинформационные системы, которые предназначены не только для выявления пожароопасных мест на карте, но и проведения мониторинга лесных пожаров, а именно контроля над возникновением, развитием, локализации и

тушением пожаров [4].

Объектом исследования являются подверженные пирогенному фактору участки степи и лесных полос, образующих агролесоландшафт, расположенный на территории Волгоградской области.

Лесные массивы Волгоградской области отнесены к первой группе, имеющие значение для природоохранных функций: водорегулирующих, почвозащитных, санитарно-гигиенических, рекреационных [1]. При этом около 35 % – искусственные лесополосы, созданные путем посадки сеянцев вдоль дорог, окруженных полями [7].

Материалы и методика исследований. Для проведения анализа использованы сведения и статистические данные из ресурса ГИС ландшафтных пожаров Волгоградской области, разработанной сотрудниками ФНЦ агроэкологии РАН [11]. Данная система включает в себя сведения спутника Landsat, а также прибора MODIS, установленного на спутниках Terra и Aqua с помощью продукта обработки информационных ресурсов FIRMS. В данной программе на основе визуального дешифрирования спутниковых снимков Landsat представлены данные о выгоревших площадях за 2001-2018 гг., а также информационные продукты детектирования очагов активного горения FIRMS и автоматизированного определения гарей MCD64A1 за 2001-2018 гг. Материалами исследования являются статистические данные, взятые из картограммы очагов горения по муниципальным образованиям [3].

Результаты и их обсуждения. На картограммах различными цветами обозначены самые пожароопасные месяцы. Из картограммы видно, что в Волгоградской области преобладает август как самый пожароопасный месяц в году, а в апреле большая доля степных пожаров приходит-

ся на западную часть нашего региона (рисунок 1). Меньшая доля наблюдается в марте и июне. Особенно большая часть от всех степных пожаров отмечается в юго-восточной части области: Урюпинский, Новоаннинский, Киквидзенский и Еланский районы [1].

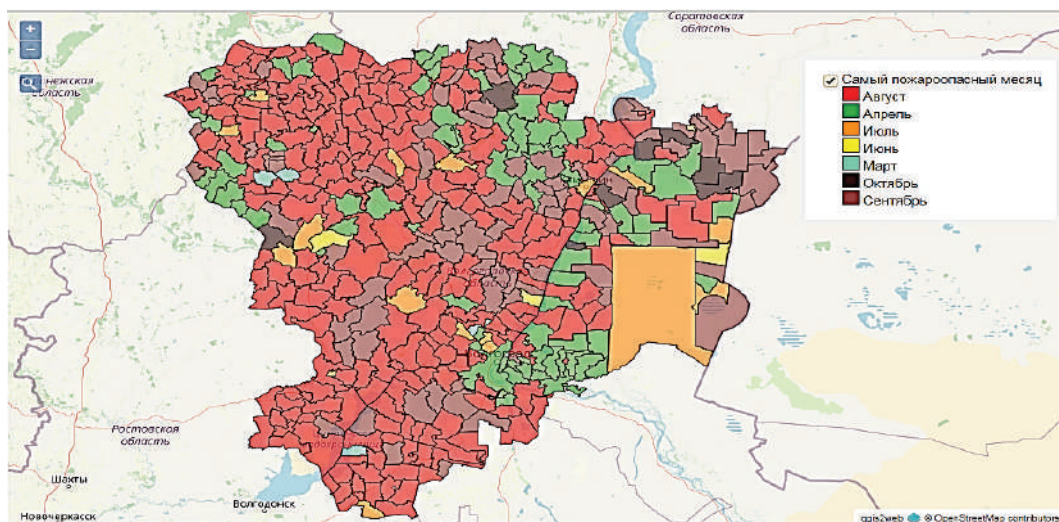


Рисунок 1 – Картограмма очагов горения по муниципальным образованиям Волгоградской области (данные MODIS) 2000-2018 года

На рисунке 2 представлена картограмма очагов горения по районам Волгоградской области, составленная по данным системы MODIS. На картограмме видно, что каждому цвету района Волгоградской области соответствует какое-то опре-

деленное значение среднегодовой плотности термоточек на км², где цвета холодных оттенков соответствуют минимальным значениям, а теплых, соответственно, максимальным.

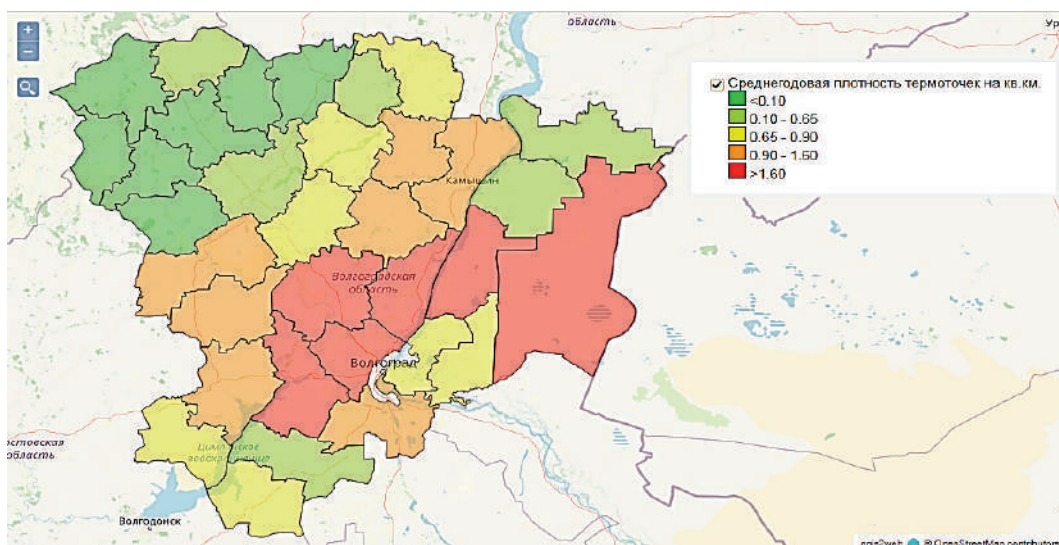


Рисунок 2 – Картограмма очагов горения по районам Волгоградской области (данные MODIS) 2000-2018 года

По данной картограмме можно судить, что большее количество очагов горения на единицу площади было в Калачевском, Городищенском, Иловлинском, Дубовском, Быковском и Палласовском районах. В северо-восточной части Волгоградской области плотность термоточек имеет минимальные значения – менее 0,10 т на км², а самым пожароопасным месяцем является август. Максималь-

ное значение отмечается в Палласовском районе – среднегодовая плотность термоточек 16,898 т на км² (самый пожароопасный месяц – июль), что объясняется климатическими особенностями западной части нашего региона, а минимальное в Урюпинском – 0,017 т на км².

По данным картограммы очагов горения по районам составлена таблица 1.

Таблица 1 – Показатели плотности термоточек по районам Волгоградской области (данные MODIS) 2000-2018 года

Районы	Плотность термоточек по самым пожароопасным месяцам, %								Среднегодовая плотность термоточек на кв. км
	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	
Алексеевский	12	15	1	-	9	35	21	5	0,043
Быковский	5	19	2	2	14	24	24	9	3,601
Городищенский	8	13	2	4	15	35	18	6	1,664
Даниловский	2	21	6	1	9	30	21	9	0,696
Дубовский	3	9	3	3	11	33	27	11	1,915
Еланский	1	20	3	1	7	38	18	10	0,063
Жирновский	3	25	6	1	5	26	21	13	0,752
Иловлинский	6	15	3	2	14	30	21	9	2,800
Калачевский	5	11	1	2	15	34	19	12	2,285
Камышинский	7	17	4	2	11	28	24	6	1,593
Киквидзенский	2	15	3	-	12	42	16	8	0,053
Клетский	4	7	1	-	9	40	31	7	1,281
Котельниковский	6	7	-	-	15	39	18	14	0,664
Котовский	5	30	4	3	4	20	25	8	1,502
Ленинский	16	49	4	2	4	9	8	6	0,677
Михайловский	4	16	3	3	13	34	17	10	0,236
Нехаевский	13	27	4	-	8	24	16	5	0,032
Николаевский	5	25	4	3	11	18	21	11	0,567
Новоаннинский	4	18	3	1	13	40	12	8	0,070
Новониколаевский	4	26	3	-	6	35	16	9	0,109
Октябрьский	4	6	1	-	10	36	27	16	0,497
Ольховский	3	10	2	1	5	36	31	11	1,579
Палласовский	1	4	1	8	38	30	14	4	16,898
Кумылженский	10	18	3	1	13	30	17	7	0,078
Руднянский	2	19	2	-	6	26	27	17	0,615
Светлоярский	10	12	2	4	10	34	20	8	1,192
Серафимовичский	8	14	2	4	15	33	15	7	0,941
Среднеахтубинский	16	39	5	3	7	15	12	3	0,682
Старополтавский	3	16	4	2	7	21	30	16	0,432
Суровикинский	6	12	1	1	11	34	21	13	1,516
Урюпинский	8	17	2	1	13	33	17	10	0,017
Фроловский	3	12	2	2	8	39	25	8	0,866
Чернышковский	5	9	1	1	10	44	22	9	0,844

На картограммах 3 и 4 выделены теми же цветами районы Волгоградской области, как и в предыдущем случае, только вместо значений среднегодовой плотности термоточек, мы имеем значения

площадей и количества степных пожаров за 2000-2018 года наблюдений (рисунки 3,4), где цвета районов соответствуют значениям среднегодовой площади пожаров [3].

