

НАУЧНО-АГРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**SCIENTIFIC AGRONOMY
JOURNAL**

3 (114) 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 10 октября 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:

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 | Юферев В.Г. , д.с.-х.н., ФНЦ агроэкологии РАН |
| Кулик А.К. , к.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.2021.114.3.000

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

Тираж 500 экз. Заказ 11, подписано в печать 28 сентября 2021 г. Дата выпуска 30 сентября 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:

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 VNIOZ), 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 | Nefed'eva 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 | Yuferev V.G. , D.S-Kh.N., FSC of Agroecology RAS |
| Kulik A.K. , K.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.2021.114.3.000

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

Circulation 500 copies. Order 11, signed to print on 28 September 2021. Date of issue 30 September 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

АгролесомелиорацияAgroforestry

А.Т. Барабанов, А.И. Петелько, В.И. Панов, А.В. Кулик, О.А. Гордиенко, М.Р. Шайфуллин. От основ противоэрозионной мелиорации школы А.С. Козменко – Г.П. Сурмача к современным системам адаптивно-ландшафтного земледелия (история эрозиоведения во ВНИАЛМИ).....6

A.T. Barabanov, A.I. Petel'ko, V.I. Panov, A.V. Kulik, O.A. Gordienko, M.R. Shayfullin. From the Basics of Anti-Erosion Reclamation of A.S. Kozmenko – G.P. Surmach School to Modern Systems of Adaptive-Landscape Farming (History of Erosion Science in VNIALMI).....6

В.И. Панов, А.В. Кулик. Древнеэрозионная и современная самоорганизация равнинного рельефа суши степного пояса Евразии.....20

V.I. Panov, A.V. Kulik. Ancient Erosion and Modern Self-Organization of the Flat Land Relief of the Steppe Belt of Eurasia.....20

ЭкологияEcology

Б.К. Болаев, Б.В. Киштанов. Устойчивость лесопастбищ в современных условиях изменения климата.....32

B.K. Bolaev, B.V. Kishtanov. Sustainability of Forest Pastures in Modern Conditions in a Changing Climate.....32

В.Г. Юфев. Пространственное распределение орошаемых земель на территории Черноярского района Астраханской области.....39

V.G. Yuferev. Spatial Distribution of Irrigated Lands on the Territory of the Chernoyarsky District of the Astrakhan Region.....39

Защитное лесоразведениеProtective afforestation

М.В. Цой. Особенности развития представителей видов рода *Juniperus* L. в экстремальных условиях.....46

M.V. Tsoi. The *Juniperus* genus L. representatives development features in extreme conditions.....46

Хроника.....55

Chronicle.....55

От редакции.....56

From the editorial board.....56

**От основ противоэрозионной мелиорации школы
А.С. Козменко – Г.П. Сурмача к современным системам
адаптивно-ландшафтного земледелия
(история эрозиоведения во ВНИАЛМИ)**

Посвящается 90-летию ВНИАЛМИ и
100-летию Новосильской ЗАГЛОС им. А.С. Козменко

Анатолий Тимофеевич Барабанов¹, д.с.-х.н., ORCID: 0000-0001-9945-654X, barabanov-a@vfanc.ru,

Анатолий Иванович Петелько², д.с.-х.н., ORCID: 0000-0002-7546-0410,

Валерий Иванович Панов³, к.геогр.н., ORCID: 0000-0002-8489-9791,

Анастасия Владимировна Кулик¹, к.с.-х.н., ORCID: 0000-0001-8736-5464,

Олег Андреевич Гордиенко¹, м.н.с., ORCID: 0000-0001-5381-9114,

Максим Рафаэльевич Шайфуллин¹, лаборант-исследователь, ORCID: 0000-0001-5055-7251 –

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: nfo@vfanc.ru, 400062, Университетский проспект, 97, Волгоград, Россия

²Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, e-mail: zaglos@mail.ru, 303035, Орловская обл., г. Мценск, ул. Семашко, д. 2А, Россия

³Поволжская агролесомелиоративная опытная станция – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, e-mail: aglos163@mail.ru, 446534, Самарская обл., п. Новоберёзовский, Россия

В статье изложен вклад ученых эрозиоведов ВНИАЛМИ в изучение эрозионно-аккумулятивного гидрологического процесса и создание основ противоэрозионной мелиорации и современных адаптивно-ландшафтных систем земледелия. А.С. Козменко был первым отечественным ученым, положившим начало систематическому исследованию эрозионно-гидрологического процесса и разработке системы мер по его регулированию, а также впервые в мире создал оригинальную теорию рельефообразования. Дальнейшее развитие взглядов А.С. Козменко продолжено его учеником Г.П. Сурмачем. Им выполнены обширные почвенно-эрозионные исследования, дополнена теория рельефообразования А.С. Козменко, дана теория формирования серых лесных почв и черноземов в лесостепи, разработана новая классификация почв по степени смывости. Развитие теории Г.П. Сурмача продолжили его ученики – Е.А. Гаршинева, В.П. Борец, А.Т. Барабанов, В.И. Панов, А.И. Петелько. Были уточнены условия формирования эрозионно-аккумулятивных форм рельефа; разработана логико-графическая схема эволюции склонов в ходе эрозионно-аккумулятивного процесса, разработана схема самоорганизации равнинного рельефа; созданы научные основы современного синергетического эрозиоландшафтоведения, рассчитаны оптимальные соотношения основных угодий (пашни-степи-леса-воды-поселений); выявлена связь стока талых вод с запасами воды в снеге и почве, глубиной ее промерзания и продолжительностью снеготаяния на юге ЦРНЗ, в ЦЧО и Поволжье; сформулирован закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод; выдвинута и обоснована концепция «ледяного экрана», формирующегося на границе талого и мерзлого слоев почвы, который играет важнейшую роль в эрозионно-гидрологическом процессе. Таким образом, вековые исследования в области противоэрозионной мелиорации получили достойное развитие и являются сейчас базой для эрозионнобезопасного высокопродуктивного земледелия на основе адаптивно-ландшафтного обустройства территории и создания агролесомелиоративного экологического каркаса.

Ключевые слова: рельефообразование, основы противоэрозионной мелиорации, адаптивно-ландшафтное земледелие, поверхностный сток, эрозионно-гидрологический процесс, эрозия почв

Поступила в редакцию: 16.08.2021

Принята к печати: 23.09.2021

На эрозию почв ученые и практики сельского хозяйства обратили внимание давно и делали разрозненные попытки борьбы с ней. Однако первые наиболее серьезные исследования стока и разработка противоэрозионных приемов (обработка почвы поперек склона, посадка прибалочных лесополос) относятся к концу XIX в. и связаны с деятельностью Особой экспедиции лесного департамента под научным руководством В.В. Докучаева в южных районах России и Украины, главным образом в Каменной Степи [1]. В.В. Докучаеву также принадлежит первая попытка теоретиче-

ского рассмотрения вопросов эрозионного рельефообразования на равнине в части, касающейся генезиса гидрографической сети (переход оврагов в балки, а балок в речные долины). Однако им не была проведена четкая грань между древней (балочно-долинной) и современной (промоинно-овражной) гидрографической сетью [2]. Впервые это было сделано А.С. Козменко [3-4], что позволило ему по-новому подойти к оценке роли оврагообразования и смыва почвы в эрозионно-гидрологическом процессе (ЭГП).

На тот период вопросы рельефообразования,

формирования покровных отложений, распространения лесной и степной растительности и образования черноземных и серых лесных почв в лесостепи не были решены. Теоретические аспекты эрозионно-гидрологического процесса, рассматривались в работах В.В. Докучаева [2], П.А. Костычева [5], А.С. Козменко [3], С.С. Соболева [6], Д.Л. Арманда [7], Г.П. Сурмача [8] и других ученых. Докучаевым В.В. был разработан план борьбы с засухой посредством степного лесоразведения.

Большой вклад в разработку теории этого процесса внес А.С. Козменко [3-4]. В 20-х гг. XX в. после череды засух и неурожая проявились недостатки степного земледелия, и перед страной встал вопрос об укреплении продовольственной безопасности и развития сельского хозяйства страны в целом. В 1921 г. принято Постановление Совета Труда и Оборона «О борьбе с засухой», для реализации которого было разработано много мероприятий. В этом же году была создана Новосильская опытно-овражная станция (ныне Новосильская агролесомелиоративная опытная станция им. А.С. Козменко) для разработки мероприятий по борьбе с эрозией почв, восстановления её плодородия и повышения урожая сельскохозяйственных культур. Директором станции был назначен А.С. Козменко. Здесь родились основы противоэрозионной мелиорации и наука эрозиоведение. Для теоретической разработки применяемых технологий 31 мая 1931 г. постановлением Президиума Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина был организован Всесоюзный научно-исследовательский агролесомелиоративный институт (ВНИАЛМИ ныне ФНЦ агроэкологии РАН) [10]. На него были возложены задачи по вовлечению в хозяйственный оборот неудобных и бросовых земель, увеличению производительности сельхозземель засушливых районов страны, организации работы по борьбе со смывом, размывами (оврагами) и развеваниями, созданию водораздельных насаждений, организации крупных хозяйств, содействию озеленению населенных пунктов, ведению хозяйства в лесах, а также по организации крупных семенных хозяйств и питомников для обеспечения агролесомелиоративных работ. В 1938 г. А.С. Козменко возглавил отдел борьбы с эрозией почв ВНИАЛМИ, оставаясь научным руководителем Новосильской опытной станции, которая стала структурным подразделением этого института административно и в научно-методическом отношении.

А.С. Козменко – первый отечественный ученый, положивший начало систематическому исследованию ЭГП и разработке системы мер по его регулированию. Он создал направление в эрозионной науке и противоэрозионной мелиорации, получившее признание в нашей стране и за рубежом как школа Козменко [9].

Козменко Алексей Семенович – выдающийся ученый в области эрозиоведения, после окончания

двух авторитетных вузов – Московского университета (естественное отделение физико-математического факультета по специальности геология и почвоведения) и Московского сельскохозяйственного института (агрономическое и инженерное отделения) – и многолетних полевых почвенно-эрозионных, гидрологических и геоморфологических экспедиций стал высококвалифицированным специалистом широкого профиля: геоморфолог, почвовед, эрозиовед, гидротехник, гидролог, лесомелиоратор, агроном. Учителями и наставниками его были выдающиеся русские исследователи В.И. Вернадский, А.П. Павлов, К.А. Тимирязев, В.Р. Вильямс, Д.Н. Прянишников.

Имея глубокие знания по многим отраслям науки, А.С. Козменко впервые в мире создал оригинальную теорию рельефообразования [3] и формирования покровных отложений в результате единого эрозионно-аккумулятивного процесса (ЭАП) в послетретичное время и разработал научные основы противоэрозионной мелиорации. Его теория выдержала испытание временем.

А.С. Козменко первым выделил древние и современные эрозионные образования, что позволило дифференцированно подходить к планированию и разработке мероприятий по борьбе с эрозией почв. Им выдвинут принцип регулирования стока и эрозии на всей территории водосбора от водораздела до тальвега, выделение особых эрозионных фондов, получивших теперь название ландшафтных поясов, и стройная, целостная система противоэрозионных мероприятий: организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных, гидротехнических и лугомелиоративных. Совокупность этих идей, принципов и противоэрозионных мероприятий в той или иной степени присутствует сейчас в любых исследованиях при разработке систем адаптивно-ландшафтного земледелия. Последователями этого направления являлись известные ученые: Г.А. Харитонов, И.Д. Брауде, Т.Ф. Антропов. В той или иной степени, идеи А.С. Козменко поддерживались И.Г. Герасимовым, Д.Л. Армандом, М.Н. Заславским, А.Н. Каштановым, Е.С. Павловским, Г.И. Швобсом, Н.И. Бобровицкой, Н.П. Калиниченко и другими учеными. В последующем это направление наиболее полно разрабатывалось во ВНИАЛМИ Г.П. Сурмачем, Е.А. Гаршиным, В.П. Борцом, А.Т. Барабановым, В.И. Пановым, А.И. Петелько и др.

Уже к 1936 г. разработанная на станции система противоэрозионных мелиораций получила полное признание научной общественности и государственных органов. Так, в резолюции Первого Всесоюзного совещания по борьбе с эрозией почв в СССР (4-7 марта 1936 г.) отмечалось [9]:

«1. Заслушав доклад Новосильской опытно-овражной станции, состоящей в ведении Всесоюзного научно-исследовательского института агро-лесомелиорации, Совещание отмечает исключительно плодотворную долговременную работу

станции, руководимой основателем ее А.С. Козменко, как единственной в Союзе по полноте и целеустремленности программы, а также признает правильными принципы, положенные ею в основание для разработки почвозащитных мероприятий в условиях лесостепной зоны.

2. Внесение в программу работ станции вопросов агротехники и вообще агрономических проблем следует считать также достижением на пути осуществления комплексности, единственно обеспечивающей правильное разрешение задач борьбы с эрозиями и реально осуществимой лишь в условиях советского хозяйства.

3. Совещание считает необходимым организовать издание трудов станции, до последнего времени не имеющей ни одной печатной работы.

4. При планировании и проектировании противоэрозионных мероприятий и организации территории эродированных площадей Совещание считает необходимым положить в основу систему учения акад. В.Г. Вильямса и мелиоративные методы, разработанные Новосильской опытно-овражной станцией».

Эта высокая оценка научного сообщества работы Новосильской станции показывает насколько плодотворны, глубоки и целеустремлены были разработки уже на первых этапах исследования этой важной и новой для того времени проблемы.

Материалы и методы. В связи с тем, что рельеф местности является важнейшим фактором эрозии, рельефообразованию всегда уделялось большое внимание. Объяснением генезиса эрозионно-аккумулятивного рельефа занималась геоморфология, в которой, по мнению Г.П. Сурмача [8], господствовал чисто геологический подход. В ней фазы активизации эрозии, в т. ч. и современной, ставили в зависимость исключительно от колебаний земной коры (эпейрогенез). С этим связано много ошибочных положений по вопросу о современной эрозии – смыва и размыва. Очень сложный вопрос о генезисе рельефа и покровных отложений в геоморфологии также не был решен. Многие исследователи формирование покровных отложений рассматривали в отрыве от происхождения гидрографической сети и склонов либо не увязывали генезис эрозионного рельефа с образованием покровных отложений.

На начальном этапе исследований рельефа на первое место выдвигались вопросы эрозионного размыва – оврагообразования. Были предложены разнообразные классификации размывов по их положению (донные, береговые, склоновые) на водосборе и стадиям развития во времени (водородины, промоины, овраги). Из отечественных классификаций наибольшей известностью пользуются классификации размывов и прилегающих к ним склонов С.С. Соболева [6].

Основная часть. Выдающийся вклад в разработку теории ЭГП внес А.С. Козменко [3-4, 9] в период своей деятельности по руководству Тульской гидрологической экспедицией (1908-1914

гг.) и особенно после организации Новосильской опытно-овражной станции (ныне Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция им. А.С. Козменко – филиал ФНЦ агроэкологии РАН).

Еще в 1907-1908 годах А. С. Козменко выдвинул оригинальную идею о значении послетретичной эрозии, которая в последующем была трансформирована в теорию рельефообразования на равнине, предложил деление водосбора на эрозионные земельные фонды, для борьбы с оврагами и смывом почвы обосновал необходимость зарегулирования поверхностного стока на всем водосборе комплексом противоэрозионных мероприятий [8].

Работая в Тульской гидрологической экспедиции, А.С. Козменко детально изучил гидрологию Тульской губернии, эрозионные процессы (смыв и оврагообразование), составил карты рельефа, геологического строения, водоносности, карста, размыва, болот, лесов и др. Результаты этой работы, а затем и научные исследования на Новосильской опытно-овражной станции в течение 17 лет послужили основой для разработки теории рельефообразования, общей теории эрозии и комплекса мероприятий по борьбе с ней [6-8].

Выполненные А.С. Козменко исследования на Среднерусской возвышенности (территория нынешних Тульской, Орловской, частично Липецкой обл.) с составлением первых в России детальных карт овражности, водоносности, лесистости привели ученого к идеям, получившим свое выражение в стройной системе взглядов на причины эрозии и рельефообразования в равнинных условиях.

При разработке своей теории рельефообразования А.С. Козменко впервые предложил и обосновал необходимость различать древнюю и современную (антропогенную) эрозию [6], учитывать роль растительности как важнейшего биотического фактора ЭГП, связывать течение древней эрозии с эпохами оледенения на равнине, а обусловленность современной эрозии – в первую очередь, с хозяйственной (главным образом сельскохозяйственной) деятельностью. Он также впервые с высокой степенью аргументированности увязал образование лёссов с ЭГП, что было существенным шагом вперед по сравнению с высказанными ранее гипотезами Армашевско-Павлова по поводу лёссовобразования в связи с делювиальным процессом.

Впервые он обратил внимание и на первостепенную негативную роль смыва почвы в сравнении с традиционной точкой зрения об оврагообразовании как главного, наиболее опасного проявления ЭГП. Это существенно повлияло на представления о причинах падения плодородия почвы вследствие эрозии и в дальнейшем послужило основой для обоснования системы противоэрозионных мероприятий. А.С. Козменко принадлежит классификация оврагов по их местоположению, им предложе-

на первая в стране классификация почв по степени их смытости.

Теория рельефообразования А. С. Козменко базируется на следующих основных положениях [3]:

1. В послетретичный период истории Земли на большой территории нашей страны холодные ледниковые эпохи чередовались с межледниковыми. Таяние ледников и снежных скоплений обуславливало прохождение больших масс талой воды и образование колоссальных размывов, перенос и переотложение грунта.

2. Смена климатических условий и режима стока определяли цикличное развитие ЭАП в четвертичный период. Каждый цикл был похож на предыдущий по характеру эрозионных процессов, но на сформированных в предыдущих циклах формах рельефа создавались новые.

3. Процесс формирования гидрографической сети и склонов проходил при полном отсутствии растительности в районах оледенений, а после отступления ледника она медленно восстанавливалась на открытой территории.

4. Каждый эрозионный цикл проходил в 3 стадии (рисунок 1):

- стадия размыва-углубления и расширения гидрографической сети;
- стадия бокового смыва (удаления) породы, обусловившего образование склонов разной формы. Эта стадия протекала одновременно с первой и после ее завершения;
- стадия формирования покровной породы путем смыва рыхлых грунтов с вышележащих склонов и отложения их на пологих склонах.

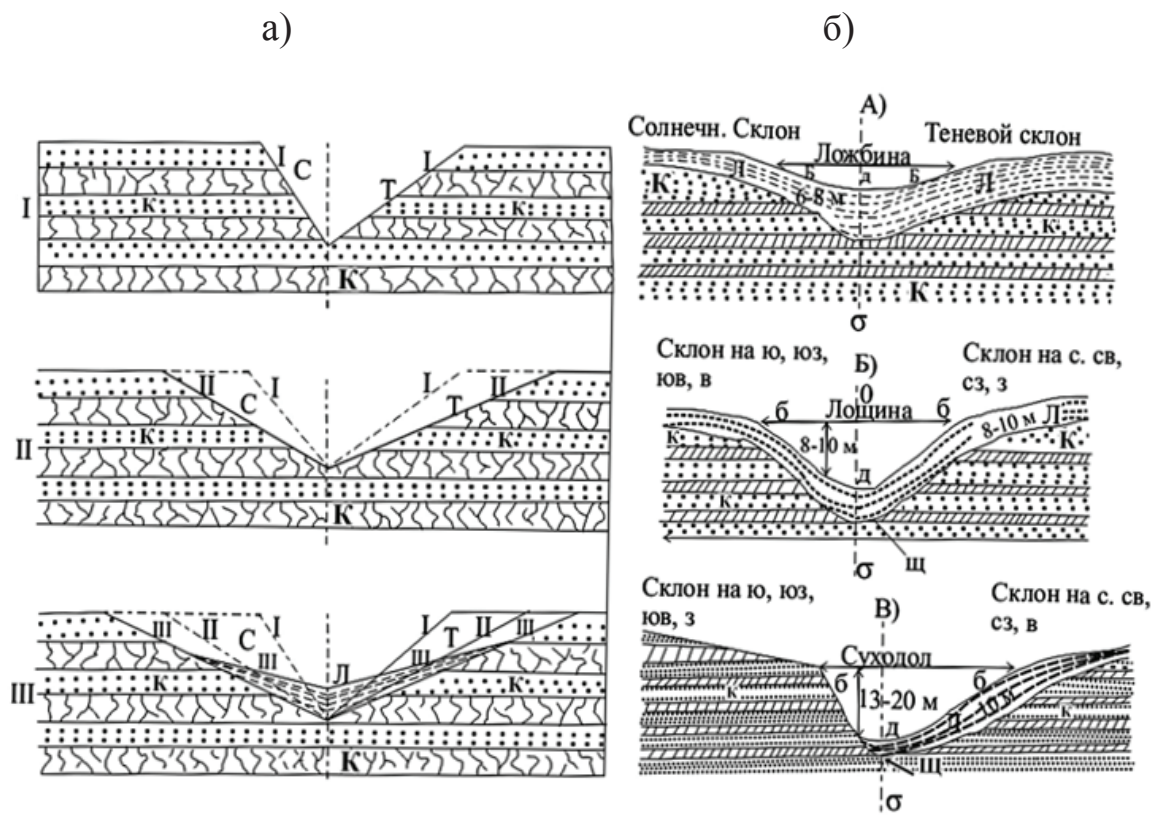


Рисунок 1. Стадии эрозионного цикла: а – I, II, III – профили стадий и поперечный разрез звеньев суходольной гидрографической сети; б – ложбины (А), лощины (Б), суходолы (В) (по А.С. Козменко)

Особенно важна для понимания генезиса рельефа и покровных отложений последняя стадия – формирование покровной породы. Она объясняет происхождение лёссов и объединяет эрозию и аккумуляцию в единый эрозионно-аккумулятивный процесс, интенсивность которого ослабевала с появлением и распространением растительности и усилением почвообразования. Этот процесс при образовании сомкнутой прочной дернины полностью прекращался.

А.С. Козменко считал [3], что за историю послетретичного периода было всего 3 цикла эрозии. Первый был самым грандиозным по формирова-

нию эрозионных форм. В его первых двух стадиях в основном образовался рельеф, а в третьей стадии в результате переотложения грунтовых масс сформировались красно-бурые лёссовидные суглинки и глины. Во втором цикле выросла в длину гидрографическая сеть и на размывтой поверхности красно-бурых пород сформировался верхний ярус желтых или желто-бурых лёссов и лёссовидных суглинков. Третий цикл эрозии в основном проявился в размыве гидрографической сети и в смыве почв и покровной породы на склонах.

Теория А.С. Козменко позволила объяснить генезис формирования и последовательного прохо-

ждения стадий от ложбины к ложине, суходолу и речной долине (см. рисунок 1), т. е. он обосновал целостную генетическую взаимосвязь суходольной и речной гидрографической сети.

Теория рельефообразования А.С. Козменко является фундаментом современной противоэрозионной мелиорации. На основе суммы знаний, полученных во время работы в Тульской гидрологической экспедиции и особенно на Новосильской опытно-овражной станции, он пришел к важнейшим выводам о том, что оврагообразование – это значительно меньшее зло, чем плоскостной смыв почвы, поэтому надо бороться в первую очередь не с оврагами (их он называл следствием эрозионного процесса), а с интенсивным и разрушительным ЭГП на всем водосборе путем регулирования стока комплексом противоэрозионных мероприятий [9].

При организации территории предусматривается типизация земель (выделение контуров по однородным агроэкологическим условиям) и определение характера их использования, а также применение на них соответствующих технологий, приемов и мероприятий. Критериями для выделения разных групп земель являются: характер гидрологических и эрозионных процессов, состояние почв, местонахождение в рельефе, доступность использования средств механизации и др. На основе данных критериев осуществляется дифференцирование территории по интенсивности проявления эрозионных процессов (в первую очередь смыва почв), плодородию почв, размещению сельскохозяйственных растений с учетом их требовательности к условиям местопроизрастания, технологиям их возделывания, составу почвозащитных мероприятий.

А.С. Козменко [3, 9, 11] разработал классификацию склоновых земель, по которой на территории водосбора (от водораздела до дна гидрографической сети) выделяются 3 земельных фонда:

1. Приводораздельный – ровные участки и пологие склоны, крутизной до 3°.
2. Присетевой – земли крутизной свыше 3° и примыкающие к гидрографической сети.
3. Гидрографический – берега, крутосклоны и днища ложин, суходолов (балок) и речных долин.

Верхняя приводораздельная часть склона является ареной формирования стока, который, поступающая на нижерасположенные участки, производит на них сильный (иногда катастрофический) смыв. На приводораздельной части смыв небольшой, почва здесь несмытая или слабосмытая. Присетевые земли являются ареной смыва водой, поступающей сверху. Почвы здесь средне- и сильносмытые, малоплодородные и обладают низкой противоэрозионной устойчивостью. Земли гидрографической сети подвергаются сильному смыву и размыву (оврагообразованию). Использование этих земель, разработка структуры посевных площадей и системы севооборотов осуществляется исходя из социально-экономической целесообразности,

агротехнических условий выделенных групп земель, адекватности их требовательности растений к условиям произрастания, их почвозащитной эффективности и др. [8]. Основываясь на данных о требовательности растений к условиям произрастания и их почвозащитной эффективности, а также с учетом агроэкологических условий устанавливается характер использования земель.

Земли первого фонда предназначены для использования интенсивно в полевых севооборотах (тогда к ним относили севообороты с парами, зерновыми и пропашными культурами) с максимальным насыщением высокопродуктивными культурами. Земли второго фонда отводились под почвозащитные севообороты с высоким насыщением их многолетними травами и озимыми культурами. Земли третьего фонда использовались под улучшенные сенокосы, пастбища и лесные насаждения.

Классификация А.С. Козменко не потеряла актуальность и сейчас, она является основой противоэрозионной мелиорации и современных систем земледелия. Она, конечно, в последующем совершенствовалась и уточнялась многими учеными. Г.П. Сурмач [8, 12] дифференцировал критерии определения границ фондов для серых лесных почв и черноземов, а также дополнительно к крутизне предложил учитывать длину склона и смытость почвы. Приводораздельный фонд он предложил выделять на пологих склонах, имеющих крутизну до 2,5-3,5° на серых лесных почвах и до 3,5-4,0° на черноземах. При большей длине склона нижняя граница приводораздельного земельного фонда проводится в зоне с меньшей его крутизной, а при малой длине она опускается ниже по склону и проходит по более крутой его части или по бровке гидрографической сети (если присетевой фонд не выделяется). При этом принимается во внимание также степень смытости почв.

Дальнейшее развитие взгляды А.С. Козменко получили в работах Г.П. Сурмача. Он с отличием окончил почвенно-геологический факультет Ростовского государственного университета, потом аспирантуру во ВНИАЛМИ под руководством проф. А.С. Козменко, затем работал в Почвенном институте АН СССР, во ВНИАЛМИ и во ВНИИЗПЭ. Во ВНИАЛМИ он был заведующим отделом борьбы с эрозией почв.

За годы своей научной деятельности Г.П. Сурмачем выполнены обширные почвенно-эрозионные исследования. Он развил теорию рельефообразования [12], образования лёссов, формирования серых лесных почв и черноземов в лесостепи и на ее основе обосновал возможность произрастания водораздельных и байрачных лесов в степной зоне. Им также разработана новая классификация почв по степени смытости, выполнен огромный объем экспериментальных оценок характеристик ЭГП. Им предложена методика инженерного расчета противоэрозионных мероприятий, разработаны

новые способы запиты почв от эрозии. Во ВНИИЗ-ПЭ под его руководством впервые была разработана методика проектирования систем противоэрозионных мероприятий на расчетной основе, программа и методика крупномасштабного эксперимента на бассейнах малых рек Курской области и другие проекты.

Согласно теории Г.П. Сурмача, рельефообразование и формирование лёссов в ходе четвертичных эрозионно-аккумулятивных циклов обусловлены наступлением-таянием ледников на Русской равнине. Его логико-графическая модель формирования склонов и покровных лёссовых пород приведена на рисунке 2. Оно проходило в три цикла, в каждом из которых было 2-3 стадии [12]. Модель

отображает то, что образование рельефа и отложение лёсса – это результат единого ЭАП. Она позволяет объяснить механизм эрозии и аккумуляции и залегание лёссовых пород на водоразделах.

На основе собственных комплексных почвенно-геолого-геоморфологических исследований в Самарском Заволжье, на Среднерусской и Приволжской возвышенности и в других регионах ученый обстоятельно описал ход ЭГП на склонах и в гидрографической сети, увязал распространение лесной, травянистой растительности с почвообразованием в лесостепи и литологией толщи четвертичных покровных отложений. Он по сути дела решил проблему, которая в течение целого столетия не получила положительного решения.