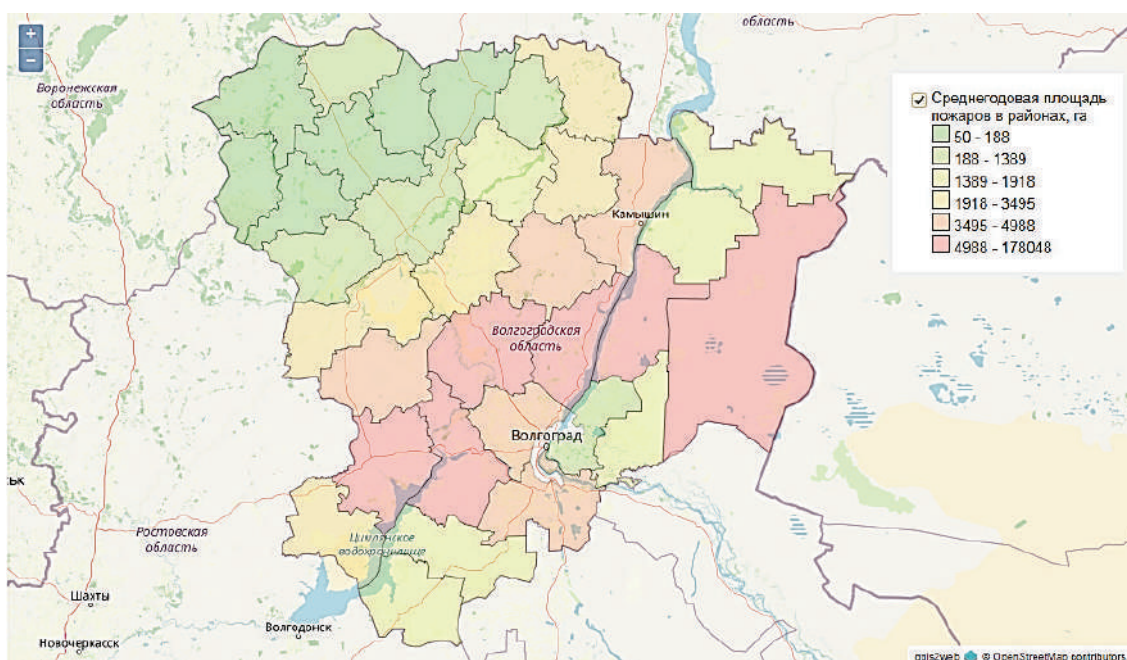


Рисунок 3 – Картограмма площадей пожаров (в гектарах) в районах Волгоградской области (данные Landsat) 2000-2018 года

Сравнивая рисунки 2, 3 и 4 прослеживается непосредственная прямая взаимосвязь среднегодовой плотности термоточек на среднегодовую площадь и среднегодовое количество пожаров в районах. Исходя из этого, максимальное значение среднегодовой площади и среднегодового количества степных пожаров отмечается в Палласовском районе площадью 178048 га (максимальное годовое значение наблюдалось в 2001 году – 473526 га.) количеством 17 (максимальное годовое значение наблюдалось в 2019 году – 154 пожара). Вслед-

ствие достаточно большой площади выгоревшего полигона степи в Палласовском районе также зафиксированы максимальные значения площади за рассматриваемый трёхлетний период наблюдений (таблица 3). Минимальное среднегодовое значение площади наблюдалось в Урюпинском районе и составило 50 га (максимальное годовое значение было отмечено в 2005 году – 304 га) среднегодовым количеством пожаров 0 раз (максимальное значение зафиксировано в 2015 году – 2 степных пожара) [11].

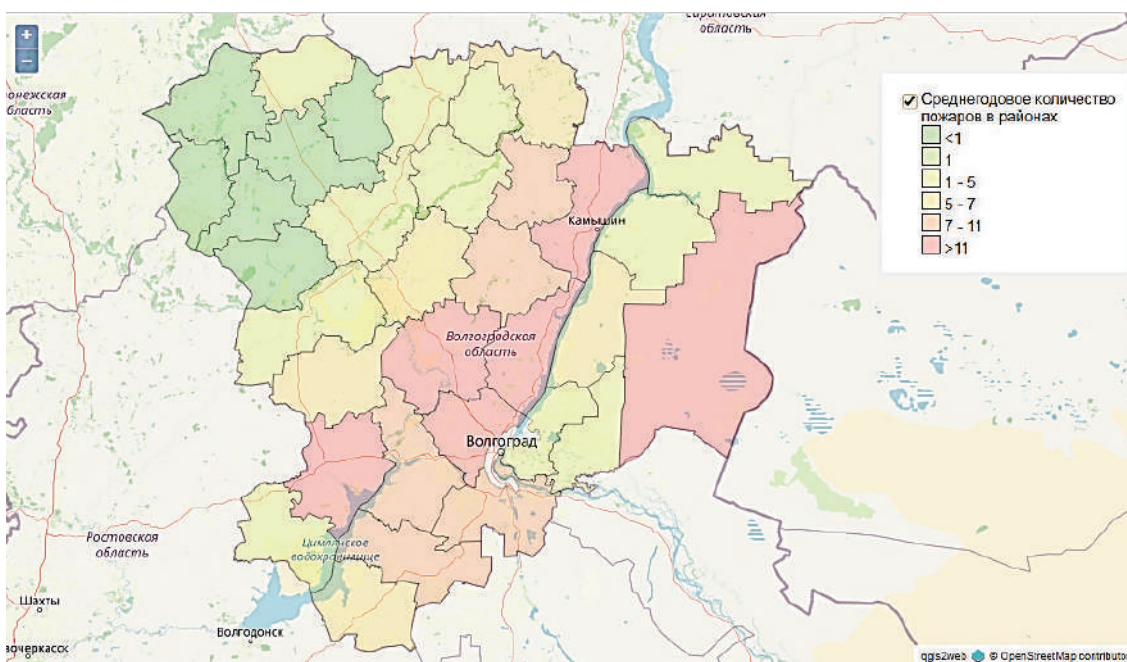


Рисунок 4 – Картограмма количества пожаров в районах Волгоградской области (данные Landsat) 2000-2018 года

Для определения современных тенденций в развитии пожаров были собраны статистические данные площадей степных пожаров по районам Волгоградской области за 2015 – 2020 гг. (результаты представлены в таблице 2).

Анализируя полученные данные, видно, что максимальная пожароопасная ситуация сохраняется в Палласовском районе, который является самым протяженным в Волгоградской области, причем ситуация оставалась неизменной в течение наблюдаемого периода. Проведенное картографирование позволило получить сведения не только о количестве возгораний, но и о площадях пожаров по районам Волгоградской области. Сведения, полученные в ходе анализа возгораний агролесоландшафтов по районам Волгоградской области, позволяют сформулировать некоторые аспекты возникновения и распространения пожаров по их территориям. Пространственная закономерность развития пожаров обусловлена неоднородностью рельефной структуры и системой ведения сельского хозяйства. Возникновение пожаров подчиняется периодичности и сезонности, а их наибольшее распространение происходит в августе-сентябре.

Динамика ландшафтных пожаров характеризуется пространственной изменчивостью, при этом они могут распространяться на одной и той же территории с различной силой. Учет суммарных площадей пожаров в разрезе отдельных лет позволяет оценить динамику распространения и нанесения вреда пожарами за многолетний период.

При этом полученные данные анализа пожароопасной ситуации неоднородны по годам. Эта неоднородность может быть объяснена различными признаками. Так, в зависимости от климатических условий на участке возгорания и распространения пожара, площади рассматриваемого участка данный признак является «случайной» характеристикой возгорания и распространения пожара, а также участки различаются в пространственной структуре, так как встречаются комбинированные площади, состоящие из сельскохозяйственных земель и земель других типов.

Так, в Волгоградской области отмечены районы, на территории которых возгорание и распространение пожаров в агролесоландшафтах происходит единичными случаями в течение всего анализируемого периода. Встречаются и такие районы, в которых практически все территории ощутили на себе негативное влияние пирогенного фактора в той или иной степени.

Наименьшей площадью возгорания и распространения пожаров отмечены такие районы, на территории которых распаханность земель составляет более 70 %, следовательно, меньше земель, находящихся в заброшенном состоянии с разнообразными фитоценозами и сомкнутостью растительного покрова, образующих сухие степи и солонцы, а также имеются котловины, которые по структуре являются мелководно-озерными.

Статистические данные по Волгоградской области за последние двадцать лет характеризуются тенденцией, что наибольшее количество возгораний и распространения ландшафтных пожаров происходит в степной зоне области, чем в лесных массивах. Соответственно одним из эффективных мероприятий по снижению уровня пожаров степных территорий, является их распаханность и ведение на них сельского хозяйства.

Как правило, пожары в агролесоландшафтах возникают случайно, а их распространению способствуют различные факторы, среди которых кроме погодных-климатических условий можно выделить структуру и состояние растительности, естественные и антропогенные факторы, а также применяемые мероприятия противопожарного характера. Также совместно с этим, анализ многолетних статистических данных способствует тому, чтобы минимизировать годовые вариации значений, которые возникают по разным причинам, а также определить периодичность и провести оценку пространственных закономерностей при распространении пожаров.

Таким образом, используемый анализ статистических данных о возгорании и распространении пожаров способствует построению системы оценки совокупности всех факторов развития пожаров. Данную систему оценки для наглядности можно представить в виде блоков или схем, которую планируется создать в дальнейшем при проведении более детальных исследований о пожароопасной ситуации в районах Волгоградской области.

В ходе проведения оценки пожароопасной ситуации на территории Волгоградской области необходимо остановиться на предполагаемых факторах возгорания и распространения пожаров степных массивов. Активизация пожаров в агролесоландшафтах обусловлена отчетливо выраженной динамикой факторов в социально-экономической и производственной деятельности, которые происходят с учетом изменения погодных-климатических факторов [5].

Выделяют несколько ощутимо значимых факторов, которые активно влияют на возгорания и распространение пожаров:

1. Выжигание травостоя, которое способствует увеличению и улучшению качества кормовых травяных угодий, что в свою очередь способствует уменьшению нагрузки на пастбищные угодья.

2. Наличие обширного фонда земель, которые мало востребованы и являются в качестве залежей разных возрастов [4].

3. Современные тенденции к повышению температурного режима и количества осадков (например, глобальное потепление), которые напрямую влияют не только на рост и развитие растительных сообществ, но и направлены в сторону повышения погодных показателей в пожароопасный период [13].

4. Распад СССР и кризис в стране в конце 90-х годов XX века привел к сокращению сельскохо-

зьяйственных угодий, в результате чего сформировались брошенные земли с разнообразными фитоценозами, на которых возникают и распространяются пожары [6].

5. На степень распространения пожаров оказывает влияние снижение поголовья скота в от-

расли животноводства. Данная отрасль косвенно влияет на распространение пожаров, так как животные вытаптывают растительные сообщества, а их часть поедается как во время выпаса, так и при заготовке кормов [9].

Таблица 2 – Статистические данные площадей степных пожаров по районам Волгоградской области за 2015 – 2020 года, га (данные Landsat)

Районы	Годовая площадь пожаров, га						Суммарная площадь пожаров 2015...2020 г.
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Алексеевский	25	-	-	-	54	36	115
Быковский	418	5575	8268	92	456	231	15040
Городищенский	987	572	6053	106	623	547	8888
Даниловский	506	-	825	-	352	706	2389
Дубовский	326	-	16260	141	-	593	17320
Еланский	106	-	-	-	569	723	1398
Жирновский	87	-	-	-	421	320	828
Иловлинский	256	-	8893	1192	5634	639	16614
Калачевский	8574	4286	13552	630	529	1563	29134
Камышинский	364	-	110	1234	246	643	2597
Киквидзенский	-	-	-	-	56	234	290
Клетский	-	-	1998	1764	-	1657	5419
Котельниковский	56	-	-	-	97	368	521
Котовский	239	436	485	-	357	-	1517
Ленинский	189	1	641	796	541	289	2457
Михайловский	496	-	1590	29	-	567	2682
Нехаевский	53	-	-	-	67	256	376
Николаевский	-	-	5967	-	658	723	7348
Новоаннинский	23	-	-	-	65	-	88
Новониколаевский	51	-	-	-	-	189	240
Октябрьский	-	-	24	-	179	-	203
Ольховский	57	18	4085	14	259	853	5286
Палласовский	56987	308594	186944	43089	25985	81569	703168
Кумылженский	73	-	-	-	65	268	406
Руднянский	-	87	-	206	-	-	293
Светлоярский	965	1198	600	-	365	257	3385
Серафимовичский	39	-	-	-	-	56	95
Среднеахтубинский	856	-	1553	-	578	-	2987
Старополтавский	86	33	2133	842	1457	836	5387
Суровикинский	654	-	1955	529	752	637	4527
Урюпинский	98	-	-	-	68	149	315
Фроловский	568	2646	-	395	-	259	3868
Чернышковский	264	-	354	-	143	89	850

Последовательное накопление мортмассы, нарастающее по мере восстановления растительности, явилось наиболее значимой и объяснимой причиной резкой активизации ландшафтных пожаров с начала 2000-х годов. При недостаточном или нерегулярном использовании пастбищных угодий обычной практикой является целенаправленное выжигание сухого травостоя для улучшения продуктивности выпасаемых земель. Негативная экономическая ситуация конца XX столетия также привела к сокращению площадей пахотных земель и образованию обширных массивов разновозрастных залежей. Особенно этой тенденции подверглись периферийные районы, наиболее удаленные от административных центров и крупных населенных пунктов, к которым относятся и приграничные российско-казахстанские территории [12].

Длительный повышенный температурный фон и отсутствие значительных показателей атмосферных осадков является благоприятными условиями для возникновения и развития пожаров. Вместе с тем, эта зависимость не является «обязательной» в разрезе среднемесячных погодных метеорологических показателей. В данном аспекте важным фактором повышенной пожароопасности является аномальность серии среднесуточных показателей в сочетании с интенсивностью ветрового режима. В целом, среди рассмотренных факторов наиболее явным и объясняющим наблюдаемую активизацию пожаров в агролесоландшафтах Волгоградской области является резкое сокращение поголовья выпасаемого скота. Остальные факторы являются предполагаемыми и трудно оцениваемыми, как по отдельности, так и во взаимосвязи.

Таким образом, полученные данные демонстрируют общую проблему агролесоландшафтов, заключающуюся в накоплении степного войлока и высокой уязвимости ландшафтным пожарам, несмотря на предпринимаемые противопожарные мероприятия.

Заключение. Представленный анализ доступных космических изображений Landsat за период проведения исследования свидетельствует о резком увеличении количества и площади пожаров в отдельных районах Волгоградской области. Это связано не только сокращением сельскохозяйственных угодий и отрасли животноводства, но и с увеличением площадей неиспользуемых пахотных угодий и формированием обширных массивов залежных земель в результате чего происходит накопление растительно-поверхностных остатков и ветоши, которые способствуют систематическому возникновению и обширному распространению пожаров на территориях, где они ранее практически не отмечались. С учетом сложившейся ситуации, можно предположить, что дальнейшее возникновение и распространение пожаров будет оставаться на достаточно высоком уровне и в целом будет лимитироваться погодными условиями отдельных лет. Нарастание частоты возникновения и площадей распространения пожаров может инициировать серию взаимосвязанных структурно-динамических

преобразований в ландшафтах и экосистемах, обусловленных трансформацией травянистых фитоценозов, деградацией древесных и кустарниковых элементов сообществ. Все это свидетельствует о необходимости проведения исследований, связанных с анализом пространственно-временной структуры пожарных явлений и комплексным изучением их экологических последствий.

Литература:

1. Бабшко О.И. Мелиоративная эффективность полезащитных лесных полос / О.И. Бабшко, В.В. Танюкевич // Природообустройство. 2014. №3. С. 42-45.
2. Валендик Э.Н. Борьба с крупными лесными пожарами / Э.Н. Валендик. – Новосибирск: Наука, 1990. 193 с.
3. ГИС ландшафтных пожаров [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fires34.ru/> (дата обращения 01.05.2021)
4. Ивонин В.М. Адаптивная лесомелиорация степных агроландшафтов: изд. 2-е, исправленное и дополненное / В.М. Ивонин, В.В. Танюкевич; под ред. В.М. Ивонина. – Москва: Вузовская книга, 2011. 240 с.
5. Кириллов С.Н. Основные тенденции возникновения ландшафтных пожаров на территории России и Волгоградской области / С.Н. Кириллов, Е.В. Егорова // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3. Экономика. Экология. 2012. № 1 (20). С. 298-304.
6. Коган Р.М. Комплексный индекс напряженности пожароопасных сезонов на основе функций желательности / Р.М. Коган, В.А. Глаголев // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16. № 1(3). С. 413-416.
7. Лесной план Волгоградской области на 2009–2018 годы. Утвержден постановлением Главы Администрации Волгоградской области от 11 февраля 2009 г. № 144. 290 с.
8. Пугачева А.М. Агролесомелиоративные системы – основа развития земледелия / А.М. Пугачева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. №1. С. 227-237.
9. Халявкин Б.В. Лесные пожары как современная проблема в России / Б.В. Халявкин // Наука и современность. 2013. № 23. С. 143-153.
10. Шинкаренко С.С. Анализ многолетней динамики степных пожаров в Волгоградской области / С.С. Шинкаренко, А.Н. Берденгалиева // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 98-110.
11. Шинкаренко С.С. Мониторинг ландшафтных пожаров в Волгоградской области по данным очагов активного горения / С.С. Шинкаренко, О.Ю. Кошелева, А.Н. Берденгалиева, К.А. Олейникова // Природные системы и ресурсы. 2018. №3. С. 59-66.
12. Шинкаренко С.С. Пожарный режим ландшафтов мезоэктона Малый Сырт – Прикаспийская низменность / С.С. Шинкаренко, В.В. Дорошенко, А.Н. Берденгалиева // Научно-агрономический журнал. 2020. №2. С. 30-34. DOI: 10.34736/FNC.2020.109.2.005.30-34
13. Шунькина Е.А. Оценка влияния климатических изменений на возникновение и распространение лесных пожаров на Северо-Западе России // Лесохозяйственная информация. 2015. № 4. С. 39-45.
14. Дубенок Н.Н., Танюкевич В.В., Доманина О.И., Кулик А.К. Влияние ландшафтных пожаров на мелиоративную эффективность полезащитных насаждений степного Придонья // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 3. С. 33-35.

Fire Hazardous Situation Assessment in Agroforestry Landscapes of the Volgograd Region

E.K. Vereshchagin, postgraduate student, junior researcher, laboratory of protective afforestation and phytomelioration of low-productive 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 Avenue, 97, Volgograd, Russia

An analysis of the main causes of fires in the Volgograd region, which belongs to fire hazardous regions with a long-lasting fire hazard period carried out in the work. The research objects were the steppe areas of the Volgograd region damaged by the pyrogenic factor. The purpose of the work was to analyze the data of the occurrence and spread of fires monitoring for 2000-2020 on the territory of agroforestry landscapes of the Volgograd region. As a result of agroforestry landscapes ignition, fires are likely to spread to nearby areas, causing not only damage to human activities but also to the environment. The article presents the results of the fires spread in agroforestry landscapes using the program of geoinformation systems (GIS), which is a modern computer program used for the territory mapping and analysis, the occurrence of fire centers monitoring, including in agroforestry landscapes. In this paper, the causes of the occurrence, growth and spread of fires in agroforest landscapes are identified. In conclusion, it is stated about the increasing level of fire hazard in the territory of agroforest landscapes over the past twenty years. It is proposed not only the need to develop preventive measures aimed at reducing the level of fire spread across the territory of agroforestry complexes, but also further study and analysis of this situation.

Keywords: fire, agroforestry landscape, geographic information system, map, monitoring, assessment

Translation of Russian References:

1. Baboshko O.I., Tanyukevich V.V. *Meliorativnaya effektivnost' poleza-shchitnykh lesnykh polos* [Reclamation efficiency of field protection forest belts] *Prirodoobustroystvo*. 2014. №3. p. 42-45. (In Russian)
2. Valendik E.N. *Bor'ba s krupnymi lesnymi pozhamami* [Fighting large forest fires] / Novosibirsk: Nauka, 1990. 193 p.
3. *GIS landshaftnykh pozharov* [GIS of landscape fires]. Available from: <http://fires34.ru/> accessed date: 01.05.2021.
4. Ivonin V.M., Tanyukevich V.V. *Adaptivnaya lesomelioratsiya stepnykh agro-landshaftov*: [Adaptive forest reclamation of steppe agrolandscapes: 2nd edition, corrected and supplemented]. Moscow: Vuzovskaya kniga Publ. house University book, 2011. 240 p. (In Russian)
5. Kirillov S.N., Yegorova Ye.V. *Osnovnyye tendentsii vozniknoveniya land-shaftnykh pozharov na territorii Rossii i Volgogradskoy oblasti* [Main trends of occurrence of landscape fires in Russia and the Volgograd Region]. *Journal*

of Volgograd State University. Series 3. Economy. Ecology. 2012. № 1 (20). pp. 298-304. (In Russian)

6. Kogan R.M., V.A. Glagolev. *Kompleksnyy indeks napryazhonnosti pozharoопасnykh sezonov na osnove funktsiy zhelatel'nosti* [Complex index of intensity of fire-dangerous seasons on the basis of desirability functions] *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAS*. 2014. Vol. 16. № 1(3). pp. 413–416. (In Russian)

7. *Lesnoy plan Volgogradskoy oblasti na 2009–2018 gody. Utverzhden postanovleniyem Glavy Administratsii Volgogradskoy oblasti ot 11 fevralya 2009* [Forest plan of the Volgograd region for 2009–2018. Approved by the Head of Administration of the Volgograd region on February 11, 2009]. № 144. 290. (In Russian)

8. Pugacheva A.M. *Agrolesomeliorativnyye sistemy – osnova razvitiya zemledeliya* [Agroforestry meliorative systems as basis of agriculture development.] *Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: Science and higher vocational education*. 2018. №1. pp. 227-237. (In Russian)

9. Khalyavkin B.V. *Lesnyye pozhary kak sovremennaya problema v Rossii* [Forest fires as a modern problem in Russia]. *Science and Modernity*. 2013. № 23. pp. 143-153. (In Russian)