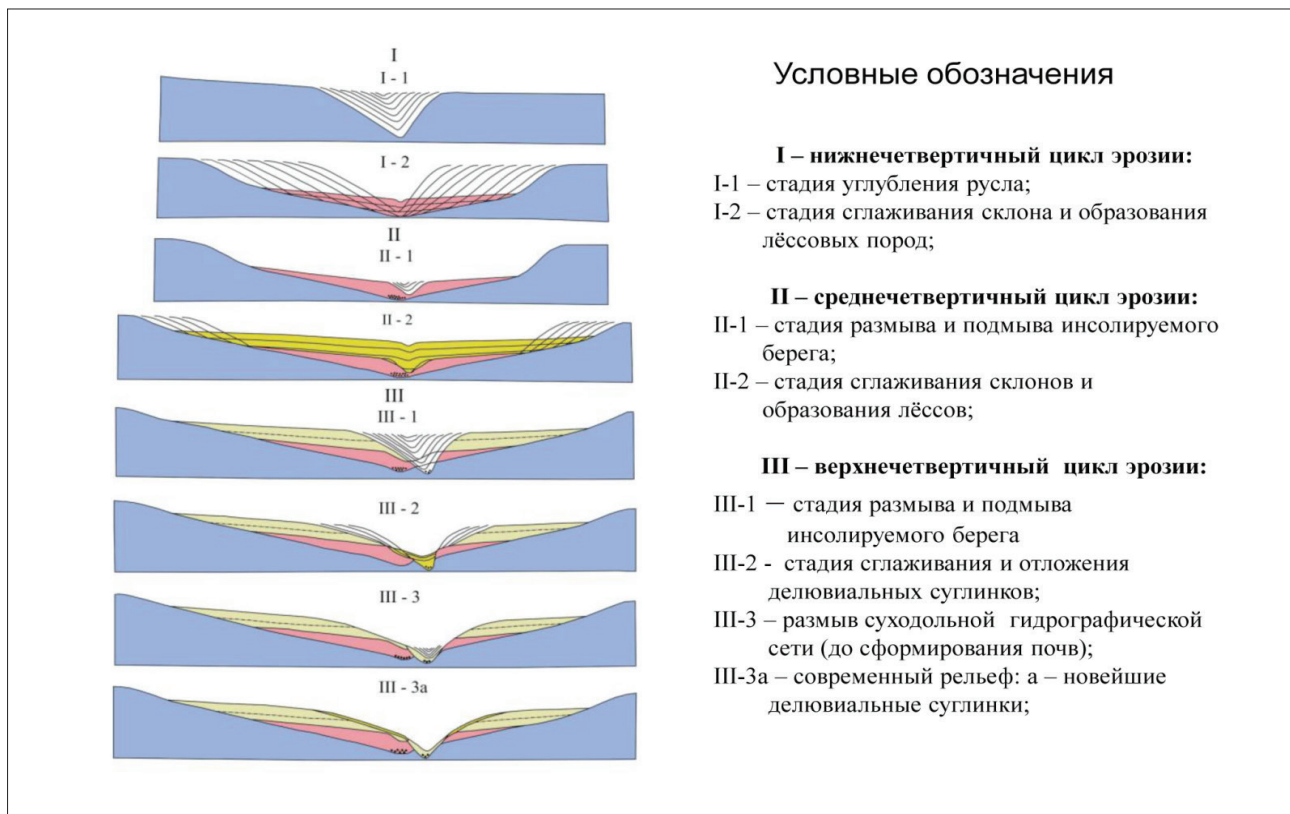


Рисунок 2. Схема формирования склонов и покровных отложений в результате единого эрозионно-аккумулятивного процесса

В.В. Докучаев [2] связывал существование лесостепи с естественными физическими особенностями страны и отмечал нерешённость проблемы. По этой проблеме проходила дискуссия, в которой приняли участие крупнейшие учёные-почвоведы, географы, геоботаники. Е.М. Лавренко и А.В. Прозоровский [13] на основе обобщения взглядов учёных сгруппировали причины безлесья степей в следующие группы: 1) уничтожение лесов человеком; 2) недостаток осадков при усиленном испарении; 3) засолённость степных почв и подпочв; 4) мелкозёмистость степных почв; 5) равнинный рельеф степей, их слабый дренаж, что, в свою очередь, обуславливает временное (весеннее) затопление степных почв; 6) незакончившийся процесс обле-

сения лесостепной полосы, в результате которого леса, как «более мощные и совершенные» растительные группировки, вытесняют степные фитоценозы; 7) циклический характер взаимоотношения леса и степи в лесостепной полосе: дубовый лес поселяется на степных почвах, чернозёмах и постепенно превращает их в сильнооподзоленные лесные суглинки, малопригодные для существования леса; в связи с этим дубовый лес постепенно исчезает, заменяясь степной растительностью, которая способствует превращению лесного суглинка снова в чернозём, на последнем снова поселяется лес, вытесняя степную растительность, и т.д.

Существующие концепции и схемы развития склонов оказались не в состоянии объяснить по-

явление лёссов на водоразделах и плато и образование разных форм склонов с лёссовым покровом. Г.П. Сурмач [12] подчеркивает, что ни одна из названных причин не раскрывает того, почему в одинаковых климатических условиях одна часть территории оказалась занятой (в прошлом) лесом, а другая – степью. Он писал [12, с. 56], что «основная причина указанного распределения лесов и степей лесостепи коренится в особенностях литологической (гидрогеологической) основы территории (литологического строения пород), которая возникла в ходе циклического развития ЭАП (рельефо- и лёссообразования) в четвертичный период геологической истории Земли. При формировании почвенно-растительных зон в голоцене леса расселились: а) на территориях с маломощным литологически неоднородным, слоистым лёссовым покровом; б) на площадях с маломощным ярусом типичного лёсса, подстилаемого породами более водоупорного второго яруса на небольшой глубине или водоупорными коренными породами (например, меловым мергелем); в) на участках с двучленным строением профиля при залегании сверху маломощного в ряде случаев неоднородного суглинка, представляемого водоупорной, например красно-бурой, глиной; г) на слоистом элювии-делювии коренных пород. Во всех случаях верхняя корнеобитаемая толща пород обладает высокой общей влагоёмкостью и повышенными запасами продуктивной (легкодоступной для растений) влаги. Здесь образовались серые лесные почвы.

Степная травянистая растительность покрыла участки лесостепи с более мощной толщей однородного лёсса, отличающейся пониженными влагоёмкостью и диапазоном активной влаги и, следовательно, меньшими запасами продуктивной влаги в корнеобитаемом слое, ибо просачивающаяся атмосферная влага недостаточно задерживается в этом слое, легко сбрасывается вглубь. На них сформировались чернозёмы. Промежуточные по характеру гидрологических условий территории стали ареной наиболее ожесточённой борьбы между лесом и степью».

Такое распределение связано с тем, что в ходе рельефообразования и отложения лёссов пониженные участки территории на равнинах, более древние эрозионные выработки и пониженные пологие склоны в пределах возвышенностей покрылись мощной толщей относительно однородных суглинистых или тяжелосуглинистых отложений. На более крутых и высоких склонах возвышенностей сформировались лёссы малой мощности, отличающиеся значительной слоистостью и неоднородностью литологического строения. Слоистые отложения с чередованием прослоек различного гранулометрического состава обладают повышенной общей влагоёмкостью и значительно большим содержанием легкодоступной для растений влаги по сравнению с однородными грунтами. Слоистые грунты, ввиду действия менисковых сил, представляют собой намного большее препятствие

для просачивания воды вглубь, чем однородные. К тому же под маломощным лёссовым плащом залегают слоистые песчано-глинистые отложения мощностью около 1,0-2,5 м, образовавшиеся в раннечетвертичное время, которые являются водоупором, способствующим формированию верхнего горизонта грунтовой воды или верховодки. Таким образом, возникли существенно отличающиеся между собой гидрогеологические условия, что определило соответствующее распределение древесной (лесной) и травянистой (степной и луговой) растительных формаций, а следовательно, и генезис почв.

Г.П. Сурмач считал, что главной причиной мозаичного распределения древесной и травянистой растительных формаций и соответствующих им почв является различная влагоёмкость слоистых литологически неоднородных и мощных более однородных толщ. Формирование серых лесных почв обусловлено благоприятным литологическим строением корнеобитаемой и подстилающей толщи почвогрунта (активная зона водообмена), способной удерживать гравитационную влагу и обеспечивать водой лесную растительность. Как отмечали Афанасьева Е.А. [14] и Большаков А.Ф. [15], при двучленном строении верхнего яруса лёсса формируется горизонт капиллярно-подвешенной воды, что улучшает гидрологические условия местообитания растительности. Связь распространения лесов с неоднородным литологическим строением корнеобитаемой и подстилающей толщи почвогрунта, а степей с мощной однородной толщей лёсса является всеобщей. Кроме лесостепной зоны лес продвинулся по суходольной гидрографической сети далеко в сухую степь и даже в полупустыню.

Распространение байрачных (балочных) лесов связано с особенностями литологического строения пород, а также с повышенным увлажнением берегов балок за счет снега и грунтового подтока влаги. Лес иногда выходит из балок по ложбинам на склоны, где залегают близко от поверхности или выклиниваются песчано-глинистые образования при наличии водоупоров. Однако на берегах балок, сложенных мощными лёссовыми отложениями, лес не поселялся и под луговой растительностью образовались чернозёмы.

Таким образом, Г.П. Сурмач доказал, что синтез взаимодействующих факторов и процессов четвертичного времени, воссоздание картины формирования рельефа и становления литогенной (гидрогеологической) основы природных ландшафтов дают ключ к лучшему пониманию дальнейшего развития антропогенных ландшафтов и к научно обоснованию мер по охране природы, включая меры по защите почв от эрозии. Рассмотрение процесса рельефообразования и отложения лёссов как единого ЭАП позволило Г.П. Сурмачу решить такую важную проблему – распределение в лесостепи лесов и степей и образование черноземов и серых лесных почв. Эта теория также объясняет произ-

растание в степной зоне лесов на водоразделах и в суходольной гидрографической сети (байрачные леса). Она помогает теоретически осмыслить грандиозные процессы эрозионного разрушения возвышенностей и формирования лёссовых пород (коры выветривания), т.е. литогенной основы современных ландшафтов, а также более полно и правильно оценить большую роль растительности (биологический фактор) в рельефообразовании. Наиболее глубокое понимание причинно-следственных связей и результатов взаимодействия различных факторов при циклическом развитии ЭАП открывает перспективу направленного регулирования этих процессов в условиях хозяйственной деятельности, более продуктивного использования земель и более правильного подхода к охране окружающей среды.

Сделанные им разработки помогают выявить особенности формирования грунтовых вод на участках с сетью лесных полос. При гидрогеологическом обследовании территории можно прогнозировать характер формирования нового верхнего горизонта воды или устойчивой верховодки при проектировании противозерозионного комплекса, предвидеть возможность продвижения грунтового потока вниз по склону, а также выклинивание его и использования этой воды растениями. На серых лесных почвах более благоприятные условия для продвижения грунтового потока от лесных

полос вниз по склону, чем на чернозёмах. При наличии мощной толщи однородного лёсса вода просачивается преимущественно вертикально вниз.

Развитие теории Г.П. Сурмача продолжил его ученик, доктор сельскохозяйственных наук Е.А. Гаршинев. Он начал работать на Новосибирской ЗАГЛОС им А.С. Козменко в 1964 г., а в 1974-1975 гг. руководил отделом защиты почв от эрозии ВНИАЛМИ. За годы работы на станции и в институте (до 2008 г.) он провел большую работу и сделал много открытий, обобщенных им в монографиях [16, 17]. Им уточнены условия формирования эрозионно-аккумулятивных форм рельефа; разработана логико-графическая схема эволюции склонов в ходе ЭАП (рисунок 3) [16]; обосновано, что эрозионный промоинно-овражный размыв спонтанно и последовательно проходит стадии от обрывистых откосов к осыпным склонам делювиального смыва и аккумуляции. На этой основе впервые показано, что форма склонов является адекватным выражением ЭАП, и предложено выражать функцию формы склона посредством логистического уравнения. Таким образом, им найдено универсальное математическое выражение для описания выпукло-вогнутых склонов, как результата проявления ЭП, что вполне согласуется с воззрениями Д.Л. Арманда [9] и Л. Кинга [18] о всеобщности такого образования склонов на суше Земли.

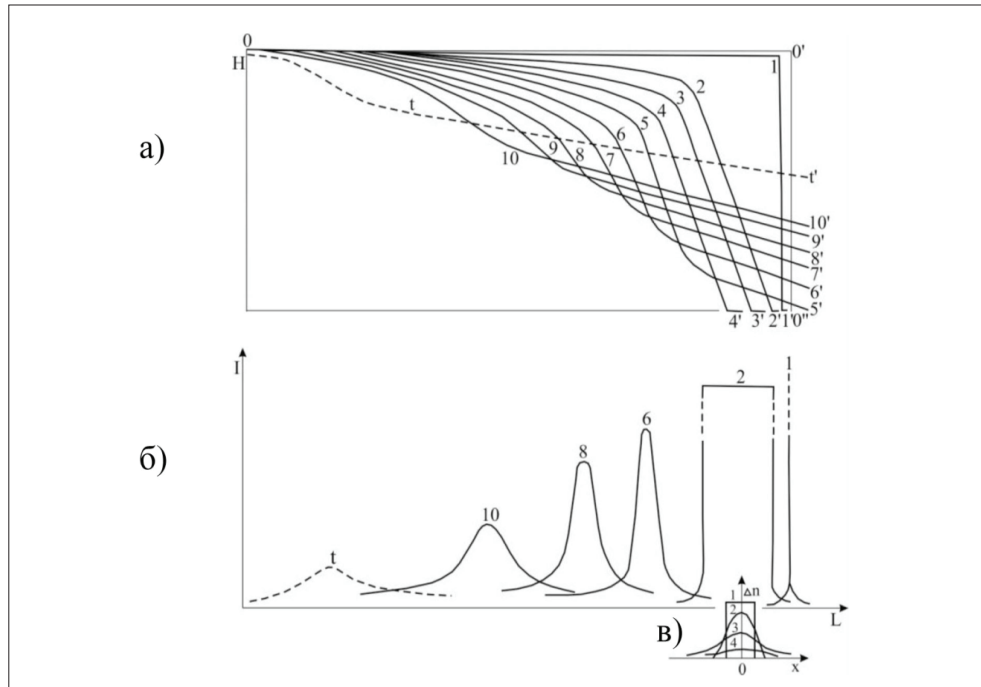


Рисунок 3. Логико-графическая схема эволюции отметок Н (а) и уклонов I (б) поверхности склона в ходе эрозионно-аккумулятивного процесса. Диффузия избыточных носителей с поверхности субстрата (в)

Ученик Г.П. Сурмача В.И. Панов внес большой вклад в совершенствование основ противозерозионной мелиорации, созданных А.С. Козменко [19]. Пановым разработана схема эрозионной самоор-

ганизации равнинного рельефа, созданы научные основы современного синергетического эрозио-ландшафтоведения, рассчитаны оптимальные соотношения основных угодий (пашни-степи-ле-

са-воды-поселений) для эталонного балочного и речного бассейновых агроландшафтов. Опираясь на синергетическую парадигму и представления об открытых самоорганизующихся системах развития древне-эрозионного рельефа А.С. Козменко – Г.П. Сурмача, он вышел на принципы самоорганизации склоново-бассейновых элементов равнинного эрозионного рельефа суши и классификации самоорганизованной суходольно-речной гидрографической сети [19]. Им впервые экспериментально выявлены численные величины потерь на ветро-метельную сублимацию и снос-перенос снега за холодный (зимний) период в незащищенном степном агроценозе и в лесозащищенных полях. Так, в степном засушливом поясе при годовой сумме осадков 400-450 мм непродуктивные годовые потери с незащищенных лесными полосами агроценозов достигают 230-280 мм или 50-60%. Лесной кластер обладает высоким тормозящим воздействием на аэрогидродинамические потоки (ветры, метели, суховеи, склоновые водные ручьи и потоки вод поверхностного стока), что снижает их интенсивность и негативное энтропийное действие на почвы и агроценозы. Лесной кластер увеличивает приходные составляющие весеннего водного баланса (атмосферные осадки, впитывание) и сокращает расходные (сублимацию, физическое испарение, поверхностный сток), локализует и снижает эрозию, сокращает потери влаги на физическое испарение и транспирацию на 15-20%.

Выполненные в отделе борьбы с эрозией почв ВНИАЛМИ разработки по аспектам теории рельефообразования составляют единое целое с работами в области гидрологических процессов. Выполнены обширные исследования по экспериментальной оценке природных факторов эрозионно-гидрологического режима территории водосборов и антропогенных приемов управления им (обработка почвы, лесо-лугомелиоративные мероприятия и гидротехнические приемы), обоснованы и проверены новые теоретические положения, объясняющие физику ЭГП, созданы и апробированы физические и математические модели.

Выдающаяся роль в этом принадлежит Г.П. Сурмачу. Он в 1958 г. организовал в лесостепной, степной и полупустынной зонах стационарные исследования в 4 пунктах опытной сети ВНИАЛМИ в Орловской, Самарской и Волгоградской областях, где исследования проводятся до настоящего времени. Особенно важны в этом отношении экспериментальные и теоретические исследования факторов просачивания и стока дождевых и талых вод в почву. Особую актуальность имеют результаты экспериментальных оценок с применением методов дождевания, воднобалансовых площадок и использования метода напуска. Полученные в экспериментах материалы за период свыше 60 лет вошли в «золотой фонд науки». Они позволили выдвинуть и обосновать новые теоретические положения, существенно уточняющие представления о физической природе гидрологических про-

цессов, по-новому трактовать условия просачивания дождевых и талых вод в почву, что позволяет усовершенствовать существующие и разработать новые математические модели.

Барабанов А.Т. [20], используя результаты собственных исследований, а также обобщения данных ВНИАЛМИ и литературных источников, дал оценку поверхностного стока талых вод с сельскохозяйственных угодий (рыхлая и уплотненная пашня); разработал теоретические кривые вероятности превышения стока по многолетним рядам наблюдений (за период свыше 60 лет); выявил связь стока талых вод на зяби и уплотненной пашне с запасами воды в снеге и почве (в слое 0-50 см) перед снеготаянием, глубиной ее промерзания и продолжительностью снеготаяния на юге ЦРНЗ, в ЦЧО и Поволжье; сформулировал закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод. Было установлено, что существенно на сток талых вод влияют только снеготаяния и продолжительностью снеготаяния на юге ЦРНЗ, в ЦЧО и Поволжье; сформулировал закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод. Было установлено, что существенно на сток талых вод влияют только снеготаяния, увлажнение и глубина промерзания почвы. Интенсивность и продолжительность снеготаяния на величину стока талых вод не влияют. Объясняется это тем, что верхний слой почвы (0-30 см) увлажняется до наименьшей (предельной полевой) и даже полной влагоемкости, т. е. почва, как саморегулирующаяся система, поглощает максимально возможное количество воды, обусловленное ее дефицитом, а остальная стекает. Им был открыт закон лимитирующих факторов стока. Суть его состоит в том, что при некотором (лимитирующем) значении одного из трех факторов (снеготаяния, увлажнение и глубина промерзания почвы) сток не формируется независимо от уровня двух других. Были определены максимальные значения факторов, при которых сток не формируется. При уровнях факторов, выше лимитирующих, сток формируется, и величина его зависит от увлажнения почвы и снеготаяния.

Впервые им теоретически исследовано, сформулировано и экспериментально подтверждено положение о том, что верхний (до 30 см) слой почвы в гидрологическом отношении, как саморегулирующаяся система, способен поглотить и удержать определенное количество воды, равное дефициту влажности, максимальная величина которого в мерзлом состоянии может достигать полной влагоемкости верхнего слоя. Дефицит влаги (разница между полной влагоемкостью $w_{пв}$ и фактическими влагозапасами $w_{ф}$) обуславливает величину водопоглощения. Слой стока u зависит от дефицита влаги в почве Δw и снеготаяния перед снеготаянием w_c . В общем виде уравнение можно записать так: $u = w_c - (w_{пв} - w_{ф}) = w_c - \Delta w$.

Опираясь на выявленные закономерности и связи, можно рассчитывать поверхностный сток талых вод по уравнению (патент № 2347222 [21]):

$$Y = \frac{\sum_1^n (Y_{ai} \cdot S_{ai})}{\sum_1^n S_{ai}},$$

где Y – слой стока с сельскохозяйственных угодий, мм; Y_{ai} – слой стока с i -того агрофона (зять, озимые, многолетние травы и др.), который определяется по уравнениям связи стока с природными факторами, мм [20]; S_{ai} – соответственно площадь этих агрофонов, га.

Это позволяет более обоснованно подходить к разработке приемов регулирования стока и защиты почв от эрозии.

Е.А. Гаршиным [16] выдвинута и обоснована концепция «ледяного экрана», формирующегося на границе талого и мерзлого слоев почвы, который играет важнейшую роль в ЭГП. Ее суть состоит в том, что при оттаивании верхнего слоя почвы по границе с мерзлым слоем происходит полное перекрытие всех пор почвы (за исключением макрокапиллярных) льдом, и инфильтрация влаги в обычном ее понимании замещается процессом «термоинфильтрации» – протаиванием почвы в результате ее теплообмена за счет притока тепла извне. При этом талый слой почвы насыщается до полной влагоемкости, а мерзлый имеет естественный уровень увлажнения. Формирование ледяного экрана и обуславливает сток талых вод даже в условиях, когда верхние мерзлые слои почвы весьма далеки от насыщения. Им также обосновано, что в летний период аналогично ледяному экрану в почве формируется слой со сплошной менисковой пленкой, что и обуславливает формирование дождевого стока даже при весьма низкой исходной влажности почвы.

Очень важное направление исследований во ВНИАЛМИ возглавлял доктор с.-х. наук, профессор И.Г. Зыков, будучи заведующим отделом борьбы с эрозией почв с 1975 по 2010 г. Основным направлением его исследований была разработка научных основ и технологии лесной мелиорации гидрографической сети. Он исследовал закономерности оврагообразования и разрабатывал систему противоэрозионных мероприятий. Все его исследования были направлены на разработку и совершенствование научных основ противоэрозионной лесомелиорации и новых методов защиты почв от эрозии. Он разработал научные основы и технологию лесомелиорации гидрографической сети, эродированных склонов, методы оптимизации лесоаграрных ландшафтов при различных формах землепользования. Им был разработан принципиально новый способ обработки смытых почв под многолетние насаждения, который позволил расширить зону применения лесомелиорации, повысить эффективность защитных лесных насаждений (ЗЛН).

В.П. Борец, руководя Новосильской опытной станцией с 1979 по 1996 гг., расширил круг изучаемых вопросов. Наряду с исследованием закономерностей ЭГП и ЭАП, выявления роли природных факторов в формировании стока, разработкой системы противоэрозионных мероприятий было проведено изучение вопросов лесоводственных уходов разной интенсивности и лесовозобнови-

тельных рубок в ЗЛН, лесорастительных условий на эродированных землях, теплового баланса и энергетического режима территорий с системами ЗЛН, почвозащитной роли элементов и комплекса противоэрозионных мероприятий, лесосырьевой продуктивности и многофункциональной роли ЗЛН, экономической эффективности ЗЛН противоэрозионной устойчивости почв, продуктивности полевых и луговых угодий лесоаграрных ландшафтов, влияние ЗЛН на перераспределение радионуклидов, проведено почвенное обследование и составлена почвенная карта территории ОПХ станции, исследования по изменению агрохимических показателей смытых лесных почв под травянистыми фитоценозами в системе стокорегулирующих лесных полос и др. Проведенные под руководством академика РАСХН Е.С. Павловского системные исследования ЗЛН станции выявили их многофункциональную роль (мелиоративную, рекреационную, социальную) и высокую потенциальную продуктивность лесоаграрного ландшафта.

А.И. Петелько за длительный период работы на Новосильской станции (с 1965 г. по настоящее время) проводил исследования по эффективности противоэрозионных мероприятий в садах на склонах, разработке технологических основ формирования оптимальных агролесомелиоративных комплексов в целях управления ЭГП в системе ландшафтного земледелия, изучал биопродуктивность противоэрозионных ЗЛН и разрабатывал пути её повышения, проводил исследования по повышению долговечности и агроэкологической эффективности ЗЛН для лесостепной зоны. Им изучались закономерности ЭГП при крупнополосном размещении сельскохозяйственных культур в системе контурных лесных полос. Разрабатывалась математическая модель эрозионно-гидрологического режима в зоне влияния ЗЛН и компьютерные средства её реализации для склона-блока. Разрабатывались теоретические положения и практические приёмы лесной мелиорации и хозяйственного использования присетевых склонов в овражно-балочной сети. Разрабатывалась система агролесомелиоративных приёмов рационального преобразования эрозионно-гидрологического режима водосборных бассейнов. Исследовались новые приёмы управления ЭГП на склоновых землях. Изучалось влияние стокорегулирующих лесополос разной конструкции на природные факторы стока и ЭГП.

Кроме ВНИАЛМИ основы противоэрозионной мелиорации А.С. Козменко в той или иной степени совершенствовались и в других научных учреждениях и вузах: ВНИИЗиЗПЭ, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, Воронежский ГАУ, НИИСХ Юго-Востока и многие другие [22–26].

В результате работы многих поколений ученых основы противоэрозионной мелиорации А.С. Козменко теперь получили название – адаптивно-ландшафтное земледелие. Целью адаптивно-лан-

дшафтного земледелия является создание таких условий, при которых сохранялись бы природные ландшафты, улучшались агроландшафты и восстанавливались деградированные земли. Адаптивно-ландшафтное земледелие – это сельскохозяйственная деятельность, при которой максимально учитываются особенности природных и антропогенных ландшафтов, требовательность сельскохозяйственных культур к условиям произрастания, оптимально реализуется ресурсный потенциал, каждый земельный участок используется с учетом его агроэкологической оценки [27].

В.И. Кирюшиным разработана методология построения модели систем земледелия [28] на основе учета природно-экологических и социально-экономических условий. Она также построена с учетом основ противозерозионной мелиорации А.С. Козменко. Им сформулировано определение адаптивно-ландшафтной системы земледелия: «система использования земли определенной агроэкологической группы, ориентированная на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия» [28].

Современное поколение ученых ФНЦ агроэкологии РАН (ВНИАЛМИ) разработало технологию создания адаптивно-ландшафтной системы земледелия. Она строится на принципах адаптивно-ландшафтного обустройства территории и создания агролесомелиоративного экологического каркаса. Определяющим моментом агроландшафтного обоснования организации землепользования является типология земель (выделение контуров по однородным агроэкологическим условиям) и определение характера их использования, а также применение технологий, приемов и мероприятий, обеспечивающих нормальное функционирование агроэкосистем.

Технология агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства территории создана на основе разработок Е.А. Гаршинёва о функции формы склона как функции эрозии и аккумуляции [40]. Адаптивно-ландшафтное обустройство осуществляется в несколько этапов: расчет стока и смыва талых вод, расчет расстояний между стокорегулирующими лесополосами и другими рубежами, определение параметров проектируемых лесополос (подбор конструкции, рядность, породный состав).

Е.А. Гаршинев [16] разработал методику размещения стокорегулирующих рубежей на склоновых землях на расчетной основе. Она в настоящее время является основой технологии агролесомелиоративного обустройства водосборов. Для ее реализации на практике им разработана последовательная система уравнений, которая позволяет

на основе имеющегося картографического материала (космоснимка, цифровой модели рельефа и тематических топокарт) при применении водосборного подхода провести анализ подверженности территории эрозионным процессам и определить местоположение на склонах защитных лесных полос. Е.А. Гаршинёвым [16] разработана теория и созданы математические модели ЭАП. Они доведены до инженерного расчета и реализованы пакетом прикладных программ. Аналитическое выражение формы склонов описывается универсальной логистической функцией [16]:

$$H = (H_{\max} - H_{\min}) / (1 + \exp(-a + bL)) + H_{\min},$$

где H , H_{\max} , H_{\min} – текущая отметка, максимальная и минимальная асимптоты поверхности склона; L – расстояние от водораздела; a и b – параметры.

Полученные результаты позволяют использовать логистическую функцию для решения многих задач прикладной геоморфологии, ландшафтоведения, почвоводоохранного земледелия: получать на основе расчетов геологическое строение зоны аэрации и положение уровней грунтовых вод, выполнять комплексное ландшафтное районирование территории, прогнозировать естественную и антропогенную эволюцию ландшафтов и т. п.

В связи с тем, что закон, описывающий форму склона и эрозионно-аккумулятивный процесс, един, им разработано уравнение для расчета смыва [16]:

$$W_t = L[K]h^s(\varphi_1 P^2)^m L^n,$$

где L – коэффициент, учитывающий размерность, пропорциональность и противозерозионную стойкость агрофона; $[K]$ – произведение коэффициентов, учитывающих почвенные условия и эффективность почвозащитных приемов; h – слой стока; $\varphi_1 = bc\varphi/\Delta P$; $\varphi = \exp(-bL)$; $c = \exp(a)$; ; ; m , n , s – параметры ($m \approx 1...2$; $n \approx 0,5...1$; $s = 0,96$).

Использование этого уравнения и его первых четырех производных позволяет определять аналитически геоморфологические характеристики рельефа, выполнять геоморфологическое картографирование и районирование территории, аналитически определять границы ландшафтных поясов и т. п. Использование логистической функции позволяет строить карты текущих значений уклонов и смыва почв (ранее такие карты строились только по дискретным оценкам этих характеристик), выполнять расчеты противозерозионных рубежей (в т. ч. стокорегулирующих лесополос) и границ почвозащитных земельных фондов (ландшафтных полос).