10. Shinkarenko S.S., Berdengaliyeva A.N. *Analiz mnogoletney dinamiki stepnykh pozharov v Volgogradskoy oblasti* [Analysis of the long-term dynamics of steppe fires in the Volgograd region] *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2019. Vol. 16. No. 2. pp. 98-110. (In Russian)

11. Shinkarenko S.S., Kosheleva O.Yu., Berdengaliyeva A.N., Oleynikova K.A. *Monitoring landshaftnykh pozharov v Volgogradskoy oblasti po dannym ochagov aktivnogo goreniya* [Monitoring of landscape fires in the Volgograd region according to the data of active combustion foci] *Natural Systems and Resources*. 2018. No. 3. pp. 59-66. (In Russian)

12. Shinkarenko S.S., Doroshenko V.V., Berdengaliyeva A.N. *Pozharnyy rezhim landshaftov mezoekotona Malyy Syrt – Prikaspiyskaya nizmennost'* [Fire regime of mesoecotone landscapes of the Maly Syrt – Caspian lowland] *Scientific Agronomy Journal*. 2020. №2. pp. 30-34. DOI: 10.34736/FNC.2020.109.2.005.30-34. (In Russian)

13. Shun'kina Ye.A. *Otsenka vliyaniya klimaticheskikh izmeneniy na vozniknoveniye i rasprostraneniye lesnykh pozharov na Severo-Zapade Rossii* [Assessment of the impact of climate change on the occurrence and spread of forest fires in the North-West of Russia] *Forestry information*. 2015. № 4. pp. 39-45. (In Russian)

14. Dubenok N.N., Tanyukevich V.V., Domanina O.I., Kulik A.K. *Impact of landscape fires on the reclamation efficiency of field-protective plantings of the steppe Pridonye*. *Vestnik of the Russian agricultural Science*. 2017. № 3. P. 33-35. (In Russian)

Цитирование. Верещагин Е.К. Оценка пожароопасной обстановки в агролесоландшафтах Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2021. №2(113). С. 39-46. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.006.39-46

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Citation. Vereshchagin E.K. Fire Hazardous Situation Assessment in Agroforestry Landscapes of the Volgograd Region. *Scientific Agronomy Journal*, 2021. 2(113). pp.39-46. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.006.39-46

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. Authors declare no conflict of interest.

Факторы формирования и элементы химического состава водоемов Кумо-Маньчской впадины

В.И. Иванова, к.б.н., с.н.с., v_bambeeve@mail.ru, **Г.Н. Кониева**, к.с.-х.н., в.н.с. – Калмыцкий филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова», 358011, г. Элиста, площадь Городовикова, д. 1, Республика Калмыкия, Россия

В связи с аридностью климата Республики Калмыкия, засоленностью почв, подземных вод, увеличением площади солончаков и распространением соленых озер, которые недостаточно изучены, необходимы исследования водоемов и прилегающих к ним ландшафтов, включающие мониторинг водных объектов, проведение полевых исследований и лабораторных опытов. Исследования в этих направлениях имеют не только практическое значение, но и большой теоретический интерес. Основной целью работы является проведение экологического мониторинга водных объектов Кумо-Маньчской впадины, разработка рекомендаций комплексного использования и оздоровления водохозяйственной обстановки водоемов. Материалом для данной работы послужили результаты полевых гидробиологических исследований и лабораторных экспериментов, проведенных с 2002 по 2020 гг. на водоемах Кумо-Маньчской впадины, которые обрабатывались в почвенно-аналитической лаборатории Калмыцкого филиала ФГБНУ «ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова». За период исследований 2002-2020 гг. диапазон минерализации воды в озере Большое Яшалтинское составлял 78-441 г/л, в озере Джама – 108-426 г/л в зависимости от количества осадков, испаряемости и подачи пресной воды, при этом наименьшая концентрация солей наблюдалась в весенний период, наибольшая – в конце лета.

Ключевые слова: минерализация воды, Кумо-Маньчская впадина, гидротермический коэффициент, состав ионов, площадь водной поверхности.

Поступила в редакцию: 19.05.2021

Принята к печати: 10.06.2021

Вода является одним из основных элементов биосферы, без которых невозможно существование любых живых организмов и осуществление технических и технологических операций. Вода, как никакой другой природный ресурс, является определяющим фактором состояния окружающей среды, социальной сферы и экономики. Так, она вовлекается в различные отрасли народного хозяйства – сельское хозяйство и промышленность, коммунально-бытовое хозяйство, развитие мероприятий для отдыха и спорта и др.

Кумо-Маньчская впадина расположена в южной европейской части аридного климатического пояса Российской Федерации, которая представляет собой уникальное образование тектонического происхождения с шириной 20–30 км, а в центральной части сужается до 1-2 км [1, 7, 9].

Водные ресурсы Республики Калмыкия изучали ряд ученых, такие как А.А. Базелюк, П.М. Лурье, В.Д. Панов (2010), Д.Г. Матишов, Ю.М. Гаргопа, О.И. Елисева (2010), С.С. Уланова (2011), Э.Б. Дедова, В.И. Иванова, Г.Н. Кониева (2020). Во многих работах большое внимание уделено водному хозяйству, мелиорации, орошению, обводнению земель, рациональному и эффективному использованию, питьевому водоснабжению. В последние годы актуален вопрос рационального водопользования, так как территория Калмыкии относится к мало водообеспеченным регионам страны, и все отрасли хозяйства республики ощущают дефицит водных ресурсов.

Анализ теоретических исследований показал, что водоемы Кумо-Маньчской впадины сформиро-

вались как реликтовые объекты во время хвалынской трансгрессии, связанной со сменой морского и речного режимов, в условиях резко континентального засушливого климата при остром дефиците атмосферных осадков, высокой сумме активных температур воздуха и интенсивных суховеях. Самым большим водоемом является озеро Маньч-Гудило, которое охраняется Конвенцией о водноболотных угодьях, имеющих международное значение. К северу и к юго-востоку от него находятся лиманные озера, такие как Подманок, Джама, Царык, Большое и Малое Яшалтинское, Грузское, Лебязье и др. [8, 10, 11].

Изучение функционирования природных уникальных экосистем водоемов Кумо-Маньчской впадины является актуальным направлением в экологии. Цель данной работы – проведение экологического мониторинга водных объектов Кумо-Маньчской впадины, разработка рекомендаций комплексного использования и оздоровления водохозяйственной обстановки водоемов.

Объекты и методы исследования. Материалом для данной работы послужили результаты экологического мониторинга водоемов Кумо-Маньчской впадины в период 2002-2020 гг. Отбор гидробиологических проб, количественный химический анализ вод проводили в соответствии с методиками Природоохранного нормативного документа федерального уровня, предел погрешностей при вероятности $P=0,95$ составляет $\pm 9-14\%$. В воде определяли: карбонат-ион (CO_3^{2-}), гидрокарбонат-ион (HCO_3^-), хлорид-ион (Cl^-), сульфат-ион (SO_4^{2-}), общая жесткость (ОЖ), кальций-ион (Ca^{2+}),

магний-ион (Mg^{2+}), калий и натрий-ионы (K^+ , Na^+), концентрация водородных ионов (pH), сухой остаток. Измерения факторов среды, обработку материалов проводили по методике изучения биогеоценозов внутренних водоёмов, математическую обработку данных проводили методами статистического анализа с применением программы STATISTIKA 10.0[4].

Результаты и обсуждение. Количество соленых озер, их акватория и уровень воды зависят от условий водности и в отдельные годы испытывают сильные колебания, вплоть до полного высыхания мелких озер и заметного сокращения размеров и глубин больших озер. При понижении уровня воды пресные озера становятся солоноватыми, солоноватые – соляными; при повышении уровня воды происходят обратные процессы. В целом водоемы характеризуются общими закономерностями, однако в них наблюдаются значительные различия продукционных показателей, которые настоятельно требуют проведения углубленных научных исследований.

Результаты экспедиционных исследований показали, что озера Кумо-Манычской впадины имеют четко выраженные крутые берега и плоское дно с соленосной глиной, которая покрывается кристаллами соли при высыхании озер в сухие

годы. Основное питание происходит за счет атмосферных осадков, талых и грунтовых вод [2, 3, 5, 6].

Озеро Джама, как и другие озера Манычской группы, имеет реликтовое происхождение и функционирует за счет выщелачивания слагающих впадину морских отложений поверхностными и грунтовыми водами, к концу лета может полностью или частично пересыхать. При этом площадь водной поверхности озера Джама в весенний период составляет соответственно 5 км², минерализация воды в годы исследований в зависимости от временного сезона года варьировала от 108 до 426 г/л.

Озеро Большое Яшалтинское является наиболее крупным из Манычской группы озер с площадью водной поверхности в межень 41,0 км². При экстремально высоком наполнении оз. Маныч-Гудило до отметок 15,52-15,5 м возможно поступление части его стока в озеро Большое Яшалтинское и образование единого водного зеркала с озером Малое Яшалтинское.

Результаты многолетнего мониторинга показали, что общая минерализация воды в оз. Большое Яшалтинское может достигать 441,3 г/л. Вместе с тем при подаче в водоем пресной воды по каналу РР-4 (Ростовский распределитель) Право-Егорлыкской оросительно-обводнительной минерализация может уменьшаться до 78,3-80,0 г/л (рис. 1).



Рис. 1 – Озеро Большое Яшалтинское, июнь 2020 года

Анионная составляющая озера Большое Яшалтинское представлена хлоридами (Cl^-) и сульфатами (SO_4^{2-}). В составе катионов преобладает натрий (Na^+), в небольшом количестве присутствуют магний (Mg^{2+}) и кальций (Ca^{2+}) (рис. 2).

Состав ионов и общая минерализация воды в озерах непрерывно меняются в зависимости от количества осенне-зимних осадков, испаряемости и подачи пресной воды. Эти изменения по продолжительности действия могут быть циклическими или сезонными и периодическими, и климатическими. При циклических изменениях наименьшая концентрация солей отмечается в весенний период (во время таяния снега) и наибольшая – в кон-

це лета. Химический состав воды изменяется от сульфатно-хлоридного магниево-натриевого до хлоридного натриево-магниевого.

Величина минерализации водоема Б. Яшалтинское Y_{IV-V} и $Y_{VI-VIII}$ в зависимости от гидротермического коэффициента (ГТК) (x) за период апрель-май описывается уравнением:

$$Y_{IV-V} = 124,90 + 162,36x - 140,07x^2,$$

а в июне-августе –

$$Y_{VI-VIII} = 798,52 - 1352,96x - 625,36x^2$$

Решение уравнений показывает, что наиболее сильная степень минерализации формируется в летний период при значении ГТК (x) 0,3-0,4 (рис. 3).

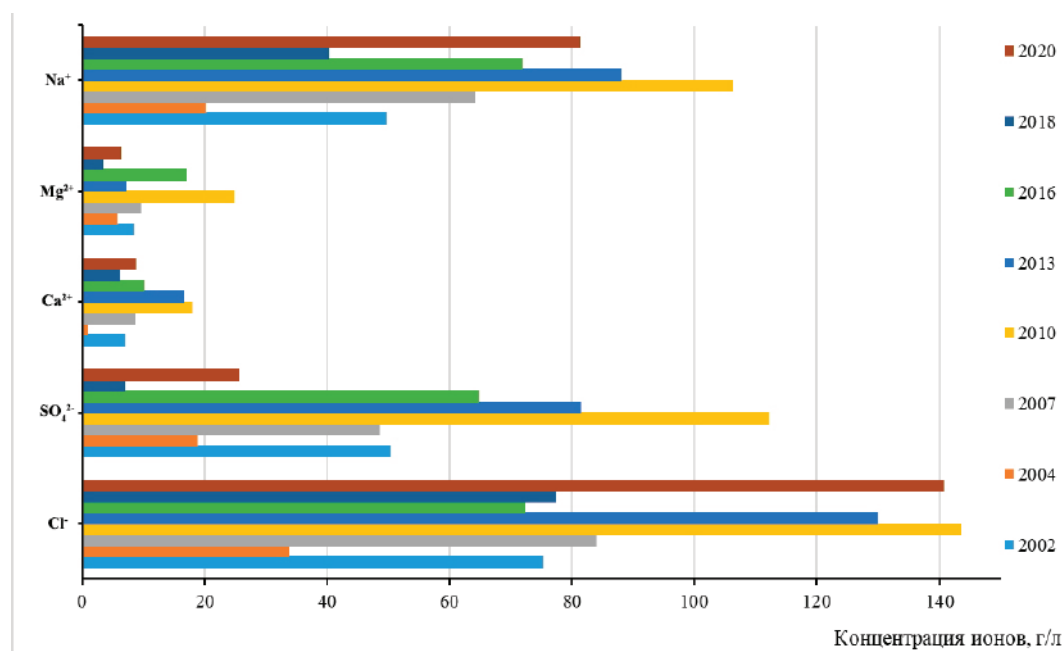


Рис. 2 – Динамика химического состава озера Большое Яшалтинское

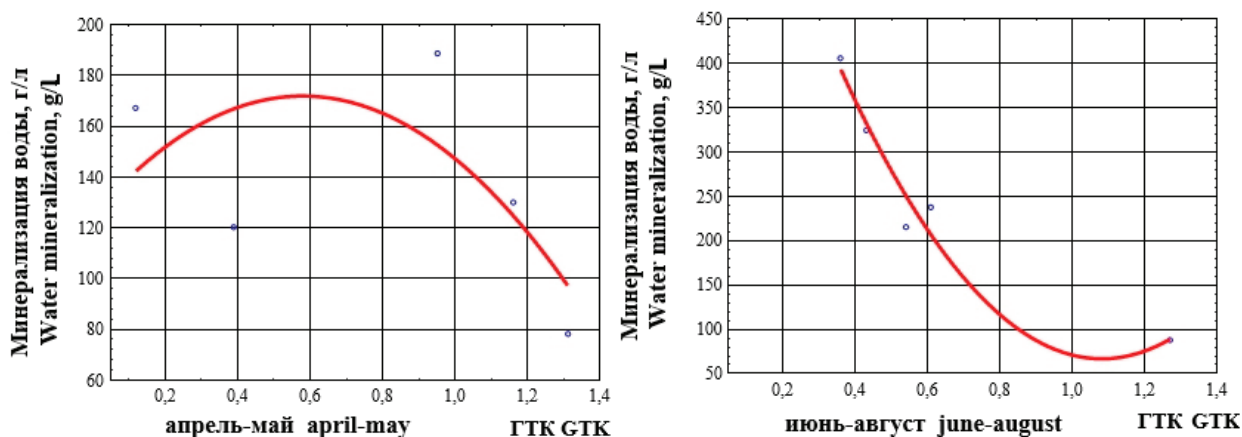


Рис. 3 – Степень минерализации воды в зависимости от гидротермического коэффициента (ГТК)

Заключение. Водоемы Кумо-Манычской впадины представляют собой уникальный географический объект, расположенный в степной зоне республики. Соленость воды озер претерпевает значительные межгодовые колебания, связанные с водностью. За период исследований были выявлены многоводные и маловодные периоды. Минерализация воды в озерах непрерывно меняется под действием гидрометеорологических условий. Как показали исследования, в разные годы озеро Большое Яшалтинское может быть мелководным, покрытым соляной коркой, а озеро Джамма – полностью пересошим соляным плато.

Литература:

1. Базелюк А.А., Лурье П.М., Панов В.Д. Гидрологический режим водохранилищ Кумо-Манычской впадины // Современное состояние и технологии мониторинга аридных и семиаридных экосистем юга России. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН. 2010. С. 80-92.
2. Бакташева Н.М., Дедова Э.Б., Иванова В.И., Кониева Г.Н. Экосистема гипергалинных водоемов Калмыкии. Элиста: ФГБОУ ВПО Калмгосуниверситет, 2015. 145 с.
3. Бамбеева В.И., Бакташева Н.М., Дедова Э.Б. Комплекс-

ная характеристика биоценоза гипергалинного водоема Калмыкии // Естественные науки. 2009. № 3. С. 20-24.

4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5 доп. и пер. Москва: Альянс, 2014. 351 с.

5. Дедова, Э.Б., Иванова В.И., Кониева Г.Н. Экологический мониторинг водоемов Кумо-Манычской впадины // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3.С. 50-56.

6. Иванова В.И., Кониева Г.Н. Геоботанические исследования территории западной зоны Калмыкии // Вестник Мичуринского аграрного университета. 2021. № 1 (64). С.60-63.

7. Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М., Елисеева О.И. Современный гидрохимический режим водоемов и водотоков Кумо-Манычской впадины в условиях изменения климата и антропогенных воздействий // Современное состояние и технологии мониторинга аридных и семиаридных экосистем юга России. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН. 2010. С. 102-113.

8. Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М., Орлова Т.А., Павельская Е.В. Многолетняя изменчивость гидрохимического режима водной системы Маныч-Чограй // Водные ресурсы. Т. 34. 2007. № 5. С. 560-564.

9. Панов В.Д., Базелюк А.А., Лурье П.М. Реки Западный и Вос-

точный Маныч. Ростов н/Д: Донской издат. дом. 2009. 431 с.

10. Степаньян О.В., Старцев А.В. Современное состояние биоты водоемов Кумо-Маньчской впадины: Усть-Маньчское, Веселовское, Пролетарское и Чограйское водохранилища (обзор) // Аридные экосистемы. 2014.

Т.20. №2(59). С. 56-69.

11. Ulanova S. The reservoirs of the Kuma-Manych depression in the territory of Kalmykia: regimen, ecotonic systems of the shores, and use // Applied problems of arid lands development. 2011. No. 2 (47). P. 33-45.

Factors of Formation and Elements of the Chemical Composition of Reservoirs of the Kuma-Manych Depression

V.I. Ivanova, K.B.N., senior researcher, v_bambeeva@mail.ru; G.N. Konieva, K.S.-Kh.N., leading researcher – Kalmyk Branch of Kostyakov All Russia Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, 358011, Gorodovikova Ploshchad 1, Elista, Republic of Kalmykia, Russia

Due to the aridity of the Republic of Kalmykia climate, the salinity of soils, underground waters, the increase in the area of salt marshes and the spread of salt lakes, which are insufficiently studied, it is necessary to study water reservoirs and adjacent landscapes, including monitoring of water objects, carrying out field studies and laboratory experiments. Research in these areas is not only of practical importance, but also of great theoretical interest. The main purpose of the work is to carry out environmental monitoring of water reservoirs of the Kuma-Manych depression, to develop recommendations for the integrated use and improvement of the water management situation of reservoirs. The material for this work was the results of field hydrobiological studies and laboratory experiments carried out from 2002 to 2020 on the reservoirs of the Kuma-Manych depression, which were processed in the soil-analytical laboratory of the Kalmyk Branch of Kostyakov All Russia Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation. During the research period of 2002-2020, the range of water salinity in Bolshoe Yashaltinskoye lake was 78-441 g/l, in Dzhamal lake -108-426 g/l, depending on the amount of precipitation, evaporation and fresh water supply, with the lowest salt concentration observed in spring, the highest – in late summer.

Keywords: water mineralization, Kuma-Manych depression, hydrothermal coefficient, ion composition, water surface area

Translation of Russian References:

1. Bazelyuk A.A., Lur'ye P.M., Panov V.D. *Gidrologicheskiy rezhim vodokhranilishch Kumo-Manychskoy vpadiny* [Hydrological regime of reservoirs in the Kuma-Manych depression]. *Sovremennoye sostoyaniye i tekhnologii monitoringa aridnykh i semi-aridnykh ekosistem yuga Rossii* [Current state and technologies for monitoring arid and semi-arid ecosystems in southern Russia]. Rostov-on-Don: SSC RAS. 2010. P. 80-92. (In Russian)

2. Baktasheva N.M., Dedova E.B., Ivanova V.I., Koniyeva G.N. *Ekosistema gipergalinnykh vodoyemov Kalmykii* [Ecosystem of hypergaline reservoirs of Kalmykia]. Elista: *Kalmyk State University*. 2015. 145 p. (In Russian)

3. Bambeyeva V.I., Baktasheva N.M., Dedova E.B. *Komplek-*

snaya kharakteristika biotsenoza gipergalinogo vodoyema Kalmykii [Complex characteristics of the hypergaline reservoir of Kalmykia biocenosis] *Yestestvennyye nauki [Natural sciences]*. 2009. № 3. pp. 20-24. (In Russian)

4. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Ed. 5 add. Moscow: 2014. 351 p. (In Russian)

5. Dedova, E.B., Ivanova V.I., Konyayeva G.N. *Ekologicheskiy monitoring vodoyemov Kuma-Manychskoy vpadiny* [Ecological monitoring of reservoirs of the Kuma-Manych depression] *Theoretical and Applied Ecology*. 2020. № 3.P. 50-56. (In Russian)

6. Ivanova V.I., Koniyeva G.N. *Geobotanicheskiye issledovaniya territorii zapadnoy zony Kalmykii* [Geobotanical studies of the western zone of Kalmykia territory] *Bulletin of Michurinsky Agrarian University*. 2021. No. 1 (64). pp. 60-63. (In Russian)