Все это позволило ему разработать оригинальную систему автоматизированного проектирования (САПР) противозерозионных мероприятий [16]. САПР – это совокупность технологических действий (операций) с применением ЭВМ и иных электронных средств, обеспечивающих исполь-

зование баз данных, математических моделей, пакетов прикладных программ, выполнение в автоматическом и полуавтоматическом режимах инженерных расчетов, машинной графики, формирование текстовой документации по всему циклу проектной разработки систем агролесомелиоративных и иных противодеградационных мероприятий. САПР в 3-4 раза сокращает затраты на выполнение трудоемких графических работ и в 1,5-2 раза увеличивает производительность труда при проектировании.

Заключение. Таким образом, заложенные 100 лет назад основы противоэрозионной мелиорации получили достойное развитие и являются сейчас базой для эрозионнобезопасного высокопродуктивного земледелия на основе адаптивно-ландшафтного обустройства территории и создания агролесомелиоративного экологического каркаса.

Результаты многолетней работы легли в основу разработки «Научные основы автоматизированного проектирования и практическое применение агролесомелиоративных почвозащитных систем адаптивно-ландшафтного обустройства сельскохозяйственных земель Российской Федерации», которая была удостоена Премии Правительства РФ в 2001 г.

Литература:

1. Труды экспедиции, снаряженной Лесным департаментом, под руководством проф. В. В. Докучаева // Сочинения. М.-Л.: АН СССР, 1951. С. 103-204.
2. Докучаев В.В. Овраги, их происхождение и деятельность / В.В. Докучаев // Избр. соч. М., 1954. С. 543-560.
3. Козменко А.С. Теоретические основы борьбы с эрозией почв / А.С. Козменко // Эрозия почв. М. - Л.: АН СССР, 1937. С. 67-99.
4. Козменко А.С. Борьба с эрозией почв / А.С. Козменко. М.: Сельхозгиз, 1954. 229 с.
5. Костычев П.А. Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства / П.А. Костычев. Ч. I. Л.: АН СССР, 1951. 156 с.
6. Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними / С.С. Соболев. Т.1. М.-Л.: АН СССР, 1948. 305 с.
7. Арманд Д.Л. Естественный эрозионный процесс / Д.Л. Арманд // Географическая среда и рациональное использование природных ресурсов. М.: Наука, 1983. С. 56-70.
8. Сурмач Г.П. Пути борьбы с эрозией почв в СССР / Г.П. Сурмач // Итоги работы института опытных станций и пунктов. Т.1. Вып. 35. Волгоград: Волгоградское книжное изд-во, 1961. С. 45-66.
9. Козменко А.С. Работы Новосильской опытно-овражной станции по изучению приемов борьбы с эрозией / А.С. Козменко // Эрозия почв. М.-Л.: АН СССР, 1937. С. 155-185.
10. Зюзь Н.С. Всесоюзный научно-исследовательский институт агролесомелиорации (ВНИАЛМИ). Краткая история / Н.С. Зюзь. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2009. 114 с.
11. Козменко А.С. Основы противоэрозионной мелиорации / А.С. Козменко. М.: Сельхозгиз, 1954. 424 с.
12. Сурмач Г.П. Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия / Г.П. Сурмач. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1992. 174 с.
13. Лавренко Е.М. Растительность европейской части СССР / Е.М. Лавренко, А.В. Прозоровский // Почвы СССР. Т.1. М.-Л.: АН СССР, 1939. С. 101-156.
14. Афанасьева Е.А. Черноземы Среднерусской возвышенности / Е.А. Афанасьева. М.: Наука, 1966. 224 с.
15. Большаков А.Ф. Влияние двучленности наносов на водный режим мощных черноземов / А.Ф. Большаков // Почвоведение. 1959. №7. С. 31-40.
16. Гаршинев Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс. Теория и модели / Е.А. Гаршинев. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. 196 с.
17. Гаршинев Е.А. Противоэрозионная лесомелиорация и эволюция эрозионно-гидрологического процесса: автореф. дис. доктора с.-х. наук / Е.А. Гаршинев. Волгоград, 1995. 48 с.
18. Кинг Л. Морфология земли / Л. Кинг. М.: Прогресс, 1967. 560 с.
19. Панов В.И. Оптимизация соотношения основных ландшафтных угодий (кластеров) в бассейновом агроэколандшафте степного засушливого пояса России / В.И. Панов // Научно-агрономический журнал. 2021. №2. С 6-17.
20. Барабанов А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие / А.Т. Барабанов. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 188 с.
21. Пат. № 2347222 А01В13/16, G01N33/24 Способ прогнозирования поверхностного стока талых вод / Барабанов А. Т. (РФ), Гаршинёв Е. А. (РФ), Кулик К. Н. (РФ); заявитель ГНУ ВНИАЛМИ. № 2009126879/12; заявл. 24.07.2006; опубл. 20.02.2009, Бюл. № 5. 3 с.
22. Здоровцов И.П. Влияние почвоохранного земледелия на эрозионно-гидрологические процессы и продуктивность агроландшафтов в ЦЧР / И.П. Здоровцов // Известия Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. №7. С. 53-54.
23. Каштанов А.Н. Почвы России, их состояние и системы земледелия (к 120-летию Докучаевского комплекса в Каменной Степи и 100-летию Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I) / А.Н. Каштанов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. №3(34). С. 36-40.
24. Кирюшин В.И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия / В.И. Кирюшин. Пушино, 1993. 64 с.
25. Лопырев М.И. Опыт планирования и внедрения эколого-ландшафтных систем земледелия в Центральном Черноземье / М.И. Лопырев, К.Е. Стекольников // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. №4(66). С. 8-10.
26. Шабаев А.И. Почвоохранные мелиорации и ресурсосбережение в адаптивно-ландшафтном земледелии / А.И. Шабаев // Земледелие. 2009. №1. С.6-10.
27. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Волгоградской области на период до 2015 года / А.Л. Иванов [и др.]. Волгоград: ИПК Волгоградской ГСХА «Нива», 2009. 304 с.
28. Агроэкологическая оценка земель, проектирова-

From the basics of anti-erosion reclamation of A.S. Kozmenko – G.P. Surmach school to contemporary systems of adaptive-landscape farming (History of erosion science in VNIALMI)

Dedicated to the 90th anniversary of VNIALMI and the 100th anniversary of Novosil'sk ZAGLOS named after A.S. Kozmenko

Anatoly T. Barabanov¹, D.S-Kh.N., ORCID: 0000-0001-9945-654X, barabanov-a@vfanc.ru,
Anatoly I. Petelko², D.S-Kh.N., ORCID: 0000-0002-7546-0410, Valery I. Panov³, K.G.N, ORCID: 0000-0002-8489-9791,
Anastasia V. Kulik¹, K.S-Kh.N., ORCID: 0000-0001-8736-5464, Oleg A. Gordienko¹, junior researcher, ORCID: 0000-0001-5381-9114,
Maxim R. Shayfullin¹, research technician, ORCID: 0000-0001-5055-7251

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: nfo@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Avenue, 97, Volgograd, Russia

²Novosil'skaya Zonal Agroforestral Experimental Station, branch of the FSC of Agroecology RAS,

e-mail: zaglos@mail.ru, 303035, Orel Region, Mtsensk, 2A Semashko St., Russia

³Volga agroforestry experimental station – affiliate of FSC of Agroecology RAS,

e-mail: aglos163@mail.ru, 446534, Samara Region, Novoberezhovskiy village, Russia

The article presents the erosion scientist's from VNIALMI input in the study of erosion-accumulative hydrological process and the creation of foundations of anti-erosion reclamation and contemporary adaptive-landscape farming systems. A.S. Kozmenko was the first Russian scientist, who initiated a systematic study of the erosion-hydrological process and the development of an action system for its regulation, as well as the first in the world created an original theory of relief formation. Further development of A.S. Kozmenko's views was continued by his student G.P. Surmach. He carried out comprehensive soil-erosion studies, added A.S. Kozmenko's theory of relief formation, gave a theory of the formation of gray forest soils and chernozems in the forest-steppe, developed a new classification of soils by degree of washing away. Development of G.P. Surmach theory was continued by his students – E.A. Garshinyov, V.P. Borets, A.T. Barabanov, V.I. Panov, A.I. Petel'ko. The conditions of erosion-accumulative landforms formation were clarified; a logical-graphical scheme of slope evolution during the erosion-accumulative process was developed, a scheme of plain relief self-organization

was developed; scientific foundations of contemporary synergetic erosion-landscape science were created, optimal ratios of major land-use (arable-steppe-forest-water-settlements) were calculated; the relationship between meltwater runoff and water reserves in snow and soil, the depth of its freezing and the duration of snowmelt in the south of the Central regions of the non-chernozem zone, the Central chernozem region and the Volga region was revealed; the law of surface meltwater runoff limiting factors was formulated; the concept of «ice screen», formed at the border of thawed and frozen soil layers, which plays the most important role in the erosion-hydrological process was proposed and substantiated. Thus, centuries-old studies in the field of anti-erosion reclamation have received a worthy development and are now the basis for erosion-safe high-productive farming on the basis of adaptive-landscape arrangement of the territory and creation of agroforestry-ameliorative ecological framework.

Keywords: relief formation, the basics of anti-erosion land reclamation, adaptive landscape agriculture, surface runoff, erosion and hydrological process, soil erosion

Received: 16.08.2021

Accepted: 23.09.2021

References:

1. *Trudy ekspeditsii, snaryazhennoj Lesnym departamentom, pod rukovodstvom prof. V. V. Dokuchayeva* [The works of the expedition formed by the Forest Department, under the prof. V.V. Dokuchayev leadership]. *Essays*. Moscow-Leningrad: AN USSR Publ. house, 1951. pp. 103-204. (In Russian)

2. *Dokuchayev V.V. Ovrugi, ikh proiskhozheniye i deyatel'nost'* [Ravines, their origin and activity]. *Selected essays*. Moscow, 1954. pp. 543-560. (In Russian)

3. Kozmenko A.S. *Teoreticheskiye osnovy bor'by s eroziyey pochv* [Theoretical foundations of soil erosion combating]. *Eroziya pochv* [Soil erosion]. Moscow-Leningrad: AN SSSR Publ. house, 1937. pp. 67-99. (In Russian)

4. Kozmenko A.S. *Bor'ba s eroziyey pochv* [Combating soil erosion]. Moscow: «Sel'hozgiz» Publ. house, 1954. 229 p. (In Russian)

5. Kostychev P. A. *Pochvy chernozemnoj oblasti Rossii, ikh*

proiskhozheniye, sostav i svoystva [Soils of the chernozem region of Russia, their origin, composition and properties]. Vol. I, Leningrad: AN SSSR Publ. house, 1951. 156 p. (In Russian)

6. Sobolev S.S. *Razvitiye erozionnykh protsessov na territorii yevropejskoj chasti SSSR i bor'ba s nimi* [The erosion processes development on the territory of the European part of the USSR and combating against them]. Vol.1. Moscow-Leningrad: AN SSSR Publ. house, 1948. 305 p. (In Russian)

7. Armand D. L. *Yestestvennyy erozionnyy protsess* [Natural erosion process]. *Geograficheskaya sreda i ratsional'noye ispol'zovaniye prirodnykh resursov* [Geographical environment and rational use of natural resources]. Moscow: «Nauka» Publ. house, 1983. pp. 56-70. (In Russian)

8. Surmach G. P. *Puti bor'by s eroziyey j pochv v SSSR* [Ways to combat soil erosion in the USSR]. *Itogi raboty institute opytnykh stantsij i punktov* [Results of the Institute of experimental

stations and pointwork]. Vol. 1. Issue 35. Volgograd: Volgograd Book Publ. house, 1961. pp. 45-66. (In Russian)

9. Kozmenko A.S. *Raboty Novosil'skoj opytно-ovrazhnoj stantsii po izucheniyu priyemov bor'by s eroziyey* [The Novosil'skaya experimental ravine station the methods of combating erosionstudying]. *Eroziya pochv* [Soil erosion]. Moscow-Leningrad: AS USSR Publ. house, 1937. pp. 155-185. (In Russian)

10. Zyuz' N.S. *Vsesoyuznyj nauchno-issledovatel'skij institut agrolesomelioratsii (VNIALMI). Kratkaya istoriya* [All-Union Scientific Research Institute of Agroforestry (VNIALMI). A brief history]. Volgograd: VNIALMI Publ. house, 2009. 114 p. (In Russian)

11. Kozmenko A.S. *Osnovy protiverozionnoj melioratsii* [Fundamentals of anti-erosion reclamation]. Moscow: «Sel'khozgiz» Publ. house, 1954. 424 p. (In Russian)

12. Surmach G.P. *Rel'yefoobrazovaniye, formirovaniye lesostepi, sovremennaya eroziya i protiverozionnyye meropriyatiya* [Relief formation, forest-steppe formation, contemporary erosion and anti-erosion measures]. Volgograd: VNIALMI Publ. house, 1992. 174 p. (In Russian)

13. Lavrenko Ye.M. Prozorovskij A.V. *Rastitel'nost' yevropejskoj chasti SSSR* [The European part of the USSR vegetation]. *Pochvy SSSR* [USSR soils]. Vol.1. Moscow-Leningrad: AS USSR Publ. house, 1939. pp. 101-156. (In Russian)

14. Afanas'yeva Ye.A. *Chernozemy Sredne-Russkoj vozvyshehnosti* [Chernozems of the Middle-Russian Upland]. Moscow: «Nauka» Publ. house, 1966. 224 p. (In Russian)

15. Bol'shakov A. F. *Vliyaniye dvuchlennosti nanosov na vodnyy rezhim moshchnykh chernozemov* [The sediments binomial nature influence on the water regime of thick-layerschernozems]. *Pochvovedeniye* [Soil science]. 1959. №7. pp. 31-40. (In Russian)

16. Garshinyov Ye. A. *Eroziionno-gidrologicheskij protsess. Teoriya i modeli* [Erosion-hydrological process. Theory and models]. Volgograd: VNIALMI Publ. house, 1999. 196 p. (In Russian)

17. Garshinyov Ye. A. *Protiverozionnaya lesomelioratsiya i evolyutsiya eroziionno-gidrologicheskogo protsessa: avtoref. dis. doktora s.-kh. Nauk* [Anti-erosion forest reclamation and the evolution of the erosion-hydrological process: abstract of the dissertation of the Doctor of Agricultural Sciences]. Volgograd, 1995. 48 p. (In Russian)

18. King L. *Morfologiya zemli* [Morphology of the earth]. Moscow: «Progress» Publ. house, 1967. 560 p. (In Russian)

19. Panov V.I. *Optimizatsiya sootnosheniya osnovnykh landshaftnykh ugodij (klasterov) v bassejnovno magroekolandshafte stepnogo zasushlivogo poyasa Rossii* [The main landscape lands (clusters) ratio optimization in the basin agroecolandshafte of the steppe arid zone of Russia]. *Scientific Agronomic Journal*. 2021. 2. pp 6-17. (In Russian)

20. Barabanov A.T. *Eroziionno-gidrologicheskaya otsenka vzaimodejstviya prirodnykh i antropogennykh faktorov formirovaniya poverkhnostnogo stoka talykh vod i adaptivno-landshaftnogo zemledeliya* [Erosion-hydrological assessment

of interaction between natural and anthropogenic factors in the surface meltwater runoff formation and adaptive landscape farming]. Volgograd: FSC of Agroecology RAS Publ. house, 2017. 188 p. (In Russian)

21. *Sposob prognozirovaniya poverkhnostnogo stoka talykh vod* [Method for predicting the surface runoff of meltwater]. Barabanov A. T. (RF), Garshinyov Ye. A. (RF), Kulik K. N. (RF) Patent RF№2347222 A01B13/16, G01N33/24

22. Zdorovtsov I.P. *Vliyaniye pochvovodookhrannogo zemledeliya na eroziionno-gidrologicheskije protsessy i produktivnost' agrolandshaftov v TSCHR* [Soil conservation agriculture impact on erosion-hydrological processes and agrolandscapes productivity in the CCR of RF]. *Izvestiya Kurskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii* [Proceedings of Kursk state agricultural academy named after I.I. Ivanov]. Kursk, 2012. №7. pp. 53-54. (In Russian)

23. Kashtanov A. N. *Pochvy Rossii, ikh sostoyaniye i sistemy zemledeliya (k 120-letiyu Dokuchayevskogo kompleksa v Kamennoj Step'i i 100-letiyu Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni imperatora Petra I)* [Soils of Russia, their condition and farming systems (on the 120th anniversary of Dokuchaev complex in the Kamennaya Step' nature reserve and on the 100th anniversary of Voronezh state agricultural university named after Emperor Peter the Great)]. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2012. № 3(34). pp. 36-40. (In Russian)

24. Kiryushin V. I. *Kontseptsiya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya* [The concept of adaptive landscape farming]. Pushchino, 1993. 64 p. (In Russian)

25. Lopyrev M.I. *Opyt planirovaniya i vnedreniya ekologo-landshaftnykh system zemledeliya v Central'nom Chernozem'e* [Experience of ecologically landscape farming systems planning and implementation in Central Chernozemye]. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*. 2017. 4(66). pp. 8-10. (In Russian)

26. Shabayev A. I. *Pochvovodookhrannyye melioratsii i resursosberezeniye v adaptivno-landshaftnom zemledelii* [Soil and water reclamation and resource conservation in adaptive landscape farming]. *Zemledelie* [Farming]. 2009. № 1. pp. 6-10. (In Russian)

27. *Sistema adaptivno-landshaftnogo zemledeliya Volgogradskoj oblasti na period do 2015 goda* [The system of adaptive landscape agriculture of the Volgograd region for the period up to 2015]. A.L. Ivanov [et al.]. Volgograd: IPK of Volgograd GSKHA «Niva» Publ. house, 2009. 304 p. (In Russian)

28. *Agroekologicheskaya otsenka zemel', proyektirovaniye adaptivno-landshaftnykh system zemledeliya i agrotekhnologii: metodicheskoye rukovodstvo* [Agroecological assessment of lands, design of adaptive landscape systems of agriculture and agrotechnologies: methodological guidance]. ed. V.I. Kiryushin, A.L. Ivanov, Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh» Publ. house, 2005. 784 p. (In Russian)

Цитирование. Барабанов А.Т., Петелько А.И., Панов В.И., Кулик А.В., Гордиенко О.А., Шайфуллин М.Р. От основ противоэрозионной мелиорации школы А.С. Козменко – Г.П. Сурмача к современным системам адаптивно-ландшафтного земледелия (история эрозиоведения во ВНИАЛМИ) // Научно-агрономический журнал. 2021. №3(114). С. 6-19. DOI: 10.34736/FNC.2021.114.3.001.6-19

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Citation. A.T. Barabanov, A.I. Petelko, V.I. Panov, A.V. Kulik, O.A. Gordienko, M.R. Shayfullin. From the basics of anti-erosion reclamation of A.S. Kozmenko-G.P. Surmach school to modern systems of adaptive-landscape farming (History of erosion science in VNIALMI). *Scientific Agronomy Journal*. 2021. 3(114). pp. 6-19. DOI: 10.34736/FNC.2021.114.3.001.6-19

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

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

Древнеэрозионная и современная самоорганизация равнинного рельефа суши степного пояса Евразии

Валерий Иванович Панов¹, к. геогр. н., в.н.с., ORCID: 0000-0002-8489-9791,

Анастасия Владимировна Кулик², к.с.-х.н., с.н.с., kulik-a@vfanc.ru, ORCID: 0000-0001-8736-5464 –

¹Поволжская АГЛОС – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, aglos163@mail.ru, 446534, Самарская область, п. Новоберёзовский, Россия

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), nfo@vfanc.ru, 400062, Университетский пр., 97, Волгоград, Россия

В результате длительной эволюции и под воздействием могущественных экзогенно-эндогенных системобразующих сил природы и человека происходит непрерывный рельефообразовательный процесс. Изначально плоский осадочный равнинный рельеф суши самоорганизовывается в пересечённый эрозионный рельеф в виде территориально локализованных рельефо-ландшафтных образований или фрактально-иерархических целостностей – суходольно-речных водосборов. Данная статья посвящена раскрытию этой сложной темы с позиций синергетической парадигмы (принципов и законов самоорганизации сложных нелинейных открытых природных систем). Каждая открытая сложная система (в данном случае анализируются водосборные бассейны) – это локализованные, изолированные друг от друга водораздельными границами, но взаимосвязанные воедино дренирующими водотоками и реками водосборные бассейны от микроводосбора маленького ручейка до гипергигантских водосборов больших и великих рек. Впервые в отечественной и мировой литературе показана эрозионная самоорганизация склоново-бассейнового равнинного рельефа как процессы с обострением в двух режимах – в LS-режиме и в HS-режиме (по С.П. Курдюмову и Г.Г. Малинецкому). Эти процессы открывают возможность математического доказательства самоорганизации на прямых склонах-гиперкатенах первичных больших водосборов с руслом в середине. В статье с позиций самоорганизации-синергетики дана фрактально-иерархическая типизация всех водосборных бассейнов, главных, обязательных элементов самоорганизованного эрозионного рельефа или земельно-эрозионных фондов (водораздельные и приводораздельные равнинные земли, склоны, присетевые крутосклонные земли, земли суходольного и речного гидрографического фонда, склоновые катены и агроэкокатены, смытые земли, линейные промоины, размывы и овраги, суходольные русла и водотоки, масштабная иерархия равнинных рек, речных пойм). Даны их краткие пространственно-временные, функциональные и хозяйственные характеристики с обеспечением экологической, гидрологической и эрозионной безопасности.

Ключевые слова: рельеф, самоорганизация, эрозия, синергетика, водосборные бассейны, типизация эрозионного рельефа, земельные фонды

Работа выполнена в рамках государственного задания НИР ФГБНУ «Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН» № 0713-2019-0003.

Поступила в редакцию: 25.07.2021

Принята к печати: 10.09.2021

Степной пояс Европейской части России, включающий в себя лесостепь, степь и сухую степь, занимает огромную лентообразную территорию, протянувшуюся с запада на восток на южном склоне Русской равнины. С севера он граничит с природно-географической зоной лиственных и широколиственных лесов, с юга – ограничен Чёрным, Азовским и Каспийским морями и массивом гор Кавказа. Это главная житница России. Степь – величайшее богатство нашей страны: здесь находятся драгоценные плодородные русские чернозёмы. Успешное и устойчивое аграрное природопользование в степи сегодня стоит перед многими вызовами и нерешёнными проблемами: глобальные изменения климата, аридизация степей, участвовавшие сильные и катастрофические засухи, ураганы, сильные метели, ливневые формы выпадения атмосферных осадков, развитие агротехногенной эрозии, неустойчивость сельскохозяйственного производства. Всё это свидетельствует о необходимости углубления наших знаний

о природе и о перспективных направлениях нашей экологичной, эффективной и безопасной природопользовательской деятельности.

Прежде всего нам надо расширить и углубить наши знания о главном объекте аграрного природопользования – земле и окружающей её природной среде. В учебных программах и современных курсах сельскохозяйственных учебных заведений очень мало внимания отводится таким предметам, как география, гидрология, геоморфология, сельскохозяйственная метеорология, ландшафтоведение, эрозиоведение, ландшафтная экология. Из-за этого многие люди, связанные с сельским хозяйством, имеют достаточно упрощённые представления о степях. Многим степь видится как необозримая, плоская и ровная, как стол, однообразная территория с низкорослой травянистой растительностью, и что к настоящему времени она полностью распаханна и занята полями с разными сельскохозяйственными культурами (рисунок 1).



Рисунок 1. Участок плоскоравнинного приводораздельного рельефа в степном поясе, создающего впечатление, что степь – это однообразная абсолютно ровная, плоская и однообразная равнина

В действительности это не совсем так. В результате длительной эволюционной самоорганизации равнинной поверхности суши под воздействием многих внешних (экзогенных) и внутренних (эндогенных) факторов сформировался и продолжает самоорганизовываться своеобразный равнинный рельеф. Его название и специфика определяется ведущими рельефообразующими силами и факторами (силы земной гравитации, выветривания горных пород, эрозии, водные и ветровые потоки, геологией суши). Исследованиями

установлено, что в степном поясе главными рельефообразующими силами выступают движущиеся воды и могущественные силы земной гравитации, под воздействием которых эволюционно происходила и происходит эрозионная самоорганизация типичных или базовых форм рельефа – фрактально-иерархических локализованных рельефных целостностей (по определению А.С. Козменко [1-4] – земельных фондов) – склонов-катен (рисунок 2), водосборных бассейнов и водотоков-русел (рисунок 3).



Рисунок 2. Склоны-катены как типичные основные формы самоорганизованного эрозионного равнинного пересечённого рельефа степного пояса (земельно-эрозионные фонды, по А.С. Козменко) с эволюционно самоорганизованными природно-зональными ландшафтами степи и лесостепи

Движущаяся вода вступает в эрозионно-гидрологический процесс (ЭГП) взаимодействия с рыхлым грунтом: возникает водная эрозия или разрушение и перемещение разрушенных измельчённых (диспергированных) рыхлых горных пород с верхнего уровня нахождения грунта до нижнего или порога базиса эрозии, где водный поток вливается в водоприёмник (река, пруд, озеро, море – это местные базисы эрозии).

Цель данной работы – исследовать эрозионную склоново-бассейновую самоорганизацию равнинного рельефа суши степного пояса, рассмотреть общие закономерности и фрактально-иерархические особенности эрозионной самоорганизации главных форм рельефа и земельных фондов

и на примере водосборного бассейна большой реки (высший иерархический уровень) дать их структурно-пространственную типизацию, а также их краткую функциональную и природопользовательскую характеристику, перспективные направления их ландшафтно-экологического, хозяйственного рационального и безопасного использования. Обращено особое внимание на более эффективное использование и защиту от эрозии крутосклонных непахотных земель присетового и суходольного гидрографических фондов с использованием Докучаевского ландшафтного принципа [1, 2] и Козменковского лесомелиоративного противозерозионного комплекса [2, 4] (рисунок 3).



Рисунок 3. Фрактально-иерархическая система суходольных и речных водосборных бассейнов с линейно-протяжённой сетью их гидрографической сети в качестве главных форм пересечённого эрозионного рельефа (на фотографии фрагмент ландшафта реки Кутулук с угодьями-кластерами ковыльной и кустарниковой степи, воды, леса и лесомелиорированной пашни)

Методологические подходы и принципы, объекты исследований. Переход к новым перспективным методологическим подходам и принципам в эрозиоведении и эрозиоландшафтоведении связан с применением новых разработок в области концепций естествознания, единой картины мира и открытых сложных самоорганизующихся систем [2, 8-10], использования синергетической парадигмы применительно к гидрологии суши (круговорота воды в природе), развития равнинного рельефа суши [2, 10], явления эрозии в процессах самоорганизации равнинного рельефа суши, ЭГП и эрозионно-аккумулятивных процессов (ЭАП), эволюционной эрозионной самоорганизации и саморазвития природно-зональных катенно-бассейновых локализованных эколандшафтов [1, 3, 10]. Это открывает возможности получения новых знаний о сущности исследуемых сложных явлений и про-

цессов, в приближении к истине и решения сложных проблем более эффективного и берегающего аграрного природопользования.

Результаты исследований и их обсуждение. В данной работе будет представлен раздел, показывающий развёрнутую общую схему структурно-пространственной типизации эрозионной склоново-бассейновой (или катенно-водосборной) фрактально-иерархической самоорганизации равнинного рельефа степного пояса суши и краткая функционально-природопользовательская характеристика главных самоорганизованных эрозионных форм рельефа (земельные фонды по классификации А.С. Козменко [3-4]).

Структурно-пространственная типизация элементов эрозионного самоорганизованного рельефа. Чтобы глубже познать такое сложное и важное явление, как эрозия, ЭГП и ЭАП, эрозионные релье-

фообразовательные процессы и многое другое, связанное с эрозией, целесообразно обратиться к новым научным методологическим направлениям: к целостной картине мира, современным концепциям естествознания, к законам самоорганизации открытых неравновесных систем (синергетика) и с их позиций рассмотреть эти категории, сделать их методологическими принципами и разработать теоретическую научную основу. В деле борьбы с эрозией почв при аграрном природопользовании большая роль принадлежит эрозиоведению как методологической и теоретической науке. Значительные разработки в её создание сделаны В.В. Докучаевым [1], А.П. Павловым, А.С. Козменко [3-4], Г.П. Сурмачем [5], С.С. Соболевым, Н.И. Маккавеевым [7], М.Н. Заславским, Р. Хортоном [12], У.М. Дэвисом, В. Пенком, Г.И. Швобом, А.В. Поздняковым, Е.А. Гаршинёвым [6] и многими другими учёными.

В конце XX столетия была разработана схема единой фрактально-иерархической самоорганизации эрозионного рельефа равнинной суши [2] в виде локальных водосборных бассейнов с выделением древних (суходольно-речных) и современных (смыв, размывы – водороины, промоины, овраги) эрозионных структур и типичных ландшафтных форм рельефа. Она разрабатывалась на методологии синергетической парадигмы, законов самоорганизации открытых сложных систем и целостной картины мира под воздействием могущественных сил природы (системообразующих сил – энергии земной гравитации, Солнца и солнечной системы, энергии ландшафтосферы и других. Упрощённо суша Земли представлена горами и равнинами. Горы, сложенные из изверженных горных пород, по происхождению первичны. Равнины, сложенные из измельчённых рыхлых седиментированных на дне лагун, озёр, морей и океанов горных пород, по происхождению вторичны. При этом они формируют плоскую равнинную поверхность. Под могучим воздействием сил земной гравитации и при переносе измельчённого горного материала (литомассы) водными и воздушными потоками по земной поверхности вся поверхность Земли была бы представлена (после полного разрушения и измельчения всех горных пород в результате выветривания) плоской равнинной поверхностью. Его можно назвать абсолютным плоскоравнинным простым рельефом-аттрактором, достигшим своего предельного состояния (полного выравнивания). Но практически такого состояния нет. За счёт сил магматизма, вулканизма, сейсмических волн и горообразования, движения континентальных плит и других сил происходят локальные поднятия и понижения, разломы и смещения, абсолютная горизонтальность равнинного рельефа нарушается. Локальные участки приобретают уклон. Участок равнинной территории становится прямым гипер-склоном (или гипер-катеной). Например, так образовалась южная гипер-катена Восточно-Европейская или Русская равнина, послужившая основой для самоорганизации водосборных бассей-

нов трёх рек Восточной Европы – Волги, Днепра и Дона. Водосборы больших и великих рек являются локальными (самостоятельными) водосборными бассейнами наивысшего иерархического уровня бассейновой самоорганизации [2]. Весь спектр бассейновой самоорганизации (от микроводосборов ручьёв до водосборов больших рек) с подробной детализацией главных самоорганизованных форм эрозионного рельефа или земельных фондов представлен в таблице 1. В ней приведена новая структурно-пространственная типизация элементов эрозионно-самоорганизованного равнинного рельефа степного пояса Русской равнины, представленная с позиции синергетической парадигмы (теории самоорганизации сложных открытых нелинейных систем) в виде фрактальной иерархии склонов-катен, русел-водотоков-рек и водосборных бассейнов (по классификации А.С. Козменко – Г.П. Сурмача – В.И. Панова).

Рельеф суши Земли – основа, на которой человек осуществляет свою природопользовательскую, в том числе и прежде всего, аграрную деятельность. Развитие рельефа Земли происходит непрерывно. Современный его облик, по исследованиям А.С. Козменко и Г.П. Сурмача, сформировался в четвертичный геологический период истории Земли. Особая роль принадлежит многолетним оледенениям – ледниковым и межледниковым эпохам.

Новизна и ценность этой таблицы заключается в том, что она базируется на новых принципах синергетической парадигмы. По определению В.И. Панова [2, 10-11], любой локализованный (естественно ограниченный) участок равнинной суши в земной ландшафтосфере (катена, водосборный бассейн, русла суходолов и речных систем) есть открытая нелинейная 3D-4D-мерная геосистема (4D-мерная – при её рассмотрении в развитии во времени [11], находящаяся в непрерывном становлении, живущая во времени). Она имеет определённый эрозионный рельеф, эволюционно развивающийся в соответствии с естественными законами эрозионной самоорганизации, условиями внешней среды и возникшего на нём биокосного ландшафта – целостного сообщества живой и минеральной (косной, неживой) материи. При этом она стремится к достижению наиболее совершенного облика активного и динамически устойчивого биоландшафта-аттрактора – гомеостатической системы с оперативной адаптацией к изменяющимся условиям среды и самой системы, эффективным управлением всеми жизненно важными процессами функционирования всех подсистем и системы в целом. Она стремится также реализовать свой внутренний биозкологический потенциал: продуктивно использовать все имеющиеся и активно взаимодействующие с ней ресурсы среды в виде вещества, энергии, информации для обеспечения более длительного времени собственной жизни, роста собственного совершенства, интеллектуализации (высокая степень интеллекта и информатизации) при минимализации энтропии.

Таблица 1 – Структурно-пространственная типизация элементов самоорганизованного эрозионного рельефа – катен (склонов) и водосборных бассейнов (ВБ). По классификации А.С. Козменко – Г.П. Сурмача – В.И. Панова

| Типичный элемент рельефа – катены (склона) или ВБ. Катенный ярус и бассейново-временная иерархия | Местоположение в 3D-мерном пространстве на катене или ВБ. Величина в % от площади катены или ВБ. Специфика системы (структуры). Индивидуальные особенности | Основные параметры элемента рельефа. Потенциальная стокowo-энергетическая опасность, сток и смыв. Эрозионно-аккумулятивные процессы | Первичные угодья и ландшафты. Аграрное природопользование: А – современное техногенное, Б – кластерно-синергетическое, эрозионно-безопасное |
|---|--|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| <p>Эрозия (и эрозионные процессы) как фундаментальная категория и обязательная составляющая всех процессов самоорганизации в природе. Главные, обязательные элементы самоорганизации эрозионного рельефа равнинной суши – катена (склон) как простой рельеф-аттрактор, дренирующие водотоки и иерархия мультифрактальных ВБ как сложных рельефов-аттракторов. Всеобщее обязательное явление в природе и в аграрном природопользовании. Эрозия – явление опасное для природы и человека. Познание сути явления, разработка и применение противоэрозионных методов, приёмов и систем.</p> | <p>Синергетическая сущность эрозионных процессов и явлений. Эрозионная самоорганизация равнинного рельефа суши происходит в 3D-мерном пространстве и во времени (выход в 4D-мерность как пространственно-временной процесс) под действием системобразующих сил гравитации и космоса. Элементы водного баланса суши. Атмосферные осадки как фактор самоорганизации дождевой ударно-кавитационной и талой стокowo-поточковой эрозии.</p> | <p>Эрозионно-аккумулятивные процессы самоорганизации эрозионного рельефа относятся к процессам с обострением в LS- и HS-режимах (активизации и затухания). Выветривание и диспергирование горных пород, гравитационное выравнивание поверхности суши из рыхлого грунта. Явление бифуркации. Закономерности самоорганизации из прямого гиперсклона первичного большого водосборного бассейна. Пространственно-временная самоорганизация основных земельно-эрозионных фондов (элементов эрозионного рельефа). Действие фундаментальных законов природы и естественания (сохранения, симметрии, гидро-термодинамики и др.). Появление живой материи и её участие в самоорганизации биогеоценозов, бассейновых гидро-ландшафтов и природно-географических зон. Биогеохимическое (фото-биопродуктивное) освоение солнечной энергии.</p> | <p>1. Эрозионные ускоренные и катастрофические процессы рельефообразования на минеральных переотложенных грунтовых поверхностях в доэкосистемный период самоорганизации ландшафтной оболочки Земли или в ледниково-межледниковые эпохи при слабом развитии растительного покрова – время великих эрозионных срезов и катастроф, грандиозных трансформаций облика равнинной суши (предмет изучения). Древняя эрозия. 2. Эволюционная естественная самоорганизация на ранее возникшем эрозионном рельефе растительно-животных зональных экосистем, устойчивых против эрозии (предмет изучения синергетического эрозио-ландшафтоведения). 3. Разные периоды аграрной природопользовательской деятельности человека: осуществление и результаты реализации принятых методологий, идей, теорий и стратегий эрозионной безопасности (предмет изучения и использования систем и стратегий эрозионно-безопасного аграрного природопользования).</p> |
| <p>А. Главные и обязательные элементы катены (склона). Катенная (склоновая) поверхность как простой рельеф-аттрактор</p> | | | |
| <p>1. Водораздельно-приводораздельный ярус территории равниннополюгий.</p> | <p>Самый верхний (высокий) ярус земли (катены), примыкающий к водораздельной линии; равнинные и слабопологие склоны до 1°; 15-20%.</p> | <p>Длина по одной из катен в расчленённых районах 100-300 м, в равнинных 200-500 м $E_{пв} = M_{пв} \cdot g \cdot H_{пв}$, где $E_{пв}$ – потенциальная энергия поверхностного стока (ПС) с приводораздельного яруса (земельного фонда), $M_{пв}$ – ПС с приводораздельного яруса, $g=9,8 \text{ м/с}^2$, $H_{пв}$ – местный базис эрозии приводораздельного яруса. Преобладает плоскостной поверхностный сток и слабый плоскостной смыв. Начальное звено формирования потокового эрозионного рельефа. Преобладают несмытые и слабосмытые почвы. Доминирует плоскостной поверхностный и мелко ручейковый сток. Начальное звено формирования ручейкового и потокового стока.</p> | <p>А. Эти земли почти полностью распаханы и переведены в пашню. Культуры размещаются без учёта особенностей формирования стока и эрозионной устойчивости фонов. Б. Противоэрозионное мелеландшафтообустройство. Контурно-мелиоративное адаптивно-ландшафтное ресурсолагосберегающее земледелие с оптимальной лесомелиорацией.</p> |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|--|--|
| 2. Склоновый ярус; возможно его разделение на 2-3 подъяруса: склоны верхние, средние, нижние. | Второй от водораздела ярус земель склоновой катены или ВБ, расположен ниже по склону. Основной массив земель крутизной 1-3°. Доля участия 20-50%. | В расчленённых районах 150-300 м, в равнинных – 200-700 м и более. $E_{со} = E_{ск} + E_{пв} = g \cdot (M_{ск}N_{ск} + M_{пв}N_{пв})$, где $E_{со}$ – потенциальная энергия консолидированного стока со склона, $E_{ск}$ – потенциальная энергия ПС со склонового яруса, $M_{ск}$ – ПС со склона, $N_{ск}$ – местный базис эрозии склонового яруса. Формируется суммарный (консолидированный) сток из собственного и поступающего сверху (с приводораздельных земель). Плоскостной сток начинает переходить в ручейково-потоковый. Почвы слабо- и среднесмытые. Размывы, промоины, овраги. | А. Склоны полностью распаханы вместе с руслами временных водотоков (потяжины и ложбины). Они введены в пашню без достаточных мер противоэрозионной защиты. Б. Противоэрозионное ландшафтообустройство с контурно-ленточным размещением полей и стокорегулирующих лесополос с гидроусилением и осушительно-увлажнительным дренажем. Соблюдение противоэрозионной ярусности агрофонов и угоний для недопущения катастрофических форм антропогенной эрозии. Арена озимых и многолетних культур и трав. Почвозащитные севообороты. Залужение русел водотоков. |
| 3. Присетевой крутосклонный ярус, подножья склонов и катен – до бровки гидрографической сети | Третий сверху ярус земель катен (склонов). Подножья катен, как правило, крутосклонные, крутизной 3-10°. Долевое участие 10-25%. Они примыкают к бровкам сухоходольной гидрографической сети (находятся выше их по катене). | В районах с расчленённым рельефом длина линии стока 100-200 м, на равнинных территориях 200-300 м. $E_{по} = E_{пс} + E_{пв} + E_{ск} = g(M_{пс}N_{пс} + M_{пв}N_{пв} + M_{ск}N_{ск})$, где $E_{по}$ – потенциальная энергия консолидированного стока с присетевого яруса, $E_{пс}$ – потенциальная энергия присетевых земель, $M_{пс}$ – ПС с присетевого яруса, $N_{пс}$ – местный базис эрозии присетевого яруса. | А. В большинстве распаханы и введены в пашню, оставшиеся используются в качестве сухоходольных пастбищ и сенокосов. Б. Нуждаются в залужении, создании культурных пастбищ, лесомелиорации, гидро-лесо-луговом освоении. Засыпка промоин, лесосады, экологические заказники. Закрепление вершин действующих оврагов. |
| 4. Крутосклонные берега сухоходольной гидрографической сети, нижние основания катен, примыкающие к линейному элементу эрозионного рельефа – руслу водотока. | Ими оканчиваются катены. Это их самый нижний ярус, заканчивающийся локальным базисом эрозии линейным дренирующим элементом – руслом. Их длина в сухоходольном звене от 30-50 м и до 100-150 м. Крутизна от 10-15 до 65-85°. Долевое участие 5-15%. | Формируется местный поверхностный сток. Доминируют сильный плоскостной и линейный смыв и размыв. Почвы сильно и весьма сильносмытые. Берега подвержены возникновению густой сети промоин и размывов, осыпей и оползней. $E_{ко} = E_{сб} + E_{пс} + E_{ск} + E_{пв}$, где $E_{ко}$ – потенциальная энергия консолидированного стока со всей склоновой катены, $E_{сб}$ – потенциальная энергия ПС с гидрографической сети | А. Низкоэффективное использование – пастьба, сенокосение. Оголённые стены оврагов не используются совсем. Б. Залужение, облесение, комплексное гидроресолуговое освоение, создание заказников, ботанических резерватов, создание лесосадов, экологических заказников. |
| Б. Суходольное звено водосборно-бассейновой древне-эрозионной самоорганизации равнинного рельефа в пределах локального большого ВБ рек и иерархия мультифрактальной системы ВБ разного ранга и дренирующей гидрографической сети – продукт его эволюционного усложнения и развития. ВБ суходольного звена как сложный рельеф-аттрактор | | | |
| 1. Доложбинное звено – углубления-потяжины первичной концентрации поверхностного стока в ручьи и потоки с неявно выраженными микроводосборными бассейнами. В классификации ВБ в самостоятельный порядок обычно не выделяется. | Они располагаются вблизи водоразделов, занимают пологие приводораздельные земли крутизной 0,1° и выше в верхней части катены. Возникновение гофрированного склона. Глубина ручьёв не большая, определяется базисом эрозии. | Сток приобретает потоковый характер; медленное ламинарное течение постепенно переходит в быстрое турбулентное, но масса и энергия первичных ручьёв невелика, размывающая сила ручьёв невысокая. | А. Доложбинные ручьевые углубления малозаметны на глаз, входят в состав пашни, все полностью распаханы. Б. Контурно-мелиоративная организация территории предусматривает создание по нижней границе поля стокорегулирующих лесополос с гидроусилением и дренажем. |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|---|--|
| 2. Древние (палеозонозные) ложбины – первичный, элементарный водосборный бассейн 1-го порядка. | Располагаются преимущественно на склоновых землях и объединяют несколько водотоков-потыжин. Величин водосбора 3-50 га, ширина звена (русло и берега) 20-80 м, глубина вреза русла 1-3 м, асимметрия берегов отсутствует. | Как правило, весь водосбор ложбин, в том числе и русло водотока, входят в пашню и распаханы, вследствие чего в русле водотока часто возникают донные размывы и овраги. | А. В доаграрный период ложбины были хорошо задернованы и не подвергались вторичному размыву. Б. При эрозионно-безопасном агроприродопользовании русла распахиваемых ложбин необходимо искусственно залужить травосмесями многолетних трав. |
| 3. Лощины – древнеэрозионная самоорганизация равнинного рельефа; водосборный бассейн 2-го порядка (по величине и сложности). | Водосборный бассейн лощины объединяет в единое целое несколько ВБ ложбин. Лощины располагаются (в целом рельефе данной речной системы) ниже ложбин. Величина ВБ лощины 50-300 га, ширина прирусловой части 80-150 м, асимметрия берегов практически отсутствует. Глубина вреза русла 3-10 м. | Русло и берега лощин обычно задернованы и часто имеют древесно-кустарниковую растительность. При интенсивной пастьбе задернение ослабляется, и на берегах лощины и по руслу возникают береговые и донные размывы и овраги. Лощины в многоводные по стоку годы формируют мощные водные потоки, впадающие в суходолы. | А. В обычном общепринятом техногенном агроприродопользовании, лощинам как составной части бассейнового ландшафта уделяется мало внимания. Земли используются экстенсивно. Б. В сберегающем и безопасном природопользовании ВБ лощин подлежит агролесомелиоративному обустройству и эффективному использованию. |
| 4. Лощино-суходолы – водосборные бассейны древнеэрозионной самоорганизации равнинного рельефа 3-го порядка иерархии (по величине и сложности). | Водосборный бассейн лощино-суходола объединяет в единое целое несколько ВБ лощин. Лощино-суходолы располагаются (в целом речном бассейне) ниже лощин. Величина ВБ лощино-суходола 300-800 га, ширина прирусловой части 150-200 м, асимметрия берегов ясно заметна, глубина вреза русла 10-15 м. | Русло и берега лощино-суходолов задернованы и имеют древесно-кустарниковую растительность. Инсолированные склоны крутые, слабо задернованные или голые и осыпающиеся, теневые пологие с хорошо развитым растительным покровом. На лощино-суходолах формируется значительный местный сток, смыв и размыв. | А. При чрезмерно техногенном несберегающем агроприродопользовании прирусловые земли и русла лощино-суходолов используют малоэффективно. Б. Прирусловые берега лощино-суходолов при сберегающем и безопасном природопользовании надлежит ландшафтно обустроить (гидролесо-лесолуговое обустройство с оптимальным соотношением угодий). Часть русел лощино-суходолов отводится под каскад противоэрозионно-мелиоративных прудов и водохранилищ. |
| 5. Суходолы (балки) – водосборные бассейны древнеэрозионной самоорганизации равнинного рельефа 4-го порядка иерархии (по величине и сложности). Балки – наиболее крупные суходолы. | ВБ суходола объединяет в единое целое (древовидная система) несколько ВБ лощино-суходолов, лощин и ложбин. Суходолы располагаются ниже лощино-суходолов. Величина их ВБ 800-3000 га, ширина прирусловой части 200-400 м, глубина вреза русла 15-25 м. | Это крупные локализованные и сложно организованные рельефоландшафтные экогеосистемы со своим локализованным гидрологическим режимом, самостоятельно входящим составной частью в общий гидрологический режим водосборного бассейна более высокого уровня иерархии (в гидрологический режим речного ВБ). | А. Как правило, в современном чрезмерно техногенном несберегающем природопользовании безопасность и экопродуктивность всего ВБ не решена, из-за чего идёт его ускоренное разрушение. Б. Необходимо целостное ландшафтно-безопасное кластерное обустройство всего ВБ, формирование устойчивого, биопродуктивного и сбалансированного агроэко-ландшафта-агроэкополиса. |
| 6. Наличие единой, древовидно разветвлённой иерархической) суходольно-русовой гидрографической сети (дренирующей). | Суходольная иерархическая русловая и древовидно-разветвлённая (линейная) сеть: доложбинные потыжины, ложбины, лощины, лощино-суходолы, суходолы, балки. | В иерархическом порядке возрастает протяжённость суходольной сети. В пределах ВБ суходола (балки) индивидуальную наибольшую длину имеет суходол, наименьшую – ложбина, в суммарном измерении – обратное явление. | В пределах всего суходольного (балочного) водосборного бассейна каждая иерархия суходольной дренирующей сети имеет свои особенности и свойства. Используется для создания каскадов искусственных противоэрозионно-мелиоративных прудов и водохранилищ на остаточном местном стоке (талом и частично дождевом); их комплексное использование. |
| В. Речное звено водосборно-бассейновой самоорганизации равнинного рельефа в пределах локального большого ВБ великой реки – иерархия мультифрактальной системы речных и суходольных ВБ разного ранга и дренирующей речной (и суходольной) гидрографической сети – продукт длительного эволюционного развития и усложнения. ВБ речного звена – сложный рельеф-аттрактор | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| 1. Малая река – сложная водно-земельная упорядоченная система (структура), древне эрозийной самоорганизации равнинного рельефа. Малая река – речная система 1-го порядка иерархии, имеющая постоянный водоток, соответствующую величину, структуру и долину с выраженной асимметрией строения долины. Гидрологический и экологический режим каждой малой реки должен быть тщательно просчитан, обеспечен специальными проектами, находиться под контролем и мониторингом. | Включает в себя несколько суходолов, ложино-суходолов и лощин и много ложбин. Имеют площадь ВВ более 3000 га и длину 10-100 км, асимметричную долину 1-го типа, уклон русла и поймы более 0,0002 со слабым меандрированием. | Малые реки, имея большой диапазон длины, разделяются на несколько категорий: самые малые (длиной 10-20 км), малые 1 порядка (20-50 км), малые 2 порядка (50-100 км). | Малые речные системы, как и суходолы, являются наиболее распространенной самоорганизующейся структурой эрозийного рельефа, главной таксономической единицей речных синергетических систем (структур). Пока их ландшафтное обустройство – несовершенное. Необходимо целостное эрозийно-безопасное обустройство, поддержание экологического режима и благополучия. Возможно создание водорегулирующих водохранилищ для орошения и комплексного использования. Проекты речного гидро-экологического благоустройства. |
| 2. Средние реки – сложные водно-земельные упорядоченные синергетические системы древне-эрозийного происхождения с длительной эволюцией развития. | Включают в себя несколько малых рек, множество суходолов и лощин. Имеют площадь водосбора более 5000 га, длину главного русла 100-500 км, долину 2-го типа с резкой асимметрией берегов, значительным меандрированием, уклоном поймы менее 0,0002. | Средние реки разделяются на 2 подтипа: средние реки 1-го подтипа (100-500 км) и средние реки 2-го подтипа (500-1000 км). Их водосборные бассейны представляют сложные бассейновые агроэколандшафты – межхозяйственные агроэкополисы регионального масштаба. | Средние реки, имея большую протяжённость, находятся иногда в разных географических зонах, и при природно-хозяйственном районировании их части водосборных бассейнов относятся к разным районам или подрайонам. Обеспечение гидроэкологического благоустройства. |
| 3. Большие реки – обширные локальные водно-земельные синергетические системы древне эрозийного происхождения с длительной эволюцией самоорганизации. | Включают в себя несколько средних и множество малых речных систем и суходолов. Имеют площадь водосбора более 7-9 тыс. га, длину главной реки более 1000-1500 км, уклон поймы менее 0,0002, резко асимметричную долину шириной 3-7 км. | Большие речные системы. Условно можно разделить на 3 категории: крупные (1000-1500 км), большие (1500-2000 км) и великие (более 2000 км). | Большие речные системы, являясь локальными системами, охватывают огромные территории, находящиеся в различных природно-географических зонах, на их территориях находятся разные административно-хозяйственные субъекты и даже разные государства. |
| 4. Древняя речная гидрографическая (дренирующая) древовидно-разветвлённая сеть. Реки малые, средние, крупные, большие и великие. Фрактальное строение. | Отличительный признак речной гидрографической сети по сравнению с суходольной это наличие долин, когда русло (линейная или речная форма стока) располагается в широкой пойме, позволяющей водному речному потоку менять вектор движения, меандрировать, иметь повышенную степень свободы. | Крупные, большие и великие реки как линейно-пространственные водные системы имеют свой неповторимый облик, специфику, обличье и колорит. | Ландшафтное обустройство речных долин, берегов, пойм – сложная многофункциональная проблема, нуждающаяся в глубоком и многостороннем изучении. |
| Г. Современная ускоренная антропогенная (агротехногенная) эрозия и её последствия (эрозийные структуры-образования) | | | |
| 1. Плоскостной смыв почвы. Формирование смывных почв с потерей ими естественного плодородия. Разработка целевой государственной программы сохранения и повышения почвенного плодородия, государственная программа рекультивация смывных почв. | Выделяют 4 степени смывности почв: слабо смывные (1-25%), средне смывные (25-50%), сильно смывные (50-75%), очень сильно смывные (75-100%). | Величина и интенсивность плоскостного смыва тесно связаны с местоположением почв, крутизной склона, величиной и интенсивностью поверхностного стока, растительным покровом и противозэрозийной устойчивостью почв. | А. Современное чрезмерно техногенное агроприродопользование не обеспечивает в должной мере почвы от разрушительной плоскостной антропогенной эрозии. Б. Переход на сберегающее эрозийно-безопасное агроприродопользование обеспечит их надёжную защиту от ускоренного разрушения. Меры по повышению их плодородия. |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|--|
| 2. Современные линейные формы антропогенной эрозии и их типизация. Образование размывов, промоин и оврагов. Государственная целевая программа по закреплению действующих оврагов и по рекультивации размывных промоин земель. | В зависимости от величин ручьёв и потоков образуются микропромоины, водоройны, размывы, промоины, овраги, мощные оврагиканьоны, крупные овражные системы. | Величины линейных эрозионных образований измеряются в 3D-мерном пространстве и их ростом во времени; переход в 4D-мерное измерение (пространство) – эволюционное расширение объекта | А. В настоящее время борьба с линейными формами эрозии практически не ведётся. Линейные формы эрозии выводят из оборота большие площади ценных земель. Необходима рекультивация смытых и размывных земель Б. Борьбе с линейными формами эрозии необходимо уделять самое большое внимание. Необходимость осуществления запрограммированного закрепления вершин действующих оврагов сложными гидросооружениями. |

Особая ценность и новизна методологического подхода её построения (с позиций синергетической парадигмы) и рассмотрения самоорганизованных систем эрозионного рельефа (водосборов и земельных фондов по А.С. Козменко) заключается в том, что впервые в отечественной и мировой литературе предложено рассматривать основы эрозиоведения и эрозиоландшафтоведения с позиций синергетической парадигмы и разработанных в нашей стране группой исследователей-математиков (А.А. Самарский, В.А. Галактионов, С.П. Курдюмов, А.П. Михайлов, Е.Н. Князева и другие) теории режимов с обострением [9, 10].

Режимы с обострением и их реализация. Гидроэрозионные режимы с обострением на поверхности суши реализуются в двух видах – в LS-режиме и HS-режиме, резко различающихся по своей сущности. Рассмотрим это на примере самоорганизации эрозионного рельефа. В пределах первоосновы эрозионного рельефа – склоновой катены – в её высотном-топографическом плане выделяются (по классификации А.С. Козменко – Г.П. Сурмача – В.И. Панова) основные упорядоченные в пространстве и изменяющиеся во времени элементы или земельные зоны: приводораздельная, склоновая (с возможным выделением нескольких ярусов), присетевая, крутосклонно-гидрографическая (близ местного базиса эрозии, водоприёмника).

LS-режим. Если фактор, создающий неоднородности в среде (ливни, сток), работает сильнее, чем рассеивающий диссипативный фактор (мульча, растительность, инфильтрация), то возникают локализованные процессы и волны (сток, эрозия), сходящиеся внутри области локализации. Процесс активизируется, интенсифицируется в сужающейся области – вблизи максимума (в середине). Это и есть LS-режим с обострением, сопровождающийся концентрацией стока в средней части плоской (2D-мерной локализованной поверхности) катены и приводящий здесь к усиленному смыву почвогрунта и образованию линейных размывов, то есть плоская поверхность прямой катены самоорганизуется и переходит в начальную стадию более сложной 3D-мерной системы – переход-самоорганизация более сложного рельефа-аттрактора – водосборного бассейна. Процессы прохождения поверхностного стока при этом десинхронизируются, появляются зоны неустойчивости, про-

являющиеся вблизи момента обострения. В этот момент система «поверхностный сток – твёрдая подстилающая поверхность грунта» становится очень неустойчивой и чувствительной к малым возмущениям, и она начинает разрушаться, перерождаться через хаос, бифуркацию, ускоренную эрозию в другую, более сложную систему. Катена самоорганизуется в водосборный бассейн с осевой симметрией двух берегов-катен и русловым потоком в середине. Это рождение новой геометрии эрозионного рельефа как странного аттрактора – водосборного бассейна.

HS-режим. В HS-режиме с обострением процесс замедляется, ослабляется, существенно снижается интенсивность. Этим режимом можно существенно «продлить жизнь» данной открытой системы с момента ее рождения и до момента обострения (бифуркации). LS- и HS-режимы в эволюции эрозионного развития инвариантного участка равнинной суши могут действовать как совместно, так и периодически сменяя друг друга.

Новые материалы по структурно-пространственной типизации элементов самоорганизованного эрозионного рельефа (табл. 1), позволяют проводить агроландшафтное обустройство катен и водосборных бассейнов по теории синергетического эрозиоландшафтоведения, базирующейся на более совершенной методологии (на синергетической парадигме). При его разработке и планировании, в первую очередь, предусматривается осуществление и ведение эрозионно-безопасного агроприродопользования.

Ещё в конце XIX века выдающийся русский учёный-естествоиспытатель В.В. Докучаев предложил гениальную идею в аграрном природопользовании, намного опередившую время, – ландшафтный принцип, ландшафтный подход. Любой естественный ландшафт является сложной открытой системой, обменивающейся со средой веществом, энергией и информацией, изменяющейся во времени и пространстве, самоорганизующейся (эволюционирующей), состоящей как целостное единство из разнообразных подсистем (кластеров-угодий, биогеоценозов, ландшафтно-кластерных элементов), каждый из которых сильно отличается друг от друга, но тем не менее они в целом образуют сложное целостное биогеоландшафтное единство. Так и в Докучаевском ландшафтном [1]

подходе, чтобы аграрное природопользование было эффективным, устойчивым и экологичным, необходимо в целостном единстве использовать множество ландшафтных законов, принципов, объединённых по главному признаку. Раньше их выделяли в мероприятия, а всё вместе называли противозерозионно-ландшафтным комплексом. Но в последние годы в связи с появлением синергетики и бурным развитием науки, производства, инноваций, макроэкономики, взаимопроникновения естественных, социально-экономических и гуманитарных отраслей возник новый термин: вместо мероприятий и комплекса – кластер. Этот термин приобретает повсеместно всё более широкое применение. Он имеет ряд преимуществ перед ранее применявшимся понятием «мероприятия» и «комплекс мероприятий». Мы считаем целесообразным и более прогрессивным использовать термин «ландшафтный кластер» вместо термина «мероприятие», когда рассматриваются в целостном единстве ландшафт, человек и его природопользовательская деятельность в коэволюционном экологическом сохранении и благополучии природной среды и человека в настоящем и будущем времени. Разрабатывается комплекс разнообразных кластеров (блоков мероприятий) по обеспечению эрозионной безопасности аграрного и иного природопользования на эродированных пресетевых и гидрографических землях балочных водосборов. Разрабатываемое направление синергетического эколого-эрозионнобезопасного агроприродопользования базируется на принципах и методологии междисциплинарной общей синергетики [8, 9] и синергетического эрозиоландшафтоведения [10].