7. Matishov D.G., Gargopa YU.M., Yeliseyeva O.I. *Sovremennyy gidrokhimicheskiy rezhim vodoyemov i vodotokov Kumo-Manychskoy vpadiny v usloviyakh izmeneniya klimata i antropogennykh vozdeystviy* [Modern hydrochemical regime of reservoirs and watercourses of the Kuma-Manych depression in the conditions of climate change and anthropogenic impacts] *Sovremennoye sostoyaniye i tekhnologii monitoringa aridnykh i semi-aridnykh ekosistem yuga Rossii* [Modern state and technologies of monitoring of arid and semiarid ecosystems of the South of Russia]. Rostov-on-Don: SSC RAS. 2010. pp. 102-113. (In Russian)

8. Matishov D.G., Gargopa YU.M., Orlova T.A., Vel'skaya Ye.V. *Mnogoletnyaya izmenchivost' gidrokhimicheskogo rezhima vodnoy sistemy Manych-Chogray* [Long-term variability of the Manych-Chograi water system hydrochemical regime]. *Water Resources*. Vol. 34. 2007. no. 5. pp. 560-564. (In Russian)

9. Panov V.D., Bazelyuk A.A., Lur'ye P.M. *Reki Zapadnyy i Vostochnyy Manych* [The Western and Eastern Manych Rivers]. Rostov-na-Donu, "Donskoy" Publishing House. 2009. 431 p. (In Russian)

10. Stepan'yan O.V., Startsev A.V. *Sovremennoye sostoyaniye bioty vodoyemov Kuma-Manychskoy vpadiny: Ust'-Manychskoye, Veselovskoye, Proletarskoye i Chograyskoye vodo-khranilishcha (obzor)* [Present state of the kumo-manych depression's water biota: Ust'-Manychskoye, Veselovskoye, Proletarskoye and Chograyskoye water reservoirs] *Arid ecosystems*. 2014. Vol. 4. №. 2.p.p. 56-69. (In Russian)

Цитирование. Иванова В.И., Кониева Г.Н. Факторы формирования и элементы химического состава водоемов Кумо-Маньчской впадины // Научно-агрономический журнал. 2021. №2(113). С. 47-50. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.007.47-50

Авторский вклад. Все 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. Ivanova V.I., Konieva G.N. Factors of Formation and Elements of the Chemical Composition of Reservoirs of the Kumo-Manych Depression. *Scientific Agronomy Journal*, 2021. 2(113). pp. 47-50. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.007.47-50

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

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Геоинформационное моделирование и геостатистический анализ рельефа территории Республики Калмыкия

В.Г. Юферев, д.с.-х.н., г.н.с. – заведующий лабораторией геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов; **Н.А.Ткаченко**, к.с.-х.н., н.с. – 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

Актуальность исследований обусловлена сокращением ареала и видового разнообразия естественных растительных сообществ. Сокращение площадей продуктивных земель приводит к необратимым изменениям в ландшафтах полупустыни. Объект исследований – рельеф Республики Калмыкия, является репрезентативным для изучения ландшафтов в полупустынной и пустынной природной зоне на территории России. Новизна исследований обусловлена новыми теоретико-методологическими подходами к моделированию и картографированию рельефа Республики Калмыкия. Цель исследований – получение пространственных геостатистических данных, отражающих особенности рельефа территории исследований, разработка на основе цифровой модели рельефа геоинформационных моделей геоморфологических особенностей территории Калмыкии. Методология исследований основана на положении о наличии тесной связи между формами рельефа земной поверхности и структурой ландшафтных комплексов. Методика представлена совокупностью методов структурно-геоморфологического анализа, включающей и геостатистические геоинформационные, и картографические методы исследований. Для проведения исследований использован аналитический аппарат и разработанные методики геоинформационного анализа рельефа для оценки условий возникновения деградации и выявления изменений, происходящих в ландшафтах. В результате геостатистического анализа пространственного распределения высот определены основные морфометрические характеристики для Калмыкии в целом и по районам республики, которые можно использовать при территориальном планировании и разработке проектов агролесомелиоративного обустройства земель.

Ключевые слова: ландшафт, Калмыкия, рельеф территории, геостатистика, анализ, моделирование, картографирование.

Поступила в редакцию: 28.05.2021

Принята к печати: 20.06.2021

Необходимость геоинформационного моделирования и картографирования рельефа территории Республики Калмыкия обусловлена динамикой функционирования ландшафтов. Задачей исследований было выявление пространственных характеристик и особенностей рельефа Калмыкии. Локальная геоинформационная система является инструментом геостатистического анализа рельефа и исследования изменений на изучаемой территории, оценки ее геоморфологических условий и картографирования проходящих процессов.

Цель исследований: разработать слои локальной ГИС, отражающие цифровую модель рельефа, особенности пространственных характеристик и современную структуру рельефа в ландшафтах Калмыкии. В результате выполнения работы разработать аналитические карты, на основании которых провести геостатистический анализ и дать морфометрические характеристики по границам как республики, так и муниципальных образований.

Методы и методика. Геостатистический анализ пространственных определенных характеристик рельефа территории Калмыкии проводился с использованием геоинформационных систем на основе глобальных цифровых моделей местности SRTM 1,3 с шагом сетки 1 и 3 секунды по широте и долготе соответственно. По данным исследований точности SRTM [2, 5, 6, 11] с ячейкой 1»(30,8м по

эллипсоиду Крассовского на экваторе), горизонтальная точность в плане составляет 6,3 м (90%), вертикальная – 6,2 м (90%). Средние ошибки горизонтальной точности не превышают 0,2 мм (20 м по карте М 1:100000).

Для сравнения пространственно-определенных средних значений основных морфометрических величин используются современные методы геостатистической пространственной оценки территории исследований. Стандартное отклонение описывает отклонение от среднего значения для отдельных значений набора высот и выступает в качестве меры изменения отдельных значений. Коэффициенты вариации крутизны и уклонов характеризуют однородность отклонений от средних значений, при значениях менее 33% ряд считается однородным, при больших значениях – неоднородным [1].

Анализ современного состояния рельефа и коррекция данных цифровых моделей проведена с использованием растровых изображений территории по данным актуальных космоснимков спутника Sentinel 2 и архивных композитов спутников WorldView [7, 11, 12].

При предварительных исследованиях были выбраны космоснимки на территорию Калмыкии, проведено первичное дешифрирование и импорт пространственной информации в базу геоинфор-

мационной системы [3, 8].

Дешифрирование космических снимков базируется на определении связи между морфометрическими характеристиками и элементами ландшафта: почвой, растительным покровом, подстилающими породами. На основании информации данных дистанционного зондирования, получаемых с различных летальных аппаратов, можно выявить приуроченность выбранных тестовых участков к определенным типам почв. Классификация территорий основана на их принадлежности к основным водосборным бассейнам. Геоморфологические особенности рельефа определяются по прямым признакам дешифрирования, наглядно представленным на изображении – это структура, яркость и цвет изображения. Если прямые признаки не позволяют идентифицировать объекты, то применяют метод косвенной индикации.

Территория Калмыкии обладает существенным разнообразием форм рельефа, наличием различных типов почв и т.д. [4, 9,10]. При проведении полевых исследований были определены тестовые участки, установлены их географические координаты, выполнено описание ландшафтных комплексов и отбор образцов почв для выполнения анализов.

Для изучения формы рельефа определялся макро- и мезорельеф территории исследований. Микро-рельеф устанавливался для небольших площадок. При определении форм рельефа принята следующая классификация: равнинный тип (крутизна менее $0,5^\circ$), слабополгий тип (более $0,5$ до 2°), пологий тип (более 2 до 6°), покатый (более 6 до 15°), крутой (более 15 до 40°), обрывистый (более 40°) [7].

Профилирование проводится для определения основных типов почв, растительности, расположенных по пути профиля с определением их характерных особенностей. Указывается цвет почвы, ее гранулометрический состав и влажность. Тип использования территории устанавливается по наличию выделяющихся (преимущественно прямоугольниками) полей, использованию земель для сенокосов по характерному рисунку и цвету скошенной растительности, в качестве пастбищ –

по наличию загонов и поилок для скота и др.

Состояние пастбищных фитоценозов обусловлено интенсивностью антропогенной нагрузки. При проведении исследований устанавливаются сильно нарушенные, нарушенные и ненарушенные фитоценозы.

Методика определения динамики процессов базируется на анализе разновременной информации на один пространственный объект. Для этого применяются космоснимки, отснятые в разное время, картографический и архивный материал [12]. Архив разновременных снимков неоднороден по метаданным, что необходимо учитывать при сопоставлении результатов съемки. Проведение фотограмметрической обработки снимков обеспечивает возможность их сравнительного анализа. Снимки, полученные от разных операторов, различаются точностью координат пространственных данных. Данные спутника Sentinel 2 доступны с разрешением раstra 10 м на местности, Landsat 8 – 15 м, качество привязки в системе WGS-84 – высокое, так как для этих спутников имеется большее количество наземных геодезических опорных пунктов, точность позиционирования составляет 3-5м. Качество коррекции пространственного положения различных форм рельефа с использованием растрового изображения космоснимков зависит от характеристик аппаратуры и эфемерид спутников, и общих характеристик территории.

Результаты и обсуждения. Для проведения геоинформационного анализа рельефа и разработки картографических слоев в рамках локальной ГИС была использована версия цифровой модели SRTM3.

В результате работы были устранены артефакты и получена модифицированная цифровая модель рельефа республики Калмыкия (рисунок 1) и трехмерная модель рельефа (рисунок 2) с коррекцией таблицы высот по результатам полевых измерений с использованием приемников GNSS и лазерного нивелира CONDTRON, которые были проведены в период наземного обследования территории Калмыкии в мае 2018 г.