По своей основе и сути аграрное природопользование своим прототипом имеет естественные зонально-локальные биогеоценозы и биогеоландшафты, известные в ландшафтоведении как фации, урочища, местности, – составные элементы ландшафтосферы Земли – открытой гипербольшей синергетической экогеосистемы. Значит агроценозы, агроландшафты и аграрное природопользование (как метод взаимодействия человека с природой) – *были, есть и будут синергетическими, но только с активным участием человека, его знаний, разума, воли, практической деятельности.* Современный ярко выраженный техногенный характер аграрного природопользования возник из-за чрезмерного увлечения техническими и технологическими затратно-несбалансированными приемами в ущерб синергетической биологизации агроприродопользования, принципам его эволюционного хода самоорганизации, адаптации и естественного отбора зонально-локальных естественных биогеоценозов и биогеоландшафтов (БГЛ), с выходом на предельно достижимый идеал – БГЛ-аттрактор.

Предлагаемое синергетическое направление эколого- и эрозионно-безопасного аграрного природопользования использует синергетику и синергетическое эрозиоландшафтоведение в ка-

честве теоретической основы. Цель синергетического агроприродопользования – формировать склоново-катенные и бассейновые консолидированные агроэколандшафты разного иерархического уровня на принципах самоорганизации сложных биоландшафтных систем как пространственно-временных 3D- и 4D-мерных географических информационных систем-структур (ГИС-агроэкоструктур) для преодоления негативных сторон общепринятого и широко применяемого чрезмерно-техногенного несберегающего (затратного) агроприродопользования. Оно ставит для решения главную задачу – поставить ведение агроприродопользования на принципы и объективные законы самоорганизации биоландшафтных структур, создаваемых человеком с активным использованием его знаний. Это обеспечит их сбалансированность, рациональную структурно-функциональную упорядоченность, устойчивость при резких флуктуациях факторов внешней среды, высокую биопродуктивность, ландшафтно-видовое разнообразие, увеличение информационной негэнтропии и снижение термодинамической энтропии – выход на агроэкоаттрактивный биогеоландшафт. При этом обеспечивается полное (100%) исключение катастрофических форм агротехногенной эрозии из практики сельского хозяйства, локализация и снижение до минимума неизбежной при обработках почвы агротехнической эрозии, всемерное влагоресурсосбережение, накопление и их рациональное и биопродуктивное использование. Достигается всемерное возрастание степени понимания и практического повсеместного использования аграриями и властями всех уровней новых знаний, законов и принципов агробиосинергетики (биологизации и экологизации) в жизни и эволюции естественных зонально-локальных катенно-бассейновых ландшафтов (рисунки 4,5), в жизни агробиоценозов и агробиоландшафтов; доведение их, с привлечением новейших научно-практических знаний, до уровня близкого к идеальным агроэкосистемам-аттракторам, способных и практически обеспечивающим наиболее полную их устойчивость, биопродуктивность, с наиболее высокой интенсивностью КПД реализовывать имеющийся экотенциал. Реализация синергетического эколого-эрозионнобезопасного агроприродопользования осуществляется на основе специальных индивидуальных проектов землеустройства, осуществляемых по бассейнам малых рек или суходольно-балочных водосборных бассейнов.

Заключение. Таким образом, разработка концепций эрозиоведения и эрозиоландшафтоведения на междисциплинарной общей методологии, базирующейся на открытых сложных самоорганизующихся системах и синергетической парадигме, открывает новые большие возможности успешного решения многих нерешённых проблем в этом важном научно-практическом направлении фундаментальных и прикладных исследований ес-

тествознания и аграрного природопользования. Эрозия и эрозионно-гидрологические процессы в ландшафтосфере Земли относятся к категории всюду и непрерывно протекающих в природе процессов самоорганизации и дезорганизации (разрушения, распада, хаотизации) сложных открытых систем. Переотложенная равнинная территория степного пояса Восточно-Европейской равнины (южная гипер-катена Русской равнины) представлена эрозионным самоорганизованным рельефом огромных водосборных бассейнов больших и великих рек: Волги, Днепра, Дона. Разработана таблица детальной структурно-пространственной типизации фрактально-иерархических самоорганизованных форм эрозионного рельефа или земельных фондов каждого водосбора определённой иерархии. Впервые в отечественном и мировом эрозиоведении предложено рассматривать самоорганизацию эрозионного равнинного рельефа суши на методологии жизни и самоорганизации сложных открытых систем, синергетической парадигме и режимах с обострением (LS-режим и HS-режим). Дана краткая характеристика водосборов разного иерархического ранга и их главных самоорганизованных земельно-эрозионных форм рельефа, их параметры, формирование консолидированного агрокатенного стока, стоково-эрозионной опасности, современное их техногенное использование, состояние и перспективное ландшафтно-сберегающее природопользование.

Литература:

1. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь (1892) /

В.В. Докучаев. М.-Л.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1936. 118 с.

2. Агроресомелиоративное адаптивно-ландшафтное обустройство водосборов / И.С. Кочетов [и др.]. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. 84 с.

3. Козменко А.С. Основы противозерозионных мелиораций / А.С. Козменко. М.: изд-во сельскохозяйственной литературы, 1954. 424 с.

4. Козменко А.С. Борьба с эрозией почвы на сельскохозяйственных землях / А.С. Козменко. М.: изд-во сельскохозяйственной лит-ры, 1963. 208 с.

5. Сурмач Г.П. Водная эрозия и борьба с ней. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 254 с.

6. Гаршинёв Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация / Е.А. Гаршинёв. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. 196 с.

7. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в её бассейне / Н.И. Маккавеев. М.: АН СССР, 1955. 346 с.

8. Пригожин И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс. М.: Прогресс, 1986. 432 с.

9. Князева Е.Н. Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомеры / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. СПб.: Алетей. 2002. 414 с.

10. Панов В.И. Синергетическое эрозиоландшафтоведение (теория и практика самоорганизации гидрологических и эрозионных процессов, рельефа и ландшафтов) / В.И. Панов // 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 / В.И. Панов // Научно-агрономический журнал. 2019. №4(107). С.8-11. DOI:10.34736/FNC.2019.107.4

12. Хортон Р.Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. Гидрофизический подход к количественной геоморфологии / Р.Е. Хортон. М.: изд-во ИЛ, 1948. 158 с.

DOI: 10.34736/FNC.2021.114.3.002.20-31

Ancient Erosion and Contemporary Self-Organization of the Flat Land Relief in the Eurasia Steppe Belt

Valery I. Panov¹, K.G.N., leading researcher, ORCID: 0000-0002-8489-9791,

Anastasia V. Kulik², K. S.-Kh. N., senior researcher, kulik-a@vfanc.ru, ORCID: 0000-0001-8736-5464 –

¹Volga agroforestry experimental station – affiliate of FSC of Agroecology RAS, e-mail: aglos163@mail.ru, 446534, Samara Region, Novoberezovskiy village, Russia

²Federal 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 continuous relief-forming process occurs as a result of a long evolution and under the influence of powerful exogenous-endogenous system-forming forces of nature and man. Initially, the flat sedimentary plain relief of the land is self-organized into an intersected erosive relief, in the form of geographically localized relief-landscape formations or fractal-hierarchical wholes – dry valley-river catchments. This article is devoted to the disclosure of this complex topic from the standpoint of the synergetic paradigm (principles and laws of complex nonlinear open natural systems self-organization). Each open complex system (in this case, catchment basins are analyzed) consists from catchment basins are localized, isolated from each other by watershed boundaries, but inter-

connected together by draining watercourses and rivers, from the micro-catchment of a small stream to the hypergiant catchments of large and great rivers. For the first time in the native and world literature, the hydro erosive self-organization of the slope-basin plain relief is shown as aggravation processes in two modes – in the LS-mode and HS-mode (according to S. P. Kurdyumov and G. G. Malinetsky). These processes open up the possibility of mathematical proof of self-organization on straight slopes-hypercathenes of primary large catchments with a riverbed in the middle. In the article a fractal-hierarchical typification of all catchment basins, the main mandatory elements of a self-organized erosive relief or land-erosion funds (watersheds and near-watersheds flat lands, slopes,

middle part of steeply sloped lands, lands of the river hydrographic and dryvalley fund, slope catenes and agrocatenes, washed-out lands, linear washouts, ravines, dryvalleycanals and watercourses, large-scale hierarchy of flat rivers, river floodplains) is given from the standpoint of self-organization-synergetics. Their brief spatial-temporal, functional and environmental-economic characteristics are given with the provision of environmental, hydrological and erosion safety.

Received: 25.07.2021

References:

1. Dokuchaev V.V. *Nashi stepi prezhde i teper'* (1892) [Our steppes before and now]. Moscow-Leningrad.: OGIZ- Selkhozgiz, 1936. 118 p. (In Russian)
2. *Agrolesomeliativnoye adaptivno-landshaftnoye obustrojstvo vodosborov* [Agroforestry adaptive landscape arrangement of watersheds] / I.S. Kochetov [et al.]. Volgograd: VNIALMI, 1999. 84 p. (In Russian)
3. Kozmenko A.S. *Osnovy protiverozozonnykh melioratsij* [Fundamentals of anti-erosion land reclamation]. Moscow: State Publishing House of agricultural literature, 1954. 424 p. (In Russian)
4. Kozmenko A.S. *Bor'ba s eroziyej pochvy na sel'skokozyajstvennyh zemlyah* [Combat against soil erosion on agricultural lands]. Moscow: Publishing House of agricultural literature, 1963. 208 p. (In Russian)
5. Surmach G.P. *Vodnaya eroziya i bor'ba s nej* [Water erosion and combat against it]. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1976. 254 p. (In Russian)
6. Garshinev E.A. *Eroziionno-gidrologicheskij protsess i lesomeliioratsiya* [Erosion and hydrological process and forest reclamation]. Volgograd: VNIALMI, 1999. 196 p. (In Russian)
7. Makkaveev N.I. *Ruslo reki i eroziya v ee bassejne* [Riverbed and erosion in its basin]. Moscow: AN SSSR, 1955. 346 p. (In Russian)



Рисунок 4. Самарское Заволжье

Keywords: relief, self-organization, erosion, synergetics, catchment basins, fractality, canals, hierarchy of catchments and rivers, typification of erosive relief, land-erosion funds

The work was performed within the framework of the state assignment for research work for the FSBSI «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» № 0713-2019-0003.

Accepted: 10.09.2021

8. Prigozhin I., Stengera I. *Poriadok iz Khaosa. Novyj dialog che-loveka s prirodoy* [Order out of chaos. A new dialogue between man and nature]. Moscow: Progress, 1986. 432 p. (In Russian)
9. Kniازهva E.N., Kurdiymov S.P. *Osnovaniya sinergetiki. Rezhimy s obostreniyem, samoorganizatsiya, tempomiry* [The synergetics foundations. Regimes with aggravation, self-organization, tempomirs]. St. Petersburg: Aleteia, 2002. 414 p. (In Russian)
10. Panov V.I. *Sinergeticheskoye eroziolandshaftovedeniye (teoriya i praktika samoorganizatsii gidrologicheskikh i erozionnykh processov, rel'efa i landshaftov)* [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 napryazhyonnost' na raznykh sel'skokhozyajstvennykh ugod'yakh i agrofonakh* [Runoff-erosion intensity in different agricultural land and agricultural background]. *Scientific Agronomy Journal*. 2019. 4(107). pp. 8-11. (In Russian)
12. Khorton R.E. *Eroziionnoye razvitiye rek i vodozbornykh bassejnov. Gidrofizicheskij podkhod k kolichestvennoj geomorfologii* [Erosive development of rivers and watersheds. Hydrophysical approach to quantitative geomorphology]. Moscow: Izd-vo IL, 1948. 158 p. (In Russian)



Рисунок 5. Естественные балочные леса

Цитирование. Панов В.И., Кулик А.В. Древнеэрозионная и современная самоорганизация равнинного рельефа суши степного пояса Евразии // Научно-агрономический журнал. 2021. №3(114). С. 20-31. DOI: 10.34736/FNC.2021.114.3.002.20-31

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. Panov V. I., Kulik A. V. Ancient Erosion and Modern Self-Organization of the Flat Land Relief of the Steppe Belt of Eurasia. *Scientific Agronomy Journal*. 2021. 3(114). pp. 20-31. DOI: 10.34736/FNC.2021.114.3.002.20-31

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.

Устойчивость лесопастбищ в современных условиях изменения климата

Баатр Канурович Болаев¹, д.с.-х.н., директор, ORCID ID 0000-0001-8210-9971;

Баатр Васильевич Киштанов¹, м.н.с., ORCID ID 0000-0002-7860-2795, baatr22@yandex.ru –

¹Калмыцкая научно-исследовательская агролесомелиоративная опытная станция (Калмыцкая НИАГЛОС), kalmniaglos@mail.ru – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Маяковского, 63, Россия

Устойчивость лесопастбищ в изменившихся климатических условиях привлекает все больше внимания в связи с нарастанием антропогенной нагрузки на пастбищные угодья и увеличением процессов опустынивания. Объектами исследования являлись очаги опустынивания на Черных землях Калмыкии. Изучены сукцессии растительного покрова восстановленных пастбищ, биоразнообразие, структура фитоценозов и фитопродуктивность созданных лесопастбищ. Определена возможность создания очагов инспермации в свежемелиорированных очагах дефляции и сезонная динамика развития видового состава и биомассы растительного покрова в «потухших» очагах дефляции на пастбищах. Установлено, что при сукцессии прогрессивного типа видовой состав восстановленных пастбищ с присутствием древесно-кустарникового яруса достаточно стабильный. Кустарниковый ярус достаточно устойчив в возрасте 30-35 лет даже в крайне засушливых условиях. Под защитой кустарников активизируется формирование травянистого яруса, а устойчивость и продуктивность фитоценозов поддерживает самосев. Мониторинг сукцессий растительного покрова в «потухших» очагах дефляции на Черных землях Калмыкии показал, что долговечные и продуктивные кормовые угодья сформировались при комплексной мелиорации очагов опустынивания, где применялись древесно-кустарниковые и травянистые растения.

Ключевые слова: устойчивость лесопастбищ, пастбищные угодья, кустарниковый ярус, очаги дефляции, мелиорация

Поступила в редакцию: 16.08.2021

Принята к печати: 16.09.2021

Территория Калмыкии в силу своего географического положения и природных условий отличается жесткостью экологических режимов, определяющих существование хрупких экосистем. Преобладающую часть территории Калмыкии занимают природные кормовые угодья, являющиеся базой для животноводства. Будучи аграрной территорией, в основе экономики которой на протяжении многовековой истории находилось пастбищное животноводство, Калмыкия в полной мере ощутила на себе последствия трансформации сельскохозяйственных земель, в первую очередь пастбищ. Последствия опустынивания здесь проявились в форме нарушения равновесия природных экосистем, обеднения видового и популяционного разнообразия, снижения их способности к самовосстановлению и эффективному функционированию.

Происходящие процессы деградации агроландшафтов вследствие интенсивного использования приводят к нарушению стабильности и деструкции природных экосистем, что нарушает экологическое равновесие в регионе.

Целью исследования являлось оценить долгосрочный мелиоративный эффект в результате проведенных ранее лесомелиоративных работ на территории Калмыкии, оценить современное состояние пастбищных и лесопастбищных угодий и перспективы развития животноводства в регионе, что позволит разработать малозатратные природоохранные технологии фито- и лесомелиораций, пригодных для сохранения и реконструкции

растительного покрова, повышения кормового потенциала деградированных сельскохозяйственных угодий.

Материалы и методы исследования. Исследуемая территория расположена в пределах агроклиматического района, для которого характерны специфические климатические условия Калмыкии: лето жаркое и очень сухое; зима малоснежная и холодная. Режиму атмосферного увлажнения присущи незначительное количество осадков, их крайняя разнородность в течение года. По данным метеостанций Черных земель, в среднем за год выпадает 170-250 мм осадков, наибольшее количество осадков выпало в январе, марте и мае. Самый жаркий месяц – июль, самый холодный – январь. Неблагоприятными условиями в весенне-летний период являются отсутствие осадков, высокие температуры воздуха, суховеи, пыльные бури и сильные ветры.

Объектами исследований являлись лесопастбищные и пастбищные угодья на Черных землях Республики Калмыкия (Яшкульский и Черноземельский районы). Натурные наблюдения проводились на территориях, где ранее выполнены работы по фитомелиорации очагов дефляции (Молодежный, 28 Армии, Приканальный, Аэросев), в соответствии с методикой НИР на 2020 год.

Методология НИР основана на характеристике фитоэкологических условий современных очагов дефляции на Черноземельских пастбищах, изуче-

нии опыта и оценке применявшихся технологий и приемов фитомелиорации в очагах дефляции на Черных землях Республики Калмыкия [1-5].

На участках опытных полигонов оценка состояния древесно-кустарникового яруса проводилась на основе таксационно-морфологической оценки в полевых условиях, где отмечались средняя высота, диаметр, характер сохранности пород, % цветущих и плодоносящих особей.

Описание травянистой растительности включало следующее: определение видовой принадлежности, возрастные особенности (ювенильные, генеративные, сенильные особи), степень проективного покрытия, название фитоценоза, особенности почвенного покрова. Диагностика пастбищных угодий по степени деградации осуществлялась с учетом ранее разработанных индикаторных показателей (от слабо сбитого до очень сильно сбитого) [6,7].

Для оценки биоразнообразия определялся состав экологических групп и жизненных форм. Дифференциацию растений проводили по 5 экологическим группам: кормовые, лекарственные, рудеральные, ядовитые и другие. Анализировали соответствие оптимальности состава экологических групп. Принадлежность к сорной растительности определялась по В.В. Никитину (1983) [8].

Урожайность и структура фитоценоза определялась укосным методом. Подбирались участки с характерным растительным покровом. Отбор растительности проводился в 3-х кратной повторности, размер учетной площадки – 1 м². Растительность срезалась вплотную к почве, складывалась снопиком, снабжалась этикеткой. Дальнейшая обработка и структурный анализ собранного материала проводились по общепринятым методикам [9-12].

Сезонный мониторинг видового состава растительности (весной, летом и осенью) проводился на ключевых участках опытных полигонов и целине. Динамику продуктивности травостоя, распределение фитомассы дополнительно изучали в междурядьях терескенового насаждения, где осуществлялся комплексный сбор полевого материала по количественным и качественным характеристикам растительного покрова [13,14].

Методология НИР исходит из новых экологически обоснованных, экономически выгодных и социально значимых решений, обеспечивающих эффективное лесомелиоративное освоение и использование низкопродуктивных и деградированных земель засушливой зоны РФ.

Результаты и обсуждения. Технологии, применяемые в аридной зоне для создания лесопастбищ в 80-х годах прошлого столетия, прошли апробацию временем. Преимущество созданных лесопастбищ в бывших крупных очагах опустынивания проявляется не только в повышении фитопродуктивности лесомелиорированных территорий, но и в увеличении биоразнообразия, формировании более устойчивых популяций и фитоценозов, ко-

торые в конечном итоге приводят к продлению продуктивного долголетия и созданию более устойчивых агроландшафтов [15,17].

Анализ состояния лесопастбищ позволил выявить участки, которые сохранили функциональное назначение и структуру в течение 30 и более лет. На других территориях, где были проведены фитомелиоративные работы, зафиксирована частичная утрата прежней многоярусной структуры, но они остаются очагами повышенного биоразнообразия, что особенно актуально с ростом поголовья животных и экстремальными засушливыми условиями, угрозой повторного опустынивания. При этом важно выявить закономерности формирования растительного покрова и оценить возможность управления сукцессионными процессами в свежемелиорированных и «потухших» очагах дефляции на пастбищных угодьях этих территорий с помощью приемов реконструкции растительного покрова [18].

Систематизация и оценка произошедших за последние десятилетия изменений на фитомелиорированных территориях (состояние почв, изменения в растительном покрове, современном составе экологических и ботанических групп растений, динамике фитоценозов под влиянием как естественных, так и антропогенных факторов) необходимы для разработки мероприятий по оптимизации и рациональному природопользованию этих пастбищных угодий.

Один из объектов исследования – агромелиоративное лесонасаждение «Молодежный-терескен» – на данный момент представляет собой 2-ярусное лесопастбище с площадью 850 га, имеющее полукустарниковый ярус из терескена серого, или крашенинниковии серой (*Krascheninnikovia ceratoides* (L.) Gueldenst. [*Ceratoides papposa* Botsch. et Ikonn.; *Eurotia ceratoides* (L.) C. A. Mey.] и травянистый ярус из естественной и зональной растительности.

Весной 1985 г. массив дефляционного опустынивания «Молодежный-терескен» в Яшкульском районе по состоянию почвенного и растительного покрова относился ко II-й ЛМК (лесомелиоративная категория) пастбищ, характеризующейся как территория на среднеразвешаемых бурых почвах, в комплексе с солонцами полупустынными (10-25%) с разобщенными язвами дефляции. Почвы преимущественно легкосуглинистого механического состава. Для решения оптимизации деградированных опустыненных ландшафтов регулирование режима переноса песка являлось основополагающим. Ветропесчаный поток часто приводит, помимо изменения баланса почвенной влаги, к засеканию 1-3-летних растений, повреждая покровные ткани.

Решить эту проблему для деструктивных областей массива опустынивания позволило использование при посадке или посеве борозд-валов, нарезанных МЛУ-1 с дерноносимами и без них, а также оборудованных дерноносимами МПП-1. В результате достигнута микростабилизация поверхности почвы, уменьшена степень засекания, песок нака-

пливался у валов или попадал в борозды в количестве 7-10 м³/100 п. м, позволяющем высаженному терескелу развивать надземную фитомассу из почек возобновления. При избыточном засыпании песчаными частицами полукустарника рост терескена угнетается, почки возобновления оказываются на глубине, не позволяющей осуществлять ростовые функции. В защищенных валами посадках начинают развиваться преимущественно по бороздам и меньше вблизи отвалов естественно расселившиеся травы.

Исследования показывают, что спустя 36 лет после выполнения работ данный участок почти ровный. Напаханные валы-борозды едва просматриваются из-за равномерного заполнения самосевом терескена и травянистой растительностью пространств между ними, что говорит о стабильном равновесном состоянии полученного 2-ярусного лесопастбища и способности терескена к естественному расселению в преобразованных сельскохозяйственных ландшафтах. Характерной особен-

ностью лесопастбища «Молодежный-терескен» является то, что сохранившиеся рядная структура и пространственная схема опытных агромелиоративных посадок терескена просматриваются на снимках по происшествии более 30 лет.

В древесно-растительном покрове лесопастбища, находящегося в условиях умеренного выпаса, доминирует терескено-злаковая ассоциация, где половина растительного фона приходится на терескен серый, также довольно обильными отмечаются ковыли Лессинга (*Stipa lessingiana* Trin.&Rupr.) и ковыль-волосатик (или Тырса) (*Stipa capillata* L.), рассеянно отмечается полынь Лерха или белая (*Artemisia lerchiana* Web. ex Stechm.). Искусственно созданные агромелиоративные фитоценозы характеризуются состоянием, биометрическими показателями, проективным покрытием и способностью к самовозобновлению, которые обеспечивают им дальнейшее многолетнее произрастание и устойчивый рост в меняющихся погодных условиях Черных земель (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика полукустарникового яруса лесопастбища «Молодежный-терескен», Яшкульский район, Республика Калмыкия (Черные Земли)

| Порода | Год наблюдения | Эколого-морфологическая характеристика участка | Высота, м | Диаметр корневой шейки, см | Диаметр кроны, см | Количество скелетных ветвей, шт. | Количество растений, шт./га | Состояние, балл |
|----------------|----------------|--|-----------|----------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| Терескен серый | 2012 | деструкт. область | 0,71±0,02 | 1,0 | 42 | 8 | 19000 | 1,8 |
| | 2014 | | 0,50±0,01 | 0,9 | 43 | | 16800 | 2,1 |
| | 2016 | | 0,44±0,01 | | 33 | | 16300 | 2,4 |
| | 2020 | | 0,61±0,02 | 1,0 | 52 | 9 | 18000 | 2,0 |

Примечание: Классификация насаждений по величине индексов состояния следующая: здоровые 1–1,5, ослабленные 1,6–2,5, сильно ослабленные 2,6–3,5, отмирающие 3,6–4,5, погибшее >4,6.

Биометрические показатели насаждения терескена серого на исследуемом участке зависят от возраста и происхождения (естественного или искусственного) растений. В целом агромелиоративное насаждение ослабленное, состояние изменяется по годам наблюдений от 1,8 до 2,4 балла и определяется, помимо возрастных проявлений, антропогенным влиянием (выпас и пожары) и погодными условиями. Количество полукустарника на 1 га составляет 16,3-19,0 тыс. штук. Средняя высота терескена составляет 44-71 см, средняя же высота самосева прошлого года – 30-35 см.

Терескен серый в течение вегетационного периода может характеризоваться значительным изменением категории состояния и при сложении более благоприятных условий значительно повышает продуктивность, образуя по несколько приростов, как правило, от 24 до 40 см. На каждом растении терескена образуется 5-12 побегов пер-

вого, 10-20 побегов второго порядка и 40-60 побегов третьего порядка.

Корневая система терескена серого, достигающая 1,5-2,0 м в глубину, – стржежная, однако на практике верхние слои почвенного покрова Черных земель сильно иссушены, когда их влажность составляет 2,2 % (рисунок 1).

Влажность почвы определялся параллельно с наблюдениями за ростом и развитием терескена на участках, путем забора грунта. Выявлены низкие показатели влажности, которые снижались с весны до осени в 2 раза.

Характерное агрофизическое свойство таких верхних горизонтов почвы – высокая твердость (образование корки), которая вследствие ограниченного влаго- и воздуханасыщения сдерживает различные биохимические процессы, что существенно влияет на сукцессионные изменения и ухудшение развития растений. Сосушие или всасывающие кор-

ни терескена при этом расположены во всех горизонтах почвы, но наиболее развиты на глубине 0,3

м, где условия влагообеспеченности почв несколько лучше, когда она составляет более 5,0 %.



Рисунок 1. Среднемноголетнее значение влажности почвы в летний период на лесопастбище «Молодежный-терескен»

Терескен серый в связи с систематическим отмиранием побегов и специфичной сезонной динамикой развития как особой формы приспособления к недостатку влаги требует особого подхода к оценке категории состояния в виду того, что в позднелетний и осенний периоды многолетним злакам, полукустарничкам и полукустарникам характерна наибольшая продуктивность надземной фитомассы.

Применение метода модельных кустов для терескена серого показало, что в деструктивной эколого-морфологической области мелиорированного массива «Молодежный-терескен», в условиях почти полного отсутствия осадков в весенний период (2-4 мм/месяц), доля поедаемой воздушно-сухой массы достигает 35 % в острозасушливые годы.

Результаты исследований показывают, что в условиях засушливых лет наибольшие запасы фитомассы естественной и высеянной растительности формируются в приземном слое 0-15 см и составляют 61-89 % от среднемноголетней урожайности пробных площадок при средней высоте, не превышающей 45 см.

Наблюдения последних лет показывают, что однократное воздействие пожара прошлых лет и умеренный выпас, отмечаемые на исследуемом участке лесопастбища, способствовали замедлению прогрессивной сукцессии растительного покрова. Но фитоценозы, сформированные за 30 и более лет, способны к самоподдержанию и саморегулированию и даже при отсутствии стабильного атмосферного увлажнения сохраняют достаточный уровень жизненности, который легко восстанавливается во влагообеспеченные периоды вегетации.

Формируя стабильные запасы фитомассы травянистой растительности, лесопастбище более продуктивно, чем контрольные нефитомелиорированные участки с разнотравно-полынно-злаковыми ассоциациями, где урожайность была ниже в 1,7 раза и составляла 3,9 ц/га. В лесопастбище контрольные укосы показали урожайность выше: от 1,4 до 2,2 раза или 10,3 и 12,6 ц/га соответственно.

На контрольных участках масса злаков в общей урожайности почти на 20% выше (70,8%), полынью – меньше на 28,7% (17,9%), разнотравья, напротив, больше на 10%, что связано как с погодно-климатическими условиями года, которые способствовали развитию таких видов, как эбелек, солянка, сведа, сурепка, щирца, т.е. однолетников и рудеральных растений, в большей мере подверженных сезонным флуктуациям, так и со снижением относительно регулируемого выпаса мелкого рогатого скота на этой территории.

Травянистый покров контроля сбив на момент обследований сильнее, чем рядом на лесопастбище (рисунок 2). Участок на лесопастбище, хотя и имел следы пожара, отличался хорошо развитыми популяциями прутняка и разнотравно-ковыльными участками. Особенно хорошо был развит прутняк, высота его достигала 50-60 см, средний куст имел 30-35 побегов.

Основными причинами такой неоднородности являются как почвенно-климатические условия, так и антропогенное воздействие (сбой в результате перевыпаса скота, воздействие пожаров прошлых лет) на формирование растительного покрова степи.

Характеризуя отдельные различия фитомелиорированного 36 лет назад лесонасаждения «Мо-

лодежный-терескен», необходимо отметить, что высота однолетниково-злакового травостоя в среднем составляет 20 см, низкорослые растения встречаются либо редко (полевица малая, бурачок, эбелек, проломник, липучка), либо часто, но к моменту обследования уже сильно выбиты или практически полностью стравлены (мортук пшеничный и восточный, осока, астрагал длиннолистный). Из высокорослых злаков чаще представлены ковыли – тырса и Лессинга (последний до 60-70 см), редко – житняк сибирский (до 70 см), овес песчаный (до 70-80 см). Максимальная высота полыней (белой, сантонинной) достигает 40-50 см, австрийской – 35-40 см, средняя – 35 и 30 см соответственно. В восточной части терескенового насаждения полыни встречаются чаще, чем в западной, где они представлены единичными кустами или небольшими пятнами (от 1 до 5 м²).

Значительными растительными ассоциациями нижнего травянистого яруса терескенового насаждения являются разнотравно-злаковые и разнотравно-полынно-злаковые, обычны также эфемерово-разнотравные, бурачково-полынные и др. Всего на терескеновом лесопастбище «Молодежный-терескен» отмечено 63 вида растений, из которых 17 видов не встречались в фитоценозах в период последнего обследования, 4 – новые выявленные виды. В составе жизненных форм растений терескенового лесопастбища и прилегающих территорий коренного пастбища многолетники и однолетники представлены почти поровну (25 и 21 вид или 54,3% и 45,7%) на фитомелиорированной территории, 21 и 23 вида или 47,7% и 52,3% – на контроле. На лесопастбище по количеству видов многолетников больше в 1,2 раза, однолетников меньше в 1,1 раза. Биоразнообразие полукустарниковых форм представлено 6 видами как на лесопастбище, так и на контроле, количество трав на фитомелиорированном участке и контроле практически не отличается (40 и 38 видов).

Многолетние наблюдения и инвентаризация лесонасаждения «Молодежный-терескен» показали, что под защитой борозд-валов насаждения из терескена серого можно создавать не только посадкой, но и приемом посева семян. Рациональное и сбалансированное использование фитомелиоративно-обустроенных участков со снижением интенсивного выпаса скота весной и в начале лета будет являться залогом равновесного состояния сформированных искусственных лесопастбищных биогеоценозов, предупредит риски их вторичного опустынивания и обеспечит эффективное экономическое природопользование (рисунок 3).

Заключение. Современные крупные очаги дефляции легких почв на Черноземельских пастбищах Прикаспия являются специфическими молодыми образованиями. Для них характерны быстрое расширение площади и повышенная пестрота фитоэкологических условий. Освоению растительностью их территории препятствует интенсивный перенос песка и небольшой многолетний запас

доступной почвенной влаги в подстилающих отложениях. В условиях масштабного семенного опустынивания кормовых угодий и низкой шероховатости эродируемой поверхности динамические процессы в очагах практически исключают возможность их самозарастания.

Фитоэкологические ресурсы дефляционных котловин крупных очагов в наибольшей степени соответствуют требованиям мезо-ксерофитной травянистой и полукустарниковой растительности. Песчаные шлейфы аккумулятивной области после зарастания дефляционной котловины становятся благоприятными для заселения степными растениями.

Обязательным условием успешной реализации фитомелиоративных мероприятий является защита культурценозов в период их формирования от засекания и засыпания песком. Эффективным приемом защиты молодых культур в деструктивной эколого-морфологической области является нарезка в междурядьях плужных борозд-валов в весенний период.

При исключении интенсивного выпаса скота и перехода к умеренному выпасу в последующие 10-20 лет культурценозы замещаются самосевными экосистемами: терескеново-мятликовыми, терескеново-злаково-разнотравными, а при его отсутствии – ковыльно-мятликовыми, ковыльно-злаково-разнотравными, разнотравно-полынковыми и другими ассоциациями. В 20-30-летних «потухших» очагах дефляции растительный покров более разнообразен, чем на прилегающих пастбищах, а его продуктивность, при наличии полукустарников, в меньшей мере подвержена влиянию флуктуациям погодных условий.

Основные сохранившиеся параметры, структурные изменения, имеющееся состояние – через 36 лет заложенные параметры 2-ярусного лесопастбища сохранились, самосев терескена и травянистая растительность равномерно заполнила пространства между бороздами-валами. Категория состояния полукустарникового яруса из терескена серого меняется по годам, но в целом фитоценозы двух ярусов способны к самоподдержанию и саморегулированию даже при отсутствии стабильного атмосферного увлажнения.

Преимущество созданных лесопастбищ выявляется не только в повышении фитопродуктивности лесомелиоративных территорий, но и увеличении биоразнообразия, формировании более устойчивых популяций и фитоценозов, которые в конечном итоге приводят к продлению продуктивного долголетия и создания более устойчивых агроландшафтов.

Литература:

1. Манаенков А.С. Лесомелиорация арен засушливой зоны. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. 420 с.
2. Вдовенко А. В. Динамика состояния опустыненных земель сельскохозяйственного назначения на Юге России / А. В. Вдовенко, А. С. Манаенков, Л. П. Радочинская // Российская сельскохозяйственная наука.

2015. № 5. С. 49–53.

3. Манаенков А.С. Особенности фитомелиорации крупных очагов опустынивания песчаных земель в Северо-Западном Прикаспии // Проблемы комплексного освоения песков и мелиорации пастбищ. Волгоград, 1984. Вып. 2 (82). С. 79–89.

4. Миркин Б. М., Наумова Л. Г., Соломещ А. И. Современная наука о растительности. М.: Логос, 2001. 264 с.

5. Петров, В. И. Лесомелиоративная адаптация агроэкосистемы Российского Прикаспия (на примере Калмыкии) / В. И. Петров. Элиста: Джангар, 2002. 128 с.

6. Общесоюзная инструкция по проведению геоботанического исследования природных кормовых угодий и составлению крупномасштабных геоботанических карт, М., 1984. 77 с.

7. Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. 404 с.

8. Никитин В.В. Сорные растения флоры СССР. Л.: Наука, 1983. 454 с.

9. Алехин В.В. Методика полевого изучения растительности и флоры / 2-е изд. переработанное и дополненное. М.: НАРКОМПРОС. 1938. 208 с.

10. Геоботаническое изучение пастбищ и сенокосов / Пастбища и сенокосы СССР / отв. ред. М. Г. Андреев. М.: Колос, 1974. С. 33–38.

11. Дмитриева С.И. Растения сенокосов и пастбищ / С.И. Дмитриева, В.Г. Игловиков и др. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1982. 348 с.

12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. М.: Колос, 1985. 352 с.

13. Исследования структуры и строения растительного покрова /под ред. Н.И. Рорышина / Ленинград; Ленинградский университет, 1973. 286 с.

14. Краткое руководство для геоботанических исследований в связи с полезащитным лесоразведением и созданием устойчивой кормовой базы на юге европейской части СССР / В. Н. Сукачев, Е. М. Лавренко, И. В. Ларина. М.: АН СССР, 1952. 192 с.

15. Раменский Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М., Сельхозиздат, 1956.

16. Сохранение и восстановление биоразнообразия. М.: Изд-во науч. и учеб.-метод. центра, 2002. 286 с.

17. Рекомендации по формированию лесопастбищ в аридной зоне / В. И. Петров [и др.]. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2000. 42 с.

18. Радочинская Л.П. Биоразнообразие лесопастбищ в «потухших» очагах опустынивания на Черных землях /Агроэкология, мелиорация и защитное лесоразведение //Материалы межд. научно-практ. конф. Волгоград. 2018. С. 154–159.

DOI: 10.34736/FNC.2021.114.3.003.32-38

Sustainability of Forest Pastures in a Changing Climate Contemporary Conditions

Baatr K. Bolaev, D.S.-Kh.N., Director, ORCID ID 0000-0001-8210-9971;

Baatr V. Kishtanov, junior researcher, ORCID ID 0000-0002-7860-2795, baatr22@yandex.ru – Kalmyk NIAGLOS – affiliate of FSC of Agroecology RAS, kalmniaglos@mail.ru, Elista, Russia

The forest pastures steadiness in the changed climatic conditions attracts more and more attention nowadays due to the increasing anthropogenic pressure on pasture lands and due to the increasing desertification processes. The research objects were the centers of desertification in the Black Lands of Kalmykia. The vegetation covers succession in the restored pastures, biodiversity, the phytocenoses structure and the created pastures phytoproductivity were examined. The possibility of creating inspermatation centers in fresh reclaimed deflation centers and the seasonal species composition dynamics and vegetation cover biomass in «extinct» deflation centers on pastures are determined. It has been established that in succession of progression

type the species composition of rehabilitated pastures with the presence of a tree-shrub layer is quite stable. The shrub layer is quite stable at the age of 30-35 years even in extremely arid conditions. The grassy layer formation is intensified and the stability and productivity of phytocenoses supports self-seeding under the protection of shrubs. The vegetation cover successions monitoring in the «extinct» deflation centers in the Black Lands of Kalmykia showed that long-lasting and productive feedstocks were formed during the complex reclamation of desertification centers where tree-shrub and herbaceous plants had been used.

Keywords: steadiness of forest pastures, pasture lands, shrub layer, deflation centers, land reclamation

Received: 16.08.2021

Accepted: 16.09.2021

References:

1. Manayenkov A.S. *Lesomeliorsiya aren zasushlivoj zony* [Forest reclamation of arid zone arenas]. Volgograd: VNIALMI. Publ. house, 2014. 420 p. (In Russian)

2. Vdovenko, A.V. Manayenkov A.S., Radochinskaya L.P. *Dinamika sostoyaniya opustynennykh zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya na Yuge Rossii* [Dynamics of the state of desolate agricultural lands in the South of Russia]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka [Russian agricultural Science]*. 2015. № 5. pp. 49–53. (In Russian)

3. Manayenkov A.S. *Osobennosti fitomeliorsitsii krupnykh ochagov opustynivaniya peschanykh zemel' v Severo-Zapadnom Prikaspii* [Phytomelioration features of large desertification centers in the North-Western Near-Caspian sandy lands]. *Problemy kompleksnogo osvoyeniya peskov i meliorsitsii pastbishch* [Problems of sands complex development and pastures melioration]. Volgograd. 1984. Issue 2 (82). pp. 79–89. (In Russian)

4. Mirkin B.M., Naumova L.G., Solomeshch A.I. *Sovremennaya nauka o rastitel'nosti* [Contemporary science of vegetation].

Moscow: «Logos» Publ. house, 2001. 264 p. (In Russian)

5. Petrov V.I. *Lesomeliorativnaya adaptatsiya agroekosistem Rossiyskogo Prikaspiya (na primere Kalmykii)* [Forest-reclamation adaptation of the Russian agroecosystem of Near-Caspian (on the example of Kalmykia)], Elista: Dzhangar, 2002. 128 p. (In Russian)

6. *Obshchесоyuznaya instruktsiya po provedeniyu geobotanicheskogo issledovaniya prirodnykh kormovykh ugodij i sostavleniyu krupnomasshtabnykh geobotanicheskikh kart* [All-union instructions for carrying geobotanical studies of natural grasslands and producing large-scale geobotanical maps]. Moscow, 1984. 77 p. (In Russian)

7. *Programma i metodika biogeotsenologicheskikh issledovaniy* [Program and methods of biogeocenological research]. Moscow: «Nauka» Publ. house, 1974. 404 p. (In Russian)

8. Nikitin V.V. *Sornyye rasteniya flory SSSR* [Weed plants of the USSR flora]. Leningrad: «Nauka» Publ. house, 1983. 454 p.

9. Alyokhin V.V. *Metodika polevogo izucheniya rastitel'nosti i flory* [Vegetation and flora field study methodology]. 2nd ed., revised and supplemented. Moscow: NARKOMPROS Publ. house, 1938. 208 p. (In Russian)

10. *Geobotanicheskoye izucheniye pastbishch i senokosov* [Geobotanical study of pastures and hayfields]. Pastures and hayfields of the USSR (ed. M. G. Andreyev). Moscow: «Kolos» Publ. house, 1974. pp. 33-38. (In Russian)

11. Dmitriyeva S.I. Iglovikov V.G. *Rasteniya senokosov i pastbishch* [Plants of hayfields and pastures]. et al. 2nd ed., revised and supplemented, Moscow: «Kolos» Publ. house, 1982. 348 p. (In Russian)

12. Dospikhov B. A. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience]. Moscow: «Kolos» Publ. house. 1985. 352 p. (In Russian)

13. *Issledovaniya struktury i stroyeniya rastitel'nogo pokrova* [Studies of the vegetation cover structure] (edited by N.I. Roryshin). Leningrad, Leningrad University Publ. house, 1973. 286 p. (In Russian)

14. Sukachev V.N., Lavrenko Ye.M., Larina I.V. *Kratkoye rukovodstvo dlya geobotanicheskikh issledovaniy v svyazi s polezashchitnym lesorazvedeniyem i sozdaniyem ustojchivoy kormovoy bazy na yuge yevropejskoj chasti SSSR* [A brief guide for geobotanical research in connection with protective afforestation and the creation of a stable forage base in the south of the European part of the USSR]. Moscow: Academy of Sciences of the USSR Publ. house, 1952. 192 p. (In Russian)

15. Ramenskij L.G. *Ekologicheskaya otsenka kormovykh ugodij po rastitel'nomu pokrovu* [Ecological assessment of forage lands by vegetation cover]. Moscow. «Sel'khozizdat» Publ. house, 1956. (In Russian)

16. *Sokhraneniye i vosstanovleniye bioraznoobraziya* [Conservation and restoration of biodiversity]. Moscow: Publishing house of Science and Scient-method. Center, 2002. 286 p. (In Russian)

17. Petrov V.I. [et al.] *Rekomendatsii po formirovaniyu lesopastbishch v aridnoj zone* [Recommendations on the formation of forest pastures in the arid zone]. Volgograd: VNIALMI. Publ. house, 2000. 42 p. (In Russian)

18. Radochinskaya L.P. *Bioraznoobraziye lesopastbishch v «potukhshikh» ochagakh opustynivaniya na Chernykh Zemlyakh. Agroekologiya, melioratsiya i zashchitnoye lesorazvedeniye* [Biodiversity of forest pastures in «extinct» foci of desertification on Black Lands. Agroecology, melioration and protective afforestation]. Materials of the international scientific and practical conference. Volgograd, 2018. pp. 154-159. (In Russian)



Рисунок 2. Сбитые пастбища



Рисунок 3. Лесопастбища (терескен и валы)

Цитирование. Болаев Б.К., Киштанов Б.В. Устойчивость лесопастбищ в современных условиях изменения климата // Научно-агрономический журнал. 2021. №3(114). С. 32-38. DOI:10.34736/FNC.2021.114.3.003.32-38

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Citation. Bolaev B.K., Kishtanov B.V. Sustainability of Forest Pastures in Modern Conditions in a Changing Climate. *Scientific Agronomy Journal*. 2021. 3(114). pp. 32-38. DOI: 10.34736/FNC.2021.114.3.003.32-38

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

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

Пространственное распределение орошаемых земель на территории Черноярского района Астраханской области

Валерий Григорьевич Юферев, д.с.-х.н., г.н.с., ORCID: 0000-0002-1046-0196, vyuferev1@ Rambler.ru, зав. лаб. лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов – 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 тем, что орошаемые земли в аридных ландшафтах являются составляющей, позволяющей получать гарантированную продукцию независимо от наличия или отсутствия осадков. Сложившаяся структура орошаемых земель базируется на исследованиях, проведенных при формировании политики экстенсивного развития сельскохозяйственного производства. В результате недостаточной предпроектной подготовки часто создавались системы орошения на землях, не отвечающих требованиям сохранения плодородия почв в условиях орошения. Результатом такой работы являлась неэффективность орошения, связанная с большими экономическими затратами, вызванными потерями поливной воды в открытых системах, потерей плодородия почв за счет засоления и дегумификации, загрязнение окружающей среды. Объектами исследований являлись территории в полупустынной природной зоне. Новизна исследований обусловлена новыми знаниями, полученными в результате геоинформационного анализа территории. Цель исследований – получение пространственных геостатистических характеристик участков орошения, отражающих особенности их положения, размещения в рельефе и определение их координат на основе геоинформационных технологий, геоморфологических особенностей каждого орошаемого участка и данных дистанционного зондирования Земли. Использовалась методология геоинформационного анализа территорий по космоснимкам и по данным цифровых моделей рельефа. В результате исследований определены точные координаты центров орошаемых участков, их геометрия, площади экспозиции на территории исследований, а также карты их пространственного распределения. Геоморфологические характеристики, полученные в ходе исследований, дают возможность провести предварительную оценку перспективности использования земель для сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: космоснимок, геоинформационная система, карта, анализ, распределение, орошение

Поступила в редакцию: 29.08.2021

Принята к печати: 20.09.2021

Орошаемые земли функционируют в особом режиме, где гидрогеологический режим является искусственным фактором, который при нерациональном ведении хозяйства приводит к разрушению базовой экосистемы, при этом изменяются рельеф и свойства почвы. Вследствие чего, данные, представляющие пространственное распределение орошаемых земель, становятся актуальными для анализа условий функционирования агроландшафтов в условиях орошения. Геоинформационные технологии используются для формирования базы пространственных данных об орошаемых землях, основанных на использовании растровых изображений, получаемых от космических средств зондирования Земли, векторных данных о границах объектов и о трассировке оросительных каналов, атрибутивных данных о качественных характеристиках почв, о культурах, выращиваемых на орошении и др. [1, 2, 3].

Выявление пространственного распределения участков орошаемых земель определено увеличением площадей, не используемых для производства сельскохозяйственной продукции, и связано с потерей их плодородия. Проведение работ по сохранению, восстановлению почвенного плодородия требует точных данных по пространственному распределению участков орошаемой пашни

в ландшафте. Территория Черноярского района относится к Волго-Сарпинскому ландшафтному району, для которого характерно наличие засоленных почв [4, 5]. До строительства оросительной системы на рассматриваемой территории почвенный покров был представлен светло-каштановыми солонцовыми комплексами, солонцами с каштановыми и бурыми почвами [6, 7]. В связи с этим в последние годы прослеживается тенденция к выводу орошаемых земель из хозяйственного использования.

Так как распределение орошаемых участков носит пространственный характер, то определение и картографирование пространственных характеристик и координат таких участков дает возможность использовать результаты исследований при их планировании. Геоинформационные технологии с применением анализа дистанционной информации позволяют изучить пространственные особенности территории, вести мониторинг изменений и определять пути формирования устойчивых агроландшафтов.

Материалы и методы. Исследования пространственного распределения территориальных объектов непосредственно связано с определением их геометрии, основанной на векторизации контуров, географических координат и высотных отме-

ток расположения их узловых точек в выбранной картографической проекции, а также их взаимосвязи пространстве [8, 9]. Объект исследований – орошаемые земли – выбран исходя их особого статуса для получения гарантированной продукции растениеводства в засушливых районах Российской Федерации. Территория Черноярского района Астраханской области по своему положению, почвенным и климатическим условиям отражает основные тенденции пространственного размещения орошаемых участков земель сельскохозяйственного назначения с учетом их функционирования в полупустынной природной зоне [10].

Методология геоинформационного анализа территорий для определения пространственного распределения объектов основана на их точном позиционировании с использованием пространственных данных систем позиционирования как специализированных геодезических, так и спутников, которые выполняют съемку поверхности Земли с определенной для них точностью позиционирования [11]. Геоинформационный анализ, обработка и картографирование участков проводились с использованием программ QGIS 3.18 и Surfer. Получение космических снимков с привязкой к координатам дает возможность исследовать пространственное размещение контуров участков орошаемых земель.

При этом использование снимков сверхвысокого разрешения, дополнительной графической

и атрибутивной пространственной информации позволяет с высокой точностью геопозиционирования (от 3,5 м) определить их пространственное размещение и провести анализ распределения таких участков на территории исследований, на основании чего создаются соответствующие тематические карты [12]. Для получения данных дистанционного зондирования были использованы снимки, получаемые со спутников Worldview 3, Sentinel 2 и Landsat-8. Для получения данных о высотах использовалась глобальная цифровая модель рельефа SRTM 3 (<https://scihub.copernicus.eu/dhus>, 2021; <https://srtm.csi.cgiar.org>, 2021).

Результаты и обсуждения. Объекты исследований расположены на территории Черноярского района Астраханской области и принадлежат к Волго-Сарпинскому ландшафтному району Прикаспийской низменности.

Черный Яр расположен на территории с координатами 48° 03' 37» с.ш. и 46° 06' 53» в.д. на высоте 5 м над уровнем моря (рисунок 1). Климат засушливый, средняя температура за июль – август составляет 25,8 °С, среднее количество осадков (в период с 1948 года по настоящее время) – 262 мм (<http://www.pogodaiklimat.ru/forecast/34578.htm>).

Почвенные условия характеризуются наличием малогумусированных, светло-каштановых и бурых почв в комплексе с солонцами и солонцов, небольшие площади заняты аллювиальными типами почв (рисунок 2).

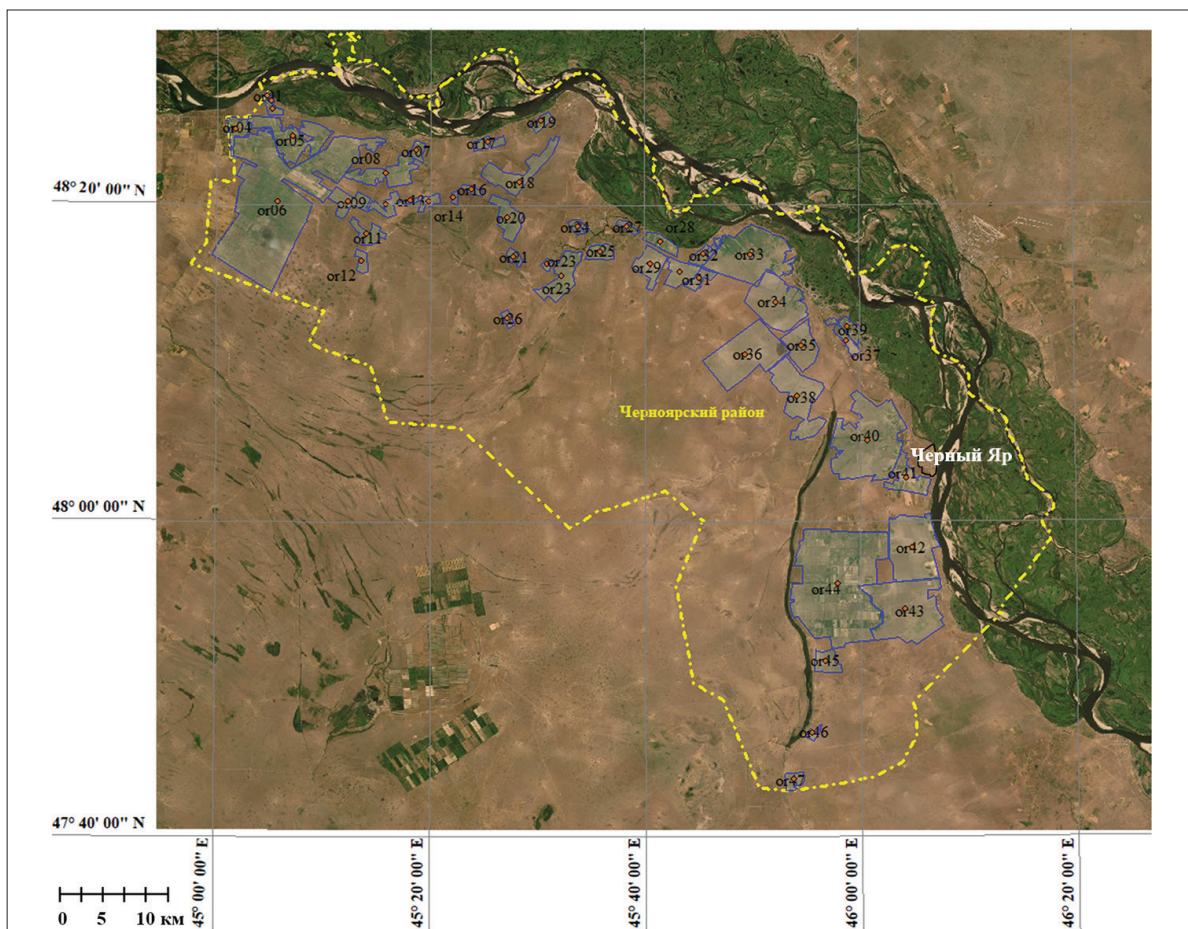


Рисунок 1. Космокарта пространственного размещения участков орошения на территории Черноярского района

Всего выделено 10 почвенных контуров (см. рисунок 2). При геоинформационном анализе территории было выделено 47 объединенных контуров орошаемых участков (см. рисунок 1) общей площадью 78218 га и установлены их характеристики (таблица 1). Статистический анализ показал, что

стандартное отклонение средних высот – 6,02 м, а стандартное отклонение средней крутизны – 0,09°.

Анализ распределения почв по участкам орошения показал (рисунок 3), что незасоленные площади занимают 10411 га, почвы с солонцами – 48631 га, солонцы – 19176 га.