Участок белополынно-злаково-прутняковой растительности на очаге опустынивания (Республика Калмыкия)

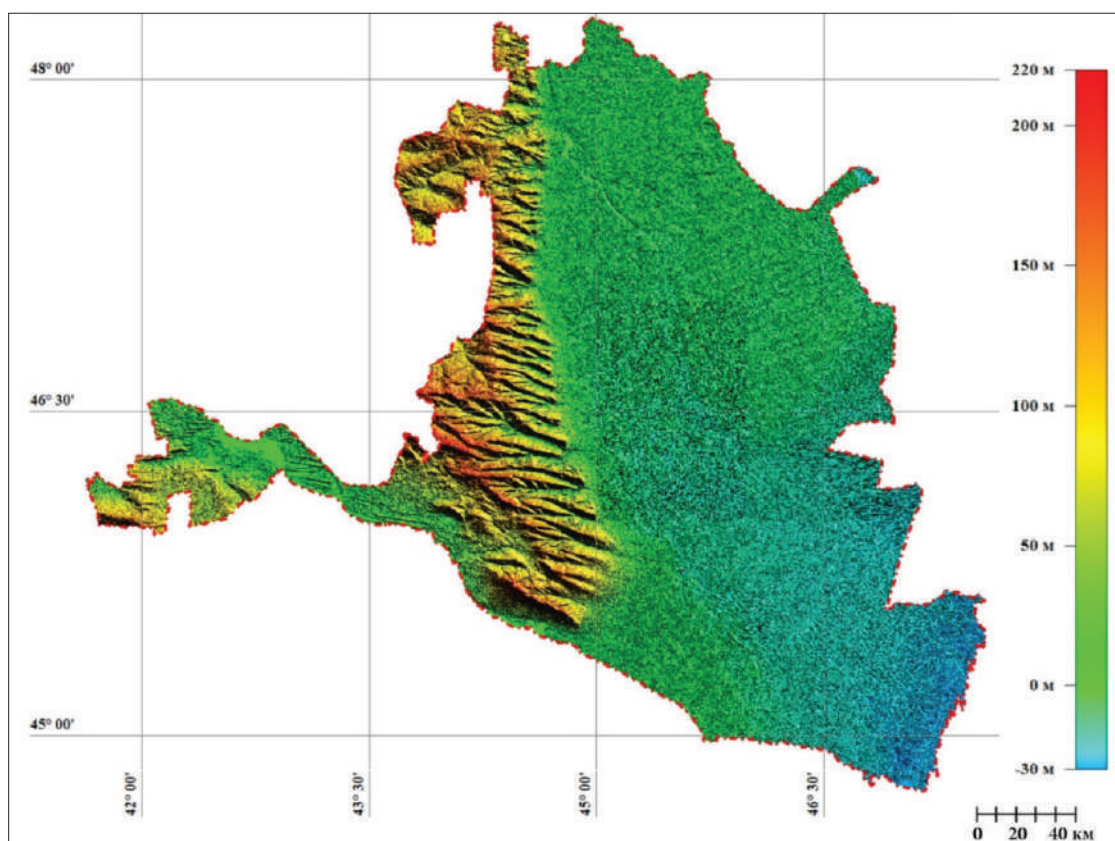


Рисунок 1 – Картографический слой – визуализация цифровой модели рельефа Республики Калмыкия

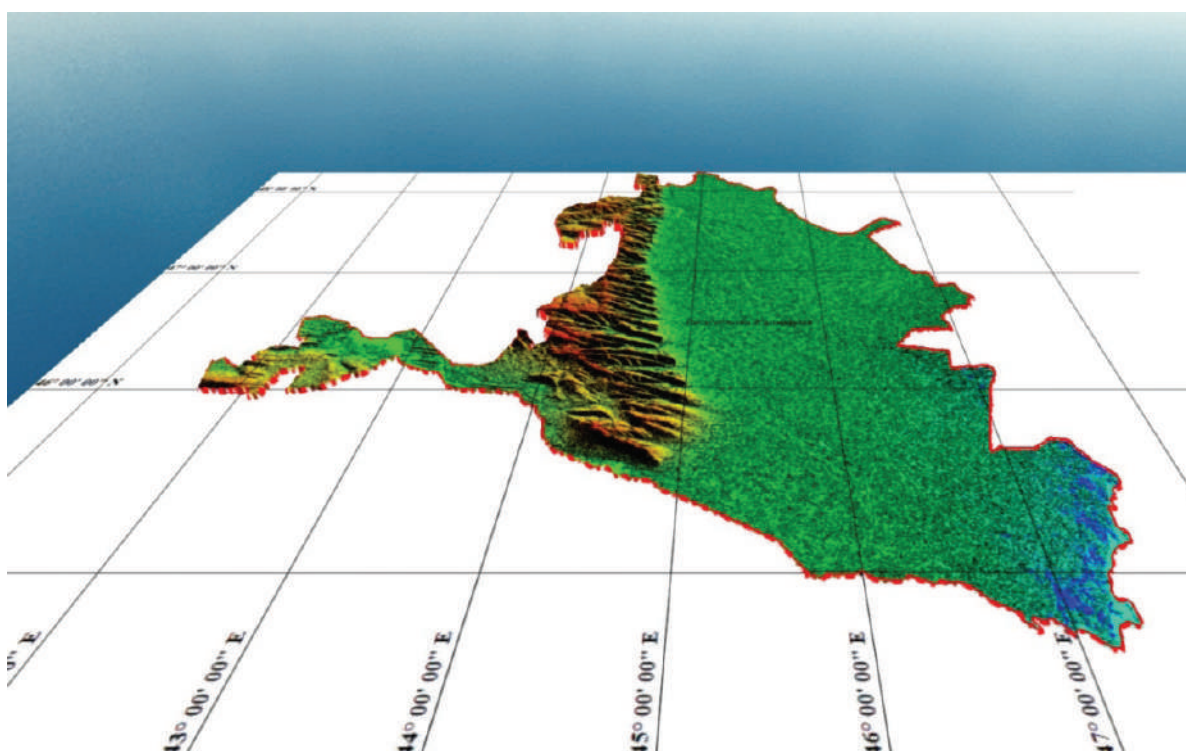


Рисунок 2 –3D модель рельефа территории Республики Калмыкия

Для анализа современного состояния рельефа разработана космокарта Республики Калмыкия (рисунок 3), для ее разработки использована мозаика космоснимков спутника Sentinel 2 разрешени-

ем 10 м на территорию исследований. Космокарта составлена по 14 спектрзональным снимкам (каналы B2, B3, B4) с покрытием облаками менее 10%, отснятыми в период май-июнь 2020 г.

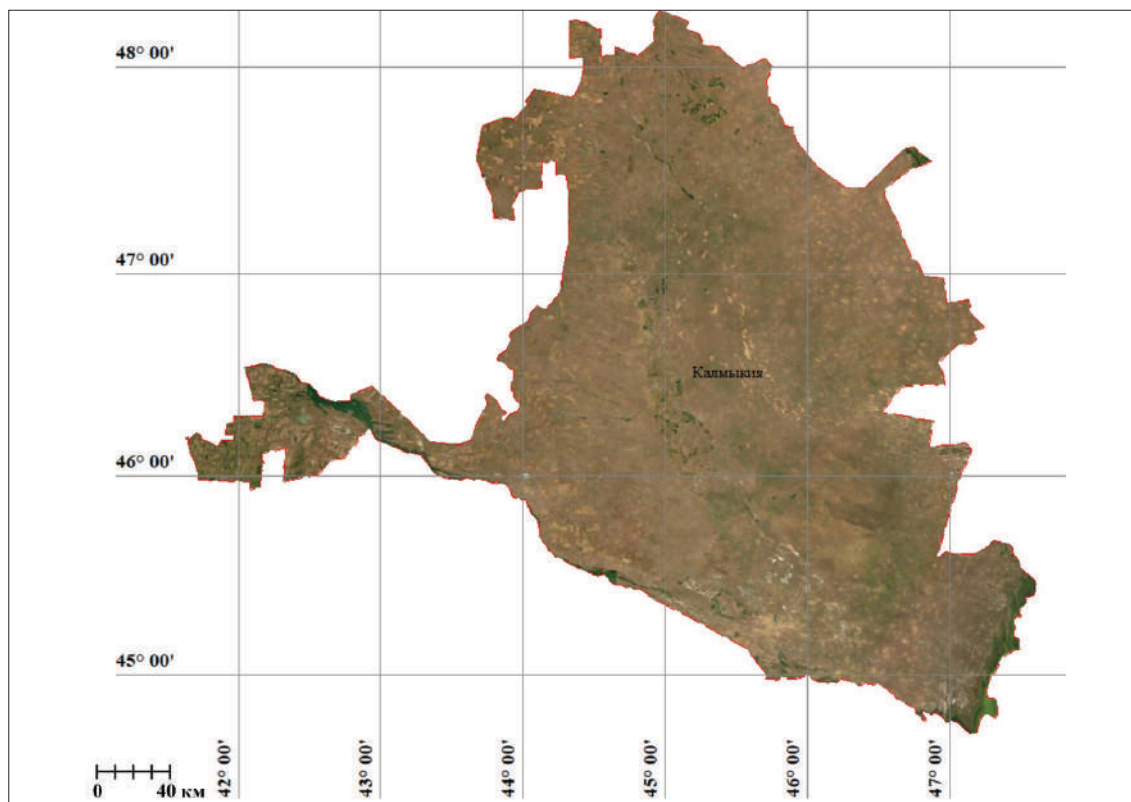


Рисунок 3 – Картографический слой – космокарта Республики Калмыкия

В таблице приведены результаты геостатистического анализа территории Калмыкии как в целом, так и по муниципальным районам.

При этом разработанная геоинформационная система обеспечивает возможность получения пространственных данных о рельефе на любой участок территории исследований с точностью, определяемой стандартным отклонением.

Необходимо отметить, что стандартная ошибка определения площадей с использованием геоинформационных технологий обусловлена как выбранной картографической проекцией Mercator и системой координат WGS 84, так и особенностями рельефа территории, а также точностью статистических данных, при этом ее среднее значение по всей территории Калмыкии не превышает 0,05%.

Таблица – Геостатистические характеристики рельефа территории Калмыкии

Территории	Площадь территории, га	Средняя высота рельефа, м	Средняя крутизна склонов, °	Средний уклон, %	Максимальная высота рельефа, м
Калмыкия	7404860,0	19,3	0,8	1,3	220,0
Городовиковский	110206,0	79,6	0,8	1,4	144,0
Икибурульский	638443,0	67,2	1,1	1,9	220,0
Кетченеровский	652678,0	20,4	0,9	1,6	186,0
Лаганский	469207,0	-25,2	0,8	1,3	-7,0
Малодербетовский	365868,0	20,7	0,7	1,3	144,0
Октябрьский	361731,0	3,6	0,6	1,0	17,0
Приютненский	313938,0	52,9	0,9	1,6	217,0
Сарпинский	373190,0	91,6	1,0	1,8	169,0
Целинный	504806,0	93,5	1,3	2,3	216,0
Черноземельский	1416504,00	-12,8	0,9	1,5	32,0
Юстинский	754066,00	-3,7	0,7	1,2	15,0
Яшалтинский	241608,0	37,1	0,8	1,3	92,0
Яшукульский	1171693,00	-5,61	1,16	2,02	131

Таблица – Геоestatистические характеристики рельефа территории Калмыкии (продолжение)

Территории	Макс. крутизна склонов, °	Макс. уклон, %	Мин. высота рельефа, м	Станд. отклонение высоты, м	Мода высоты рельефа, м
Калмыкия	23,8	44,1	-30,0	48,0	0,0
Городовиковский	11,4	20,2	20,0	27,4	59,0
Икибурульский	14,2	25,2	-3,0	44,9	18,0
Кетченеровский	13,4	23,9	-20,0	41,8	-2,0
Лаганский	15,0	26,7	-29,0	5,7	-29,2
Малодербетовский	12,2	21,6	-6,0	32,8	7,0
Октябрьский	5,2	9,1	-10,0	4,1	9,0
Приютненский	11,8	21,0	7,0	42,1	11,0
Сарпинский	13,0	23,2	-4,0	41,2	-3,0
Целинный	14,8	26,5	-17,0	52,1	-5,0
Черноземельский	21,0	38,5	-29,0	8,5	-19,0
Юстинский	12,7	22,5	-30,0	4,7	-3,0
Яшалтинский	13,1	23,2	9,0	22,2	11,0
Яшкульский	37,9	78,1	-30	16,0	-6,0