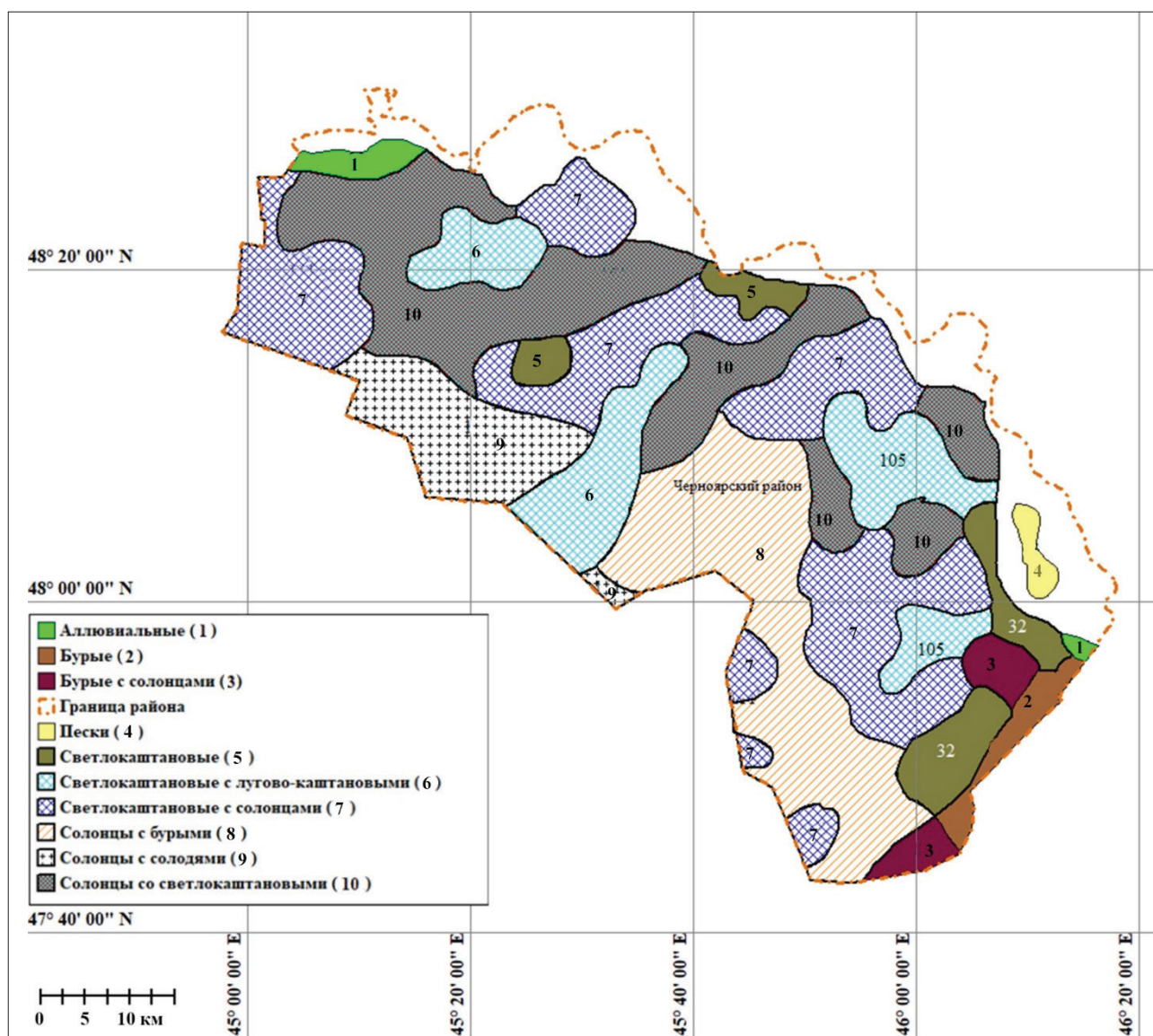


Рисунок 2. Почвенная карта пространственного размещения почвенных контуров на территории Черноярского района (на основе почвенной карты Астраханской области М 1:2500000 <https://soil-db.ru/soilatlas>)

Таблица 1 – Характеристики контуров орошаемых участков

| Участок | Площадь, га | Средняя высота, м | Средняя крутизна, ° | Координаты центра | Основной тип почвы |
|---------|-------------|-------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| ор01 | 36,5 | 12,2 | 1,1 | 48° 26' 51» N 45° 04' 47» E | Аллювиальные (1) |
| ор02 | 10,5 | 11,6 | 1,4 | 48° 26' 31» N 45° 05' 09» E | Аллювиальные (1) |
| ор03 | 219,5 | 12,5 | 1,1 | 48° 26' 01» N 45° 05' 14» E | Аллювиальные (1) |
| ор04 | 555,1 | 12,1 | 1,1 | 48° 24' 44» N 45° 01' 51» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| ор05 | 2373,8 | 11,9 | 1,3 | 48° 24' 17» N 45° 07' 07» E | Солонцы со светло-каштановыми (10) |

Продолжение таблицы 1

| | | | | | |
|------|---------|------|-----|---------------------------------|--|
| or06 | 14995,5 | 12,4 | 1,2 | 48° 20' 10» N 45° 05' 45» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or07 | 291,9 | 3,0 | 1,4 | 48° 23' 26» N 45° 18' 46» E | Светло-каштановые с лугово-каштановыми (6) |
| or08 | 1479,6 | 7,6 | 1,3 | 48° 21' 59» N 45° 15' 53» E | Солонцы со светло-каштановыми (10) |
| or09 | 839,3 | 10,2 | 1,2 | 48° 20' 12» N 45° 12' 18» E | Солонцы со светло-каштановыми (10) |
| or10 | 479,9 | 9,2 | 1,3 | 48° 19' 58» N 45° 15' 54» E | Светло-каштановые с лугово-каштановыми (6) |
| or11 | 637,1 | 10,0 | 1,2 | 48° 18' 10» N 45° 14' 05» E | Солонцы со светло-каштановыми (10) |
| or12 | 281,9 | 10,3 | 1,3 | 48° 16' 27» N 45° 13' 35» E | Солонцы со светло-каштановыми (10) |
| or13 | 83,7 | 8,0 | 1,2 | 48° 20' 15» N 45° 18' 08» E | Светло-каштановые с лугово-каштановыми (6) |
| or14 | 281,9 | 4,0 | 1,2 | 48° 20' 13» N 45° 19' 51» E | Светло-каштановые с лугово-каштановыми (6) |
| or15 | 103,0 | 7,5 | 1,3 | 48° 20' 29» N 45° 22' 13» E | Светло-каштановые с лугово-каштановыми (6) |
| or16 | 179,4 | 6,5 | 1,4 | 48° 20' 57» N 45° 23' 52» E | Светло-каштановые с лугово-каштановыми (6) |
| or17 | 369,5 | 2,8 | 1,3 | 48° 23' 55» N 45° 25' 23» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or18 | 1634,3 | 5,4 | 1,3 | 48° 21' 26» N 45° 28' 22» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or19 | 292,1 | 9,9 | 1,3 | 48° 25' 16» N 45° 30' 24» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or20 | 1035,1 | 5,8 | 1,2 | 48° 19' 12» N 45° 27' 13» E | Солонцы со светло-каштановыми (10) |
| or21 | 240,7 | 3,0 | 1,2 | 48° 16' 44» N 45° 27' 48» E | Солонцы со светло-каштановыми (10) |
| or22 | 124,6 | -1,6 | 1,3 | 48° 16' 15» N 45° 30' 56» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or23 | 1383,8 | -1,5 | 1,2 | 48° 15' 28» N 45° 32' 15» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or24 | 245,5 | -1,8 | 1,3 | 48° 18' 338» N 45° 33' 47» E | Солонцы со светло-каштановыми (10) |
| or25 | 489,3 | -2,3 | 1,4 | 48° 17' 02» N 45° 35' 54» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or26 | 178,8 | 2,8 | 1,2 | 48° 12' 504» N 45° 27' 13» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or27 | 205,0 | -4,0 | 1,2 | 48° 18' 38» N 45° 38' 23» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or28 | 524,8 | -2,7 | 1,4 | 48° 17' 38» N 45° 41' 33» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or29 | 1033,5 | -2,6 | 1,3 | 48° 16' 14» N 45° 40' 32» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or30 | 853,2 | 3,6 | 1,3 | 48° 15' 43» N 45° 43' 20» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or31 | 398,5 | 8,9 | 1,3 | 48° 15' « N 45° 45' 09» E | Солонцы со светло-каштановыми (10) |
| or32 | 440,9 | 8,8 | 1,3 | 48° 16' 54» N 45° 45' 32» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or33 | 4406,1 | 7,8 | 1,4 | 48° 16' 48» N 45° 49' 55» E | Солонцы со светло-каштановыми (10) |
| or34 | 3137,1 | 12,9 | 1,4 | 48° 13' 48» N 45° 52' 19» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or35 | 1471,4 | 10,6 | 1,4 | 48° 11' 05» N 45° 54' 38» E | Светло-каштановые с лугово-каштановыми (6) |

Продолжение таблицы 1

| | | | | | |
|-------|---------|-------|-----|--------------------------------|--|
| or36 | 4041,7 | 10,0 | 1,5 | 48° 10' 32» N 45° 49' 23» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or37 | 377,2 | -10,8 | 1,3 | 48° 11' 23 N 45° 58' 49» E | Светло-каштановые с лугово-каштановыми (6) |
| or38 | 3035,3 | 5,8 | 1,4 | 48° 07' 51» N 45° 54' 15» E | Светло-каштановые с лугово-каштановыми (6) |
| or39 | 497,8 | -10,9 | 1,4 | 48° 12' 13» N 45° 58' 54» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or40 | 6102,9 | 0,7 | 1,4 | 48° 05' 03» N 46° 00' 48» E | Солонцы со светло-каштановыми (10) |
| or41 | 1206,3 | 0,0 | 1,4 | 48° 02' 42» N 46° 04' 23» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or42 | 3840,9 | 4,6 | 1,4 | 47° 58' 16» N 46° 04' 50» E | Светло-каштановые с лугово-каштановыми (6) |
| or43 | 4907,1 | 8,4 | 1,3 | 47° 54' 25» N 46° 04' 09» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or44 | 11761,0 | 1,3 | 1,3 | 47° 56' 02» N 45° 57' 54» E | Светло-каштановые с солонцами (7) |
| or45 | 650,1 | -2,2 | 1,2 | 47° 51' 07» N 45° 56' 48» E | Солонцы с бурыми (8) |
| or46 | 139,3 | 1,5 | 1,3 | 47° 46' 36» N 45° 55' 30» E | Солонцы с бурыми (8) |
| or47 | 345,8 | -0,2 | 1,2 | 47° 43' 41» N 45° 53' 43» E | Солонцы с бурыми (8) |
| Итого | 78217,7 | | | | |

Таким образом, на орошаемых участках установлено преобладание засоленных почв, которые занимают 86,7 % общей площади орошаемых земель в районе. В связи с этим имеется

вероятность засоления верхнего слоя почвы и значительного снижения продуктивности сельскохозяйственных угодий.

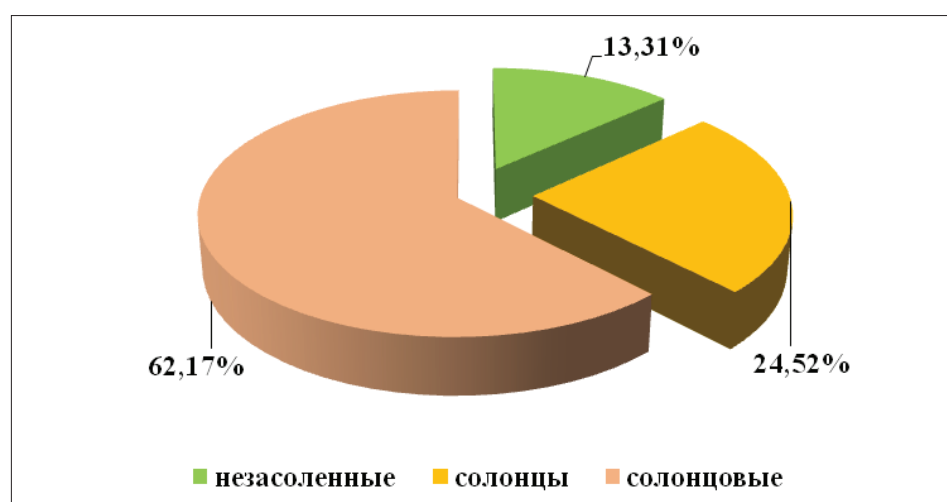


Рисунок 3. Распределение почв по участкам орошения

Пространственное распределение орошаемых земель на территории Черноярского района устанавливалось по плотности распределения площадей орошаемых участков на рассматриваемой территории, обработка данных и моделирование распределения, проведенное в программе Surfer, позволило создать карту плотности распределения участков (рисунок 4). Анализ распределения показал, что максимальная плотность распределения площадей орошаемых участков – 0,18 га/га – приходится на полигон со светло-каштановыми

почвами с солонцами, расположенный в северной части территории района, с координатами 48° 20' 10» с.ш., 45° 05' 45» в.д. и 0,14 га/га – на полигон со светло-каштановыми почвами с солонцами, расположенный в южной части территории района, с координатами 47° 56' 02» с.ш., 45° 57' 54» в.д.

Выводы. Исследования пространственного распределения орошаемых земель на территории Черноярского района позволило определить плотность распределения орошаемых площадей

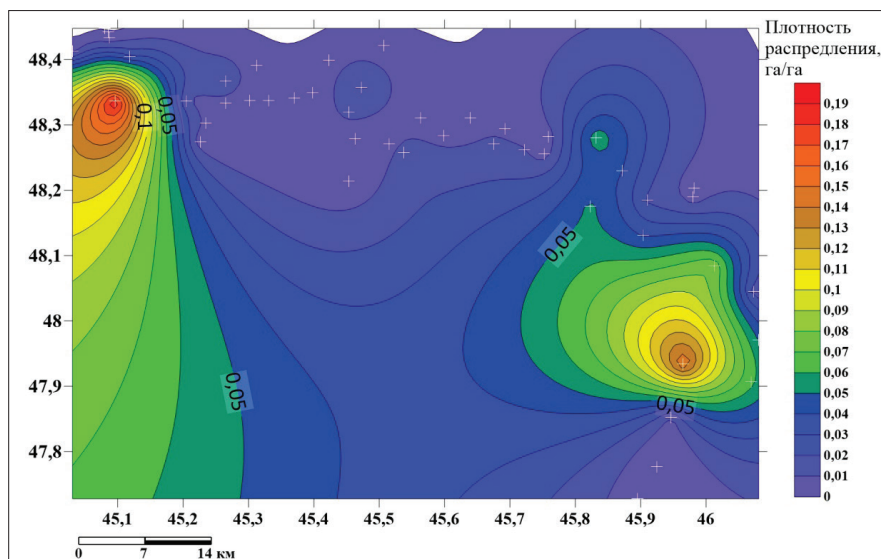


Рисунок 4. Плотность распределение участков орошения

на территории исследований, установить координаты максимального (плотность орошаемых земель 0,18 га/га, координаты 48° 20' 10» с.ш., 45° 05' 45»в.д.) использования территории для орошаемого земледелия, выявить условия функционирования агроландшафтов. Наименьшая плотность орошаемых земель от 0 до 0,02 га/га сосредоточена вокруг точки с координатами 48° 21' 26» с.ш., 45° 28' 22» в.д., которая расположена в центральной части территории района. Использование полученных результатов позволит организовать регулярный мониторинг орошаемых земель района.

Литература:

1. Геоинформатика: Учеб. для студ. вузов / Е.Г. Капранов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов и др.; Под ред. В. С. Тикунова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 480 с.
2. Brezhnev R.V., Maltsev E.A. An Ontological Spatial Monitoring System for Agricultural Land Monitoring. *Pattern Recognition and Image Analysis*. 2015. Vol. 25. №. 2. P. 201–208.
3. Landsat Missions. Landsat 8 Pre-Collection Quality Assessment Band [Электронный ресурс]. URL: <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat> (дата обращения: 03.08.2021).
4. Горбунова И.А., Пузанова Т.А. Генетические особенности и классификационные критерии разделения аридных почв территории России // *Аридные экосистемы*. 2006. том 12. № 29. С. 40-46.
5. Зволинский, В.П. Опыт мелиорации и освоения почв солонцового комплекса Прикаспия // *Природо-*

пользование в аридных регионах России / М.: Изд-во «Современные тетради», 2006. С. 25-38.

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

7. Барталев С.А. Метод выявления используемых пахотных земель по данным дистанционного зондирования со спутников / С. А. Барталев, Е. А. Лупян, И. А. Нейштадт // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2006. Вып. 3. Т. 2. С. 271–280.

8. Майкл Н., Де Мерс. Географические информационные системы. Основы.: Пер. с англ. М: Дата+, 1999. 508 с.

9. Gong Xin Yi, Hu Su, De Xu, Zheng Tao Zhang, Fei Shen, Hua-Bin Yang. An Overview of Contour Detection Approaches. *International Journal of Automation and Computing*. 2018. Vol.15.№6. pp. 656-672.

10. Дедова Э.Б. Хозяйственно-мелиоративная оценка оросительных систем Республики Калмыкия / Э.Б. Дедова, В.В. Бородычев, А.В. Шуравилин // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2011. №4. С. 11-13.

11. Ma X. Optimized Sample Selection in SVM Classification by Combining with DMSP-OLS, Landsat NDVI and GlobeLand30 Products for Extracting Urban Built-Up Areas / X. Ma, X. Tong, S. Liu [et al.]. *Remote Sens*. 2017. 9. P. 1–16.

- 12 Malczewski, J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning*. 2004. 62. P. 3–65.

DOI: 10.34736/FNC.2021.114.3.004.39-45

Spatial distribution of irrigated Lands on the Territory of the Chernoyarsky district of the Astrakhan Region

Valery G. Yuferev, D.S.-Kh.N., chief researcher, ORCID: 0000-0002-1046-0196, vyuferev1@rambler.ru, head of the laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of agroforest Landscapes – FSC of Agroecology RAS, e-mail: info@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Avenue, 97, Volgograd, Russia

The research is relevant due to the fact that irrigated lands in arid landscapes are a component that allows obtaining guaranteed products regardless of the presence or absence of precipitation. The current structure of irrigated lands is based on research

carried out during the formation of the extensive development of agricultural production policy. As a result of insufficient pre-design preparation of irrigation systems, they were often constructed on lands that do not meet the requirements for pre-

serving soil fertility under irrigation conditions. The result of such work is the environmental pollution and inefficiency of irrigation associated with large economic costs caused by losses of irrigation water in open systems, loss of soil fertility due to salinization and humus losses. The research object is irrigated lands on the territory of the Chernoyarsky district of the Astrakhan region which reflects the main characteristics of their current location in a semi-desert natural zone on the territory of research. The novelty of the research consists in new knowledge obtained as a result of the geoinformation analysis of the territory and analytical cartographic material on the spatial placement of irrigated arable land plots. The research purpose is to obtain spatial geostatistical characteristics of irrigation sites, reflecting the features of their spatial position, placement in the relief and determining their spatial coordinates based

on geoinformation technologies, geomorphologic features of each irrigated site and remote sensing data of the Earth. The research methodology is aimed at identifying the spatial characteristics of irrigated areas based on a geoinformation analysis of their spatial distribution according to current satellite images and their position in the relief according to digital terrain models. The research result is the determination of the exact coordinates of the irrigated areas centers, their geometry, the area of exposure in the research space, as well as maps of their spatial distribution. Obtained during the research geomorphologic characteristics provide an opportunity to carry out a preliminary assessment of the using land prospects for agricultural production.

Keywords: satellite image, geoinformation system, map, analysis, distribution, irrigation

Received: 29.08.2021

Accepted: 20.09.2021

References:

1. Kapralov Ye.G., Koshkaryov A.V., Tikunov V.S. et. al. *Geoinformatika: Ucheb. dlya stud. vuzov* [Geoinformatics: Textbook for Higher educational institution students]. Edited by V. S. Tikunov. Moscow: «Akademija» Publ. center, 2005. 480 p. (In Russian)
2. Brezhnev R.V., Maltsev E.A. An Ontological Spatial Monitoring System for Agricultural Land Monitoring. Pattern Recognition and Image Analysis. 2015. Vol. 25. № 2. pp. 201–208.
3. Landsat Missions. Landsat 8 Pre-Collection Quality Assessment Band [In-ternet-resource]. URL: <https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat> (date of request: 03.08.2021).
4. Gorbunova I.A., Puzanova T.A. *Geneticheskiye osobennosti i klassifikatsionnyye kriterii razdeleniya aridnykh pochv territorii Rossii* [Classification criteria for differentiation and genetic features of the territory of Russia arid soils]. *Aridnyye ekosistemy* [Arid ecosystems]. 2006. Vol. 12. № 29. pp. 40–46. (In Russian)
5. Zvolinskij V.P. *Opyt melioratsii i osvoeniya pochv solonchovogo kompleksa Prikaspiya* [Experience of soils of the solonetz complex reclamation and development in the Near-Caspian]. *Prirodopoznavaniye v aridnykh regionakh Rossii* [Environmental management in arid regions of Russia], Moscow: «Sovremennyye tetradi» Publ. house, 2006. pp. 25–38. (In Russian)
6. *Natsional'nyj doklad. Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov Rossii: opustynivaniye i degradatsiya zemel', institutsional'nyye, infrastruktturnyye, tekhnologicheskiye mery adaptatsii (sel'skoye i lesnoye khozyajstvo)* [National report. Global climate and soil cover of Russia: desertification and land degradation, institutional, infra-

structural, technological adaptation measures (agriculture and forestry)]. Vol. 2. Edited by R.S.-H. Edel'geriev. Moscow: LLC "Izdatel'stvo MBA" Publ. house. 2019. 476 p. (In Russian)

7. Bartalev S.A., Lupyan Ye.A. Nejshtadt I.A. *Metod vyyavleniya ispol'zuyemykh pakhotnykh zemel' po dannym distantsionnogo zondirovaniya so sputnikov* [Method for identifying used arable land according to remote sensing data from satellites]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Contemporary problems of the Earth remote sensing from space]. 2006. Is. 3. Vol. 2. pp. 271–280. (In Russian)

8. Michael N., De Mers. *Geograficheskiye informatsionnyye sistemy. Osnovy* [Basics of Geographical Information Systems]: Translated from Engl. Moscow: «Data+» Publ. house, 1999. 508 p.

9. Gong Xin Yi. Hu Su, De Xu, Zheng Tao Zhang, Fei Shen, Hua Bin Yang. An Overview of Contour Detection Approaches. *International Journal of Automation and Computing*. 2018. Vol.15. №6. pp. 656–672.

10. Dedova E.B., Borodychyov V.V., Shuravilin A.V. *Khozyajstvenno-meliorativnaya otsenka orositel'nykh sistem Respubliki Kalmykiya* [Economic and meliorative assessment of the Republic of Kalmykia irrigation systems]. *Melioratsiya i vodnoye khozyajstvo* [Land reclamation and water management]. 2011. №4. pp. 11–13. (In Russian)

11. Ma X., Tong X., Liu S. [et al.]. Optimized Sample Selection in SVM Classification by Combining with DMSP-OLS, Landsat NDVI and GlobeLand30 Products for Extracting Urban Built-Up Areas. *Remote Sens*. 2017. 9. pp. 1–16.

12. Malczewski J. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning*. 2004. 62. pp. 3–65.

Цитирование. Юферев В.Г. Пространственное распределение орошаемых земель на территории Черноярского района Астраханской области // Научно-агрономический журнал. 2021. №3(114). С. 39–45. DOI:10.34736/FNC.2021.114.3.004.39-45

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. Yuferev V.G. Spatial distribution of irrigated Lands on the Territory of the Chernoyarsky district of the Astrakhan Region. *Scientific Agronomy Journal*. 2021. 3(114). pp. 39–45. DOI: 10.34736/FNC.2021.114.3.004.39-45

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. The author declares no conflicts of interest.

Особенности развития представителей видов рода *Juniperus* L. в экстремальных условиях

Максим Вячеславович Цой, м.н.с., аспирант, ORCID: 0000-0003-2139-7919, tsoy-m@vfanc.ru – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), info@vfanc.ru, 400062, Университетский проспект, 97, Волгоград, Россия

Повышение биоразнообразия дендрофлоры является актуальной проблемой региона с засушливым климатом, решение данной проблемы ведет к формированию комфортной и здоровой среды для жизни населения. Ключевым этапом при формировании дендрофлоры является подбор растений с высокими показателями адаптации к данным условиям среды. Закономерности ритмики сезонных изменений, влияние стресс-факторов на рост, развитие и сроки протекания фенофаз, а также их сопряженность с экстремальными значениями абиотических факторов определяют адаптацию древесных растений. Цель исследования – выявление сопряженности развития *Juniperus* L. с экстремальными условиями среды. Объектами исследования являлись виды рода *Juniperus*: *J. virginiana* L., *J. communis* L., *J. sabina* L. произрастающие в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН (филиал Нижневолжская станция по селекции древесных пород). Наступление фенофаз можжевельников определяли методикой фенологических наблюдений Главного ботанического сада РАН. Характеристика декоративности, роста и развития трех видов *Juniperus* L. (*J. sabina* L., *J. virginiana* L., *J. communis* L.) в условиях светло-каштановых почв проводилась по бальной шкале Бученкова И.Э. и Ниловой О.В., уровень засухоустойчивости определяли методикой Котова М.М. Проанализированы метеорологические данные за 3 года (2019-2021), влияние высоких температур и малого количества осадков на рост, развитие и ритмику фенологических фаз. В результате проведенных исследований водоудерживающей способности хвойных, выявлено, что у интродуцентов (*J. virginiana* L., *J. communis* L.) потеря воды на 2-11% выше, чем у местного представителя (*J. sabina*). В засушливый год (2020 г.) все исследуемые виды имели высокие жизненные показатели, характеризовались успешной адаптацией к экстремальным значениям факторов среды, что может свидетельствовать о перспективности для использования в озеленении и лесомелиорации.

Ключевые слова: древесные растения, *Juniperus*, *J. sabina*, *J. virginiana*, *J. communis*, адаптация, развитие, биоразнообразие, обогащение дендрофлоры

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания №0508-2021-0001 «Научные основы и технологии обогащения дендрофлоры лесомелиоративных комплексов хозяйственно ценными древесными и кустарниковыми растениями в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий» (Регистрационный номер: 121041200197-8); финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Поступила в редакцию: 28.07.2021

Принята к печати: 10.09.2021

Род *Juniperus* (семейство Cupressaceae) включает более 60 видов – это вечнозеленые кустарники или деревья, которые, в основном, распространены в холодных и умеренных регионах Северного полушария, а некоторые виды встречаются даже в Южной Тропической Африке [1,2].

Можжевельник казацкий – средиземноморский стелющийся кустарник из отдела хвойных. Он широко распространен на каменистых склонах невысоких гор южной Европы, Крыма, Кавказа и Средней Азии. Можжевельник казацкий встречается на меловых склонах и песках (островной характер на территории Волгоградской области) [8-10].

Можжевельник казацкий – прекрасное декоративное растение. Ранее он широко использовался для озеленения городов Западной Европы. Однако злоупотребление населением его лекарственными свойствами заставило отказаться от посадок вблизи населенных пунктов и включить в число ядовитых растений. В настоящее время вновь внедряется для декоративного озеленения. Его

можно использовать и для закрепления волжских склонов, и в черте города [6,7,11,12].

Популяции можжевельника казацкого в Волгоградской области естественно произрастают в районе Донской излучины (окрестностях Клетского, хх. Мелологовского, Мелоклетского, Большоголубинского, Хмелевского, Венцы, ст. Сиротино), на реке Иловле (с. Каменный брод, Михайловка, Захаровка, Александровка, Ютаевка) и в междуречье Иловли и Медведицы (Арчединский лесхоз, х. Вилтовский, между р.п. Иловля и с. Лог) (рисунок 1).

Можжевельник казацкий благоприятно растёт на склонах любой экспозиции, на песках предпочитает микропонижения. Редко встречается в виде одиночных экземпляров, обычно же образует целые заросли. Можжевельник казацкий прекрасный закрепитель эродированных склонов и развеваемых песков. Его стелющиеся ветви задерживают скатывающуюся щебенку, почвенные частицы, растительные остатки и способствуют накоплению гумуса. Почво-закрепительную функцию выполня-



Рисунок 1. Распространение *J. sabina* в Волгоградской области

ют усохшие кусты в течение 10-20 лет [1,2,4,5].

С популяциями можжевельника казацкого связаны своеобразные цветковые растения, которые также встречаются в горах: астрагал рогоплодный, ластовни, бурачки, ясенники, васильки и т.п. Таким образом, на меловых и песчаных территориях формируются растительные сообщества нагорно-ксерофитного характера. Не менее интересен и тот факт, когда это редкое хвойное растение заходит с открытых мест в байрачные и пойменные леса (верховье речки Камышинки, около ст. Сиротино, балка Дудачиха – Вилтовское лесничество на Дону, х. Мелоклетский и др.). Изменяется его внешний облик, он приобретает прямостоячий ствол, а хвои становятся игловидными, как у можжевельника обыкновенного. Такой метаморфоз послужил поводом для ошибочного указания произрастания в Волгоградской области можжевельника обыкновенного. Несомненно, изучение подобных растительных группировок с целью лесоразведения в степной зоне имеет большой научный и практический интерес [15-16].

Juniperus communis L. имеет самый широкий диапазон распространения, простирающийся от арктических регионов Азии, Европы и Северной Америки на юг до примерно 30° северной широты, хотя некоторые исследования сообщают, что естественные популяции также встречаются в Южном полушарии. В Азии растение естественным обра-

зом растет в Гималаях и встречается на высоте 3000–4000 м, распространяясь от Афганистана до Юго-Западного Китая [15-16].

J. virginiana L. – дерево высотой до 30 м. Произрастает от Канады до Флориды, к востоку от Скалистых гор на сухих скалистых почвах и во влажной болотной местности.

В задачи исследования входило:

1. Изучение сезонных ритмов развития.
2. Выявление сопряженности с экстремальными и оптимальными факторами среды.
3. Определение водоудерживающей способности объектов исследования.

Материалы и методика исследований. Объектами исследования являлись виды рода *Juniperus*: *J. virginiana* L. (20 лет), *J. communis* L. (19 лет), *J. sabina* L. (20 лет), интродуцированные в дендрологических коллекциях Волгоградской области: Нижневолжская станция по селекции древесных пород – филиал ФНЦ агроэкологии РАН (рисунок 2).

Изучение сезонных ритмов развития можжевельников проводилось по методике фенологических наблюдений Главного ботанического сада РАН. Характеристика декоративности, роста и развития трех видов *Juniperus* L. (*J. sabina* L., *J. virginiana* L., *J. communis* L.) в условиях светло-каштановых почв проводилась по бальной шкале Бученкова И.Э. и Ниловой О.В. [3]. Для оценки засухоустойчивости использовали методику Котова М.М. [3,13].

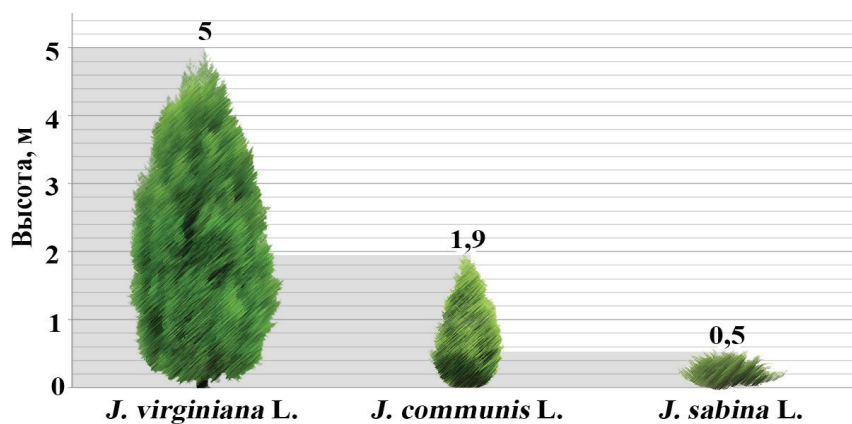


Рисунок 2. Соотношение высот объектов исследования

Результаты и их обсуждение. Анализ средне-месячных температур 2019-2021 гг. показал, что в 2019 году суммарно выпало 336 мм осадков, температура воздуха в зимний период отличалась от средней многолетней на 2,5-4 °С, в летний период температуры в целом совпадали, за исключением показателей в мае (на 3 °С выше средней многолетней). В 2020 году суммарно выпало 308 мм осадков, в январе и феврале температура воздуха зафиксирована ниже средней многолетней

на 7 °С, в декабре – на 3 °С. Более равномерным распределением осадков характеризовался 2019 год с относительно малыми расхождениями по температурному режиму, в 2020 году отмечалась противоположная ситуация, что обусловлено переувлажнением в мае и засухой в последующие месяцы. Наблюдения с января по июль 2021 показали отклонения от средней многолетней на 2-4 °С, сумма осадков составила 331 мм (рисунок 3-5).

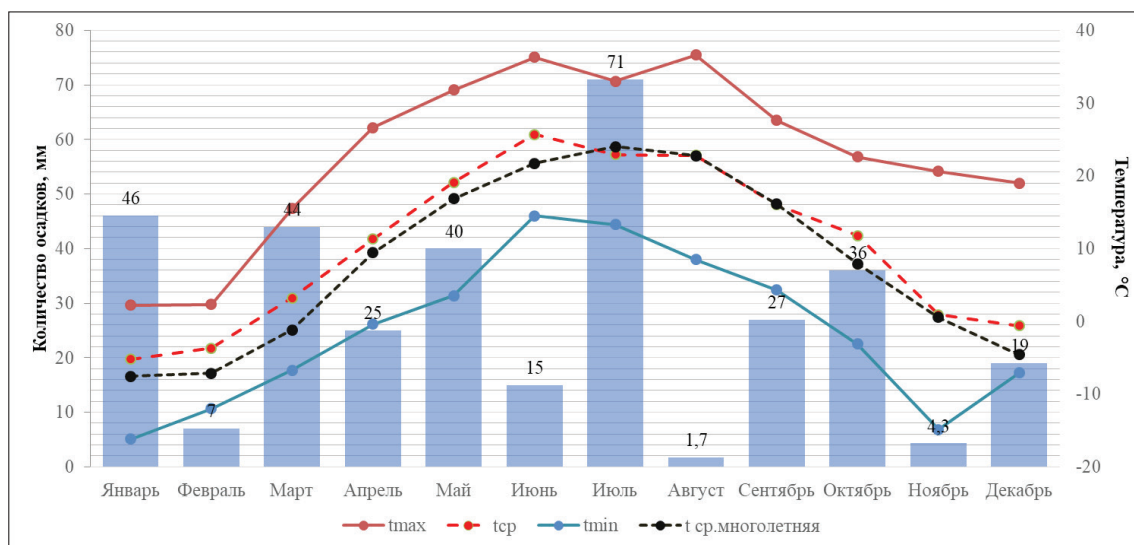


Рисунок 3. Метеорологические условия (2019 г.)

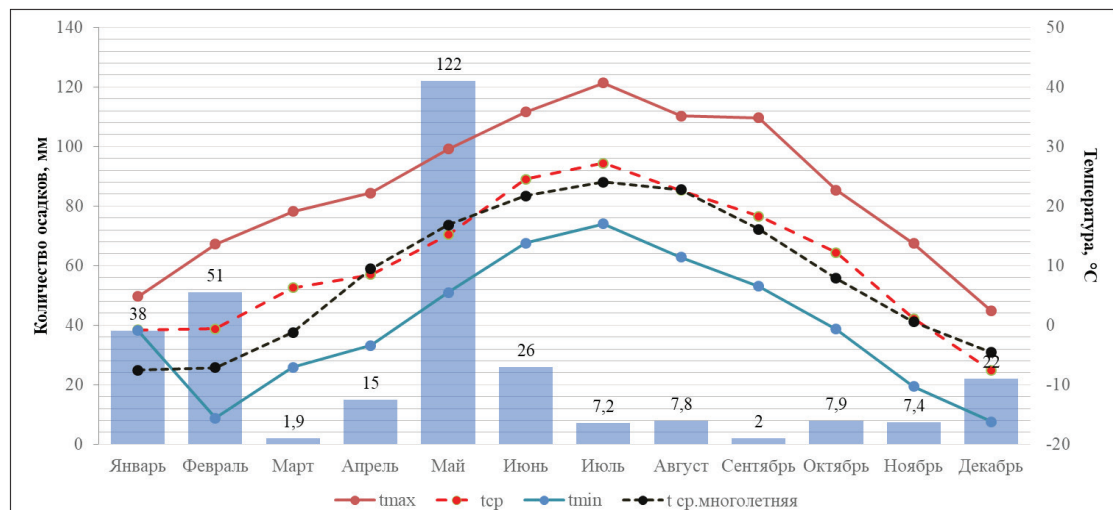


Рисунок 4. Метеорологические условия (2020 г.)

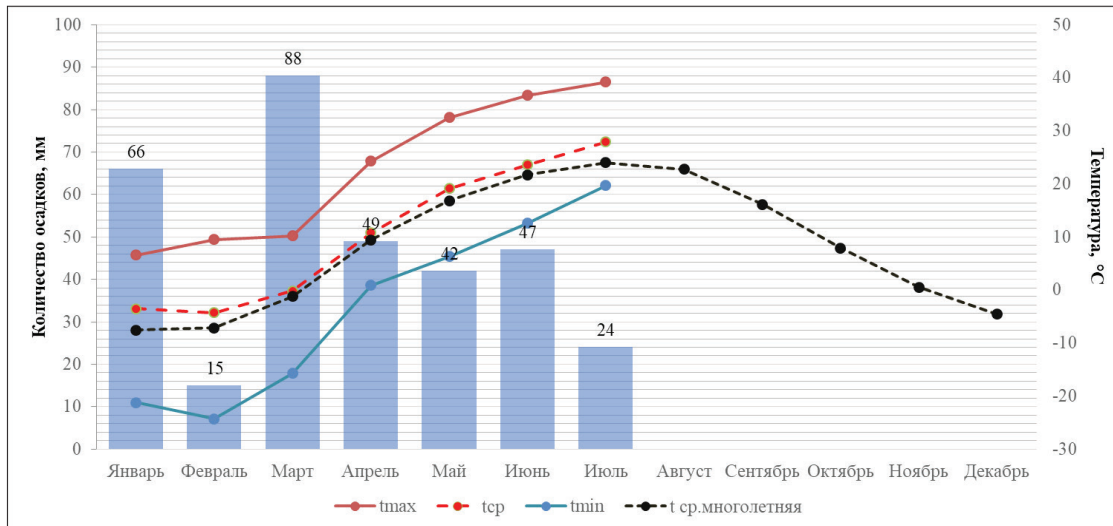


Рисунок 5. Метеорологические условия (2021 г.)

В результате фенологических наблюдений за можжевельниками в условиях Волгоградской области выявлены сроки начала набухания почек с небольшими отклонениями до 2-х дней, период пыления у можжевельника виргинского и можжевельника казацкого протекал от 7-11 дней и

заканчивался 19-21 апреля, а период пыления 10-23 апреля. У можжевельника обыкновенного фаза пыления наступала 22-30 апреля. Период роста побегов: *J. virginiana* L. – 56 дней, *J. communis* L. – 41 день, *J. sabina* L. – 58 дней (таблица 1,2).

Таблица 1. Продолжительность роста побегов представителей *Juniperus* L.

| Вид | Апрель | | | Май | | | Июнь | | | Июль | | |
|----------------------------------|--------|---|---|-----|---|---|------|---|---|------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| <i>J. virginiana</i> L. | █ | | | | | | | | | | | |
| <i>J. communis</i> L. | | | █ | █ | █ | █ | █ | | | | | |
| <i>J. sabina</i> L. | | | █ | █ | █ | █ | █ | █ | | | | |
| <i>T. occidentalis</i> L. | | | | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | | |
| <i>P. orientalis</i> (L.) Franco | | | | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | | |

В ходе оценки водоудерживающей способности были получены следующие результаты: показатели оводненности в 2020 году ниже на 2-8% по сравнению с тем же периодом исследования 2021 года, что в большей мере коррелирует с равномерным и высоким уровнем выпавших осадков в 1-м полугодии 2021 года. В первый год исследования наибольшая устойчивость к потере воды зафиксирована у можжевельника обыкновенного (2,12%, 3,84%, 5,24%). Показатель потери воды (по истечении 24 часов) у можжевельника казацкого наименьший (33,28%) среди изученных видов.

При температуре 40 °C и влажности около 10% у аборигенного представителя был отмечен низкий процент потерянной воды (0,48%, 2,35%, 3,98%) по сравнению с экзотами, в экспозиции опыта (24 часа) потери воды между *J. sabina* и *J. communis* практически сравнялись (таблицы 2,3; рисунки 6,7).

Сравнивая результаты водоудерживающей способности, стоит отметить, что потеря воды у *J. virginiana*, *J. sabina* была в целом ниже, чем у *J. communis* в засушливый год. В 2021 году *J. virginiana* имел наибольший уровень потери влаги (таблицы 3,4).

Таблица 2 – Феноспектр видов рода *Juniperus* L.

| Вид | Фен.фаза | Апр. | | | Май | | | Июнь | | |
|-------------------------|----------|------|---|---|-----|---|---|------|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| <i>J. virginiana</i> L. | Пб1 | ■ | | | | | | | | |
| | Пб2 | | | ■ | | | | | | |
| | Пб3 | ■ | | | | | | | | |
| | Ц2 | | ■ | | | | | | | |
| | Ц4 | | ■ | | | | | | | |
| | Ц5 | | ■ | | | | | | | |
| | Пб4 | | | | | | | | | ■ |
| <i>J. communis</i> L. | Пб1 | | ■ | | | | | | | |
| | Пб2 | | | ■ | | | | | | |
| | Пб3 | ■ | | | | | | | | |
| | Ц2 | | | ■ | | | | | | |
| | Ц4 | | | ■ | | | | | | |
| | Ц5 | | | ■ | | | | | | |
| | Пб4 | | | | | | | | ■ | |
| <i>J. sabina</i> L. | Пб1 | | ■ | | | | | | | |
| | Пб2 | | ■ | | | | | | | |
| | Пб3 | | | ■ | | | | | | |
| | Ц2 | ■ | | | | | | | | |
| | Ц4 | | ■ | | | | | | | |
| | Ц5 | | | ■ | | | | | | |
| | Пб4 | | | | | | | | | ■ |

Примечание: Пб1 – набухание вегетативных почек; Пб2 – распускание вегетативных почек; Пб3 – начало роста побегов; Пб4 – окончание роста побегов; Ц2 – распускание генеративных почек; Ц4 – начало пыления; Ц5 – конец пыления

Таблица 3 – Водоудерживающая способность видов рода *Juniperus* в 2020 г.

| Потеря воды в % за данный промежуток времени | | | | | Сухое вещество, % | Оводненность, % |
|--|------|------|------|-------|-------------------|-----------------|
| Вид | 2ч | 4 ч | 6 ч | 24 ч | | |
| <i>J. virginiana</i> | 4,07 | 5,50 | 6,68 | 35,71 | 42,86 | 57,14 |
| <i>J. sabina</i> | 3,19 | 4,48 | 6,01 | 33,28 | 49,92 | 50,08 |
| <i>J. communis</i> | 2,12 | 3,84 | 5,24 | 44,85 | 55,30 | 44,70 |

Таблица 4 – Водоудерживающая способность видов рода *Juniperus* в 2021г.

| Потеря воды в % за данный промежуток времени | | | | | Сухое вещество, % | Оводненность, % |
|--|------|------|------|-------|-------------------|-----------------|
| Вид | 2ч | 4 ч | 6 ч | 24 ч | | |
| <i>J. virginiana</i> | 3,69 | 5,42 | 7,38 | 22,78 | 38,31 | 61,69 |
| <i>J. sabina</i> | 0,48 | 2,35 | 3,98 | 14,59 | 42,16 | 57,84 |
| <i>J. communis</i> | 2,50 | 3,39 | 5,54 | 14,46 | 53,48 | 46,52 |

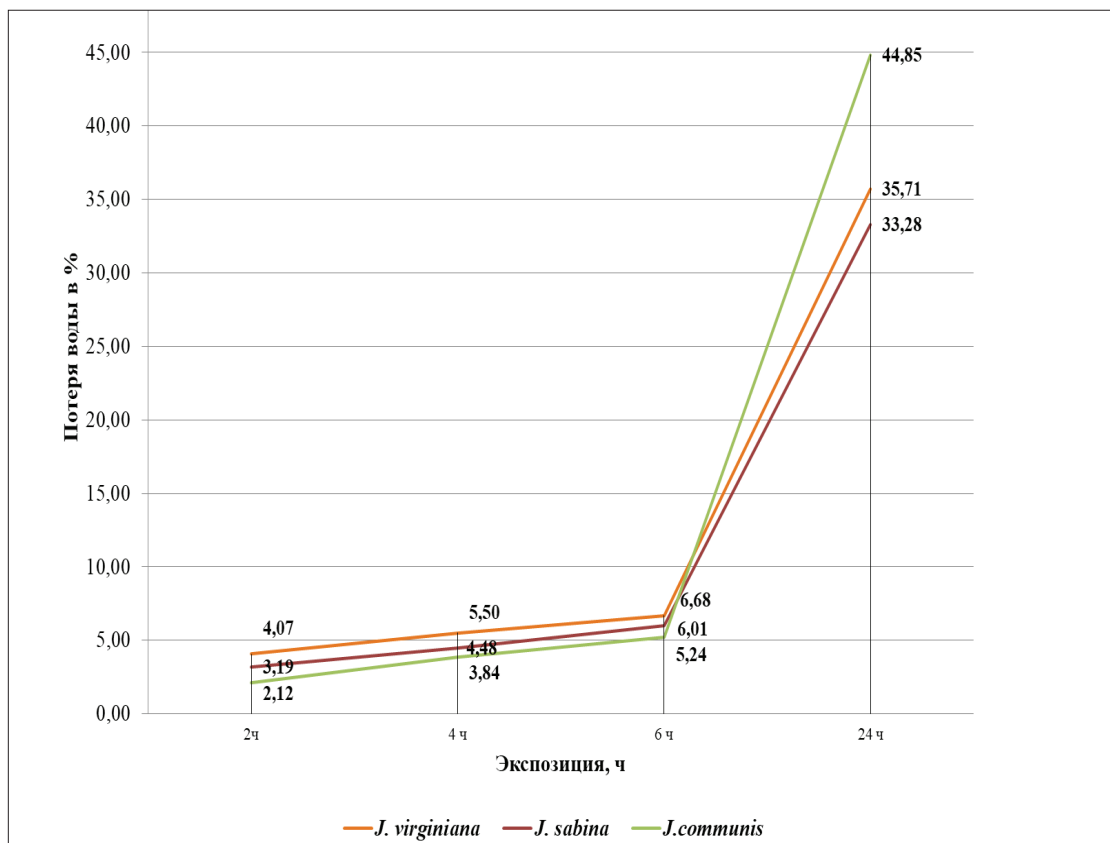


Рисунок 6. Динамика потери воды в хвое у *Juniperus* (2020 г.)

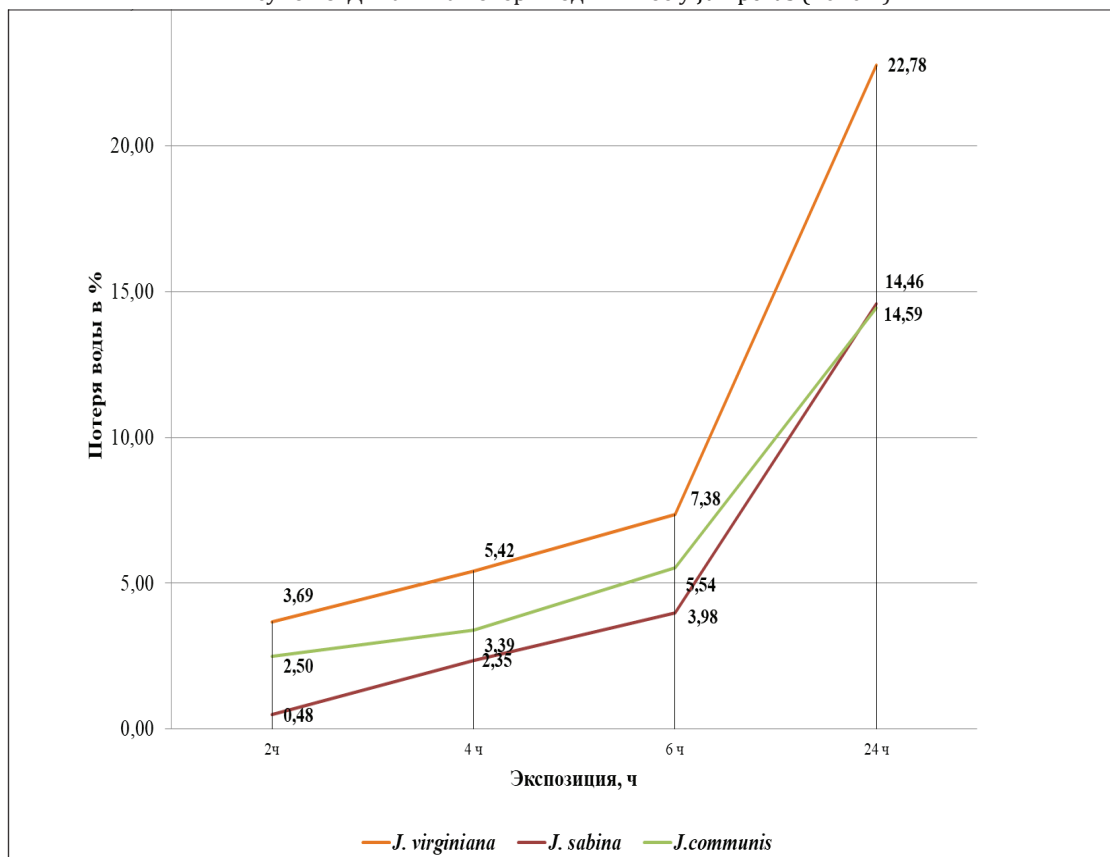


Рисунок 7. Динамика потери воды в хвое у *Juniperus* (2021 г.)

Безусловным преимуществом хвойных в сравнении с лиственными являются их физиологические особенности (сохранение декоративных качеств на протяжении всего года, длительный период жиз-

ни). Недостатками хвойных принято считать более медленную скорость роста и требовательный уход при выращивании. Однако если первый недостаток никак нельзя нивелировать, то при подборе в

качестве объектов озеленения и лесомелиорации с учетом и соотношением наиболее близких естественных условий произрастания с условиями Волгоградской области «требовательность к уходу» уйдёт на второй план. К примеру, если рассматри-

вать можжевельники, то наиболее устойчивым к условиям аридного климата является можжевельник виргинский (отношения к стресс-факторам сравнивались с аборигенным представителем – можжевельником казацким) (рис. 8).



Рисунок 8. Групповые посадки хвойных в питомнике ФНЦ Агроэкологии РАН: А – летний период, Б – зимний период

Заключение. Мониторинг метеорологических условий показал равномерное выпадение осадков на протяжении всего 2019 года (суммарно 336 мм осадков), наиболее засушливым оказался 2020 год (суммарно 308 мм осадков), в 2021 году выпало годовое количество осадков (суммарно 331 мм осадков) по сравнению с предыдущими периодами наблюдений. Среднемесячная температура воздуха в 2019, 2021 годах в целом совпала со средней многолетней с небольшими отклонениями до 4 °С, в 2020 год по температурному режиму отклонения могли достигать 7 °С.

В метеорологических условиях Волгоградской области в период исследования 2019-2021 фенологические наблюдения за можжевельниками выявили сроки начала набухания почек с небольшими отклонениями до 2-х дней, период пыления у можжевельника виргинского и можжевельника казацкого продолжался 7-11 дней и заканчивался 19-21 апреля, период пыления длился с 10-23 апреля. У можжевельника обыкновенного период пыления наступал 22 апреля и длился 8 дней. Продолжительность роста побегов: *J. virginiana* L. – 56 дней, *J. communis* L. – 41 день, *J. sabina* L. – 58 дней.

Изученные растения (*J. virginiana* L., *J. communis* L., *J. sabina* L.) показали высокую водоудерживающую способность (ВУС), разница потери воды через 24 часа для аборигенного вида и экзотов

составила 2-11%. Также была выявлена закономерность, при которой во влажный период можжевельник обыкновенный имел схожие или более высокие показатели ВУС, чем у можжевельника казацкого. В засушливый год (2020) можжевельник виргинский имел высокие показатели ВУС (потеря воды составила 36%, у можжевельника казацкого 33%). Высокий уровень оводненности наблюдали 2019 и 2021 г., что обусловлено большим количеством выпавших осадков.

Все исследуемые виды имели высокие показатели адаптации к динамично меняющимся метеороусловиям в период 2019-2021 гг. и могут быть рекомендованы для посадки в качестве объектов озеленения и лесомелиорации.

Литература:

1. Котов М.М., Лебедева Э.П., Прохорова Е.В. Водоудерживающая способность хвои как диагностический признак для оценки объектов единого генетикоселекционного комплекса / М.М. Котов, Э.П. Лебедева, Е.В. Прохорова // Лесн. журн. 2002. № 4. С. 59–65.
2. Семенютина А. В., Хужахметова А. Ш., Долгих А. А., Семенютина В. А., Цой М. В. Анализ биоресурсных коллекций по климатическим ритмам и фенологическим процессам / Семенютина А. В., Хужахметова А. Ш., Долгих А. А., Семенютина В. А., Цой М. В. // Успехи современного естествознания. 2021. № 2. С. 39-45. DOI:10.17513/use.37572.
3. Цой М. В., Семенютина А. В. Оценка роста и развития видов рода *Juniperus* L. в условиях интродукции Волго-

радской области / М. В. Цой, А. В. Семенютина // Успехи современного естествознания. 2020. № 9. С. 20-27. DOI:10.17513/use.37465.

4. Ganguli C., Engle D.M., Mayer P.M., Salo L.F. Influence of resource availability on *Juniperus virginiana* expansion in a forest-prairie ecotone. 2016. Vol. 8. Iss.7. № e01433. P. 1-15. DOI: 10.1002/ecs2.1433.

5. García-Cervigón A.I., Linares J.C., García-Hidalgo M., Camarero J.J., Olano J.M. Growth delay by winter precipitation could hinder *Juniperus sabina* persistence under increasing summer drought. *Dendrochronologia*. 2018. Vol. 51. P. 22-31. DOI: 10.1016/j.dendro.2018.07.003.

6. Huzhahmetova A.S., Semenyutina A.V., Semenyutina V.A. Deep neural network elements and their implementation in models of protective forest stands with the participation of shrubs. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2020. Vol. 9. Iss. 4. № 371. P. 6742-6746.

7. Hoff D.L., Will R.E., Zou C.B., Lillie N.D. Encroachment dynamics of *Juniperus virginiana* L. and mesic hardwood species into cross timbers forests of north-central Oklahoma, USA. *Forests*. Vol. 9. Iss. 2. № 75. P. 1-17. DOI: 10.3390/f9020075.

8. Kahveci G., Alan M., Köse N. Distribution of juniper stands and the impact of environmental parameters on growth in the drought-stressed forest-steppe zone of central Anatolia. *Dendrobiology*. 2018. Vol. 80. P. 61-69. DOI: 10.12657/denbio.080.006.

9. Kruzhilin S.N., Taran S.S., Semenyutina A.V., Matvienko E.Yu. Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*. 2018. Vol. 45. Iss. 4. P. 52-58.

10. Lazarev S.E., Semenyutina A.V., Belyaev A.I. Implementation of the tree counting process in the process of urban reclamation with the use of fuzzy neural network for agro forestry. *International Journal of Advanced Trends*

in Computer Science and Engineering. Vol. 9. Iss. 4. № 302. P. 6232-6237. DOI: 10.30534/ijatcse/2020/302942020.

11. Msanne J., Awada T., Bryan N.M., Schacht W., Drijber R., Li Y., Zhou X., Okalebo J., Wedin D., Brandle J., Hiller J. Ecophysiological responses of native invasive woody *Juniperus virginiana* L. to resource availability and stand characteristics in the semiarid grasslands of the Nebraska Sandhills. *Photosynthetica*. 2017. Vol. 55. Iss. 2. P. 219-230. DOI: 10.1007/s11099-016-0683-y.

12. Pérez-Luna A., Wehenkel C., Prieto-Ruiz J. Á., López-Upton J., Solís-González S., Chávez-Simental J. A., & Hernández-Díaz J. C. Grafting in conifers: A review. *Pakistan Journal of Botany*. 2020. Vol. 52. Iss. 4, P. 1369-1378. DOI:10.30848/PJB2020-4(10).

13. Rundel P.W. A neogene heritage: Conifer distributions and endemism in mediterranean-climate ecosystems. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2019. Vol. 7. Iss. SEP. № 364. P. 1-19. DOI: 10.3389/fevo.2019.00364

14. Seim A., Omurova G., Azisov E., Musuraliev K., Aliev K., Tulyaganov T., Nikolayai L., Botman E., Helle G., Liñan I.D., Jivcov S., Linderholm H.W. Climate change increases drought stress of juniper trees in the mountains of central Asia. 2016. Vol. 11. Iss. 4. № e0153888. P. 1-14. DOI: 10.1371/journal.pone.0153888.

15. Semenyutina A.V., Podkovyrov I.Y., Huzhahmetova A.Sh., Semenyutina V.A., Podkovyrova G.V. Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. Vol. 110. Iss. 2. P. 361-368. DOI: 10.12732/ijpam.v110i2.10.

16. Xu H.J., Wang X.P., Zhao C.Y., Yang X.M. Diverse responses of vegetation growth to meteorological drought across climate zones and land biomes in northern China from 1981 to 2014. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018. Vol. 262. P. 1-13. DOI: 10.1016/j.agrformet.2018.06.027.

DOI: 10.34736/FNC.2021.114.3.005.46-54

The *Juniperus* genus L. representatives development features in extreme conditions

Maxim V.Tsoi, junior researcher, postgraduate student, ORCID: 0000-0003-2139-7919, tsoy-m@vfanc.ru – Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of Agroecology RAS), info@vfanc.ru, 400062, Universitetsky Prospekt, 97, Volgograd, Russia

Increasing the dendroflora biodiversity is an urgent problem in a region with an arid climate. Solving this problem leads to the formation of a comfortable and healthy environment for the life of the population. The key stage in the dendroflora formation is the selection of plants with high rates of adaptation to these environmental conditions. The regularities of the seasonal changes rhythm, the stress factors influence on the growth, development and timing of phenophases, as well as their association with extreme values of abiotic factors determines the woody plants adaptation. The study purpose is to identify the relationship between the development of *Juniperus*L. and extreme environmental conditions. The study objects were the species of the *Juniperus* genus: *J. virginiana* L., *J. communis* L., *J. sabina*L. growing in the collections of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (the Lower Volga Station branch for the tree

species selection). The onset of junipers phenophases was determined by the phenological observations method of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences. Characteristic of decorativeness, growth and development of three *Juniperus* L. species (*J. sabina* L., *J. virginiana*L., *J. communis* L.) in light chestnut soils conditions was carried out according to the point scale of Buchenkov I.E. and Nilova O.V., the drought resistance level was determined by the method of Kotov M.M. Meteorological data for 3 years (2019-2021), the high temperatures and low precipitation influence on the growth, development and rhythm of phenological phases were analyzed. As a result of the carried studies of the conifers water-holding capacity, it was revealed that the water loss in introduced species (*J. virginiana* L., *J. communis* L.) is 2-11% higher than in the local representative (*J. sabina*). In a dry year (2020), all studied species had high vital indicators, were characterized by successful

adaptation to extreme values of environmental factors, which may indicate prospects for use in landscaping and forest reclamation.

Keywords: woody plants, *Juniperus*, *J. sabina*, *J. virginiana*, *J. communis*, adaptation, development, biodiversity, enrichment of dendroflora

The research was carried out within the framework of the state assignment No. 0508-2021-0001 "Scientific

bases and technologies for enrichment of dendroflora of forest reclamation complexes with economically valuable woody and shrub plants in order to prevent degradation and desertification of territories" (Registration number: 121041200197-8); financing of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

Received: 28.07.2021

Accepted: 10.09.2021

References:

1. Kotov M.M., Lebedeva E.P., Prokhorova E.V. *Vododerzhivayushchaya sposobnost' khvoi kak diagnosticheskiy priznak dlya otsenki obyektov yedinogo genetikoselektzionnogo kompleksa* [Water-retention capacity of needles as a diagnostic feature for assessing objects of a single genetic selection complex]. *Lesnoy zhurnal* [Forest Journal]. 2002. No. 4. P. 59–65.
2. Semenyutina A. V., Khuzhakhmetova A. Sh., Dolgikh A. A., Semenyutina V. A., Tsoi M. V. *Analiz bioresursnykh kollektiy po klimaticheskim ritmam i fenologicheskim protsessam* [Analysis of bioresource collections by climatic rhythms and phenological processes]. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya* [Successes of modern natural science]. 2021. № 2. pp. 39-45. DOI: 10.17513 / use.37572. (In Russian)
3. Tsoi M.V., Semenyutina A. V. Assessment of the growth and development of species of the genus *Juniperus* L. in the conditions of introduction of the Volgograd region [Successes of modern natural science]. 