Таблица – Геоestatистические характеристики рельефа территории Калмыкии (продолжение)

Территории	Станд. отклонение крутизны, °	Коефф. вариации крутизны	Станд. отклонение уклона, %	Коефф. вариации уклона	Координаты максимальной высоты, ° в/д/сш
Калмыкия	0,6	0,79	1,1	0,88	44,6/45,6
Городовиковский	0,4	0,54	0,8	0,80	42,0/46,0
Икибурульский	0,81	0,75	1,4	0,54	44,6/45,6
Кетченеровский	0,7	0,78	1,2	0,75	44,3/46,9
Лаганский	0,5	0,62	0,8	0,77	47,3/45,4
Малодербетовский	0,6	0,86	1,1	0,61	44,3/48,1
Октябрьский	0,3	0,51	0,5	0,88	45,2/47,6
Приютненский	0,8	0,87	1,4	0,50	43,8/46,4
Сарпинский	0,8	0,7	1,3	0,7	43,8/47,8
Целинный	0,9	0,7	1,6	0,7	44,0/46,4
Черноземельский	0,5	0,5	0,8	0,5	47,1/46,1
Юстинский	0,4	0,6	0,7	0,6	46,3/47,3
Яшалтинский	0,7	0,9	1,2	0,9	42,6/46,0
Яшкульский	0,7	0,6	1,3	0,6	44,7/46,2

По результатам исследований геоestatистических характеристик необходимо отметить два муниципальных района: Юстинский и Яшалтинский, у которых отмечено максимальное несоответствие площадей, приведенных в статистических данных Государственной статистики, и рассчитанных по границам контуров в геоинформационной системе при стандартной ошибке, составляющей 2,8 и 5,0% площади районов соответственно.

Выводы. В результате геоestatистического ана-

лиза пространственного распределения высот определены основные морфометрические характеристики для Калмыкии в целом и по районам республики с проведением статистической оценки полученных результатов, которые приведены в таблице характеристик рельефа в сравнении их с официальными данными Росстата.

Геоинформационный анализ рельефа показал, что на территории Калмыкии максимальные высоты отмечены в Икибурульском, Приютненском

и Целинном муниципальном районе (220, 217 и 216 м при стандартном отклонении 44,9, 42,1 и 52,1 соответственно), что свидетельствует о большей дифференциации территории по высоте в этих районах, об этом же свидетельствует такой статистический параметр, как размах значений (для высот это перепад), максимальное значение в Целинном районе – 233 м. Лаганский муниципальный район по рельефу имеет самые низкие отметки высот, которые находятся в диапазоне от -7 до -29 м, то есть перепад высот составляет 22 м, стандартное отклонение всего 5,7 м при средней крутизне 1,3° (стандартное отклонение 0,5°), что свидетельствует о преимущественно равнинном типе территории.

Коэффициенты вариации крутизны и уклонов характеризуют однородность отклонений от средних значений, а так как все значения превышают величину 0,33, установленную как граница однородности, то можно сказать о неоднородности распределения крутизны по всем районам Калмыкии.

Таким образом, совместное исследование цифровой модели рельефа и космоснимков, базирующееся на анализе пространственных данных, включающем геостатистическую обработку результатов дистанционной съемки, таких как данные о радарной съемке рельефа и изображения поверхности на оптических снимках, позволили установить геоморфологические условия функционирования изучаемого природно-территориального комплекса, необходимые для проведения оценки и разработки прогноза его состояния. В практическом плане полученные пространственные данные обеспечивают возможность уточнения характеристик рельефа в любой точке изучаемой территории с точностью, позволяющей проводить территориальное планирование как для республики, так и для муниципальных районов, что может быть основой при разработке мер по обеспечению рационального хозяйственного использования территорий.

Литература:

1. Гельфанд И.М. Вариационное исчисление/И.М. Гельфанд, С.В. Фомин. – Москва: Гостехиздат, 2014. 170 с.
2. Карионов Ю.И. Оценка точности матрицы высот SRTM // Геопрофи. 2010. №10. С.48-51.
3. 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.
4. Митчелл Э. Руководство по ГИС-анализу. Ч. 1. Пространственные модели и взаимосвязи. ESRI, 2000. 175 с.
5. Новаковский Б.А., Прасолов С.В., Прасолова А.И. Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей / М: Научный мир, 2003. 104 с.
6. Оньков И.В. Оценка точности высот SRTM для целей ортотрансформирования космических снимков высоко разрешения // Геоматика. 2011. №3. С.40-465.
7. Трофимов А.М., Московкин В.М. Математическое моделирование в геоморфологии склонов. Казань.: Изд-во Казанского университета, 1983. 219 с.
8. Чупина Д. А., Зольников И. Д. Геоинформационное картографирование форм и типов рельефа на основе морфометрического анализа // Геодезия и картография. 2016. №6. С. 35-44.
9. Kulik K.N., Yuferev V.G. Computer-Aided Mathematical Cartographic Modeling of Agroforestry Landscapes on the Basis of Aerospace Information. *Russian Agricultural Sciences*, 2010. vol. 36. № 1. pp. 63-66. DOI:10.3103/S1068367410010192
10. Mapping and monitoring of the impact of gully erosion in southeastern Nigeria with satellite remote sensing and geographic information system [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/8_pdf/9_WG-VIII-9/03.pdf/
11. Nikolakopoulos, K. G.; Kamaratakis, E. K; Chrysoulakis, N. SRTM vs ASTER elevation products. Comparison for two regions in Crete, Greece. *International Journal of Remote Sensing*, 2006. Vol. 27.
12. Rylov S.A., Pestunov I.A. Assessment of lakes areas by Sentinel-2 satellite data, *J. Sib. Fed. Univ. Eng. technol.* 2018. С. 1-10. DOI: 10.17516/1999-494X-0108.

Geoinformation Analysis and Digital Modeling of the Relief of the Republic of Kalmykia

V.G. Yuferev, D.S.-Kh.N., chief researcher, head of the laboratory; N.A. Tkachenko, K.S.-Kh.N., research fellow – laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of 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, Universitetskij Avenue, 97, Volgograd, Russia

The research relevance is due to the range and species diversity of natural plant communities' reduction. The reduction in the area of productive land leads to irreversible changes in the semi-desert landscapes. The research object is the relief of the Republic of Kalmykia, which is representative of the study of landscapes in the semi-desert and desert natural zone on the territory of Russia. The

novelty of the research is due to new theoretical and methodological approaches to modeling and mapping the relief of the Republic of Kalmykia. The purpose of the research is to obtain spatial geostatistical information about the relief features, to develop geoinformation analytical layers and geomorphological features of the territory of Kalmykia. The research methodology is based on the assumption that there is

a close relationship between the earth's surface relief forms and the landscape complexes structure. The research technique is represented by a set of structural and geomorphological analysis methods, including geostatistical geoinformation and cartographic research methods. The analytical apparatus and the methods of the relief geoinformation analysis developed to assess the conditions for the occurrence of degradation and to identify changes occurring in the landscapes were used to carry out the research. As a result of the geostatistical analysis of the spatial distribution of heights, the main morphometric characteristics for Kalmykia as a whole and for the regions of the republic were determined, which can be used in territorial planning and development of projects for agroforestry land development.

Keywords: landscape, Kalmykia, relief of the territory, geostatistics, analysis, modeling, mapping

Translation of Russian References:

1. Gelfand, I.M., Fomin S.V. *Variatsionnoye ischisleniye* [Variation calculus]. Moscow: *Gostekhizdat*, 2014. 170 p. (In Russian)
2. Karionov Y. I. *Otsenka tochnosti matritsy vysot SRTM* [Accuracy assessment of SRTM DEM]. *Geoprofi*, 2010. № 10. pp. 48-51. (In Russian)
3. Kulik, K. N., Rulev A. S. Yuferev V. G. *Distsionno-kartograficheskaya otsenka degradatsionnykh protsessov*

v agrolandshaftakh Yuga Rossii [Remotely mapping the estimation of degradation processes in agricultural landscapes of the South of Russia]. *Proceedings of Nizhnevolzhskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education*, 2009. № 4. pp. 12-25. (In Russian)

4. Mitchell E. *Rukovodstvo po GIS-analizu. CH. 1. Prostranstvennyye modeli i vzaimosvyazi* [Guide to GIS analysis. Part 1. Spatial models and relationships]. ESRI, 2000. 175 p. (In Russian)
5. Novakovskiy B. A., Prasolov S. V., Prasolova A. I. *Tsifrovyye modeli rel'yefa real'nykh i abstraktnykh geopoley* [Digital models of the relief of real and abstract geofields]. M: *Nauchny mir*, 2003. 104 p. (In Russian)
6. Onkov I. V. *Otsenka tochnosti vysot SRTM dlya tseley ortotransformirovaniya kosmicheskikh snimkov vysokogo razresheniya* [Evaluation of Srtm Height Accuracy for the Orthotransformation of High Resolution Satellite Images] *Geomatika*. 2011. № 3. pp. 40-46. (In Russian)
7. Trofimov A.M., Moskovkin V. M. *Matematicheskoye modelirovaniye v geomorfologii sklonov* [Mathematical modeling in slope geomorphology]. Kazan': Izd-vo Kazanskogo universiteta [Kazan: Kazan University Publishing House], 1983. 219 p. (In Russian)
8. Chupina D. A., Zolnikov I. D. *Geoinformatsionnoye kartografirovaniye form i tipov rel'yefa na osnove morfometricheskogo analiza* [Geoinformational mapping of forms and types of relief based on morphometric analysis]. *Geodesy and cartography*, 2016. № 6. pp. 35-44. (In Russian)

Цитирование. Юферев В.Г., Ткаченко Н.А. Геоинформационное моделирование и геостатистический анализ рельефа территории Республики Калмыкия // Научно-агрономический журнал. 2021. №2(113). С. 51-57. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.008.51-57

Авторский вклад. Все 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. Yuferev V.G., Tkachenko N.A. Geoinformation Analysis and Digital Modeling of the Relief of the Republic of Kalmykia. *Scientific Agronomy Journal*, 2021. 2(113). pp. 51-57. DOI: 10.34736/FNC.2021.113.2.008.51-57

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

Conflict of interest. The 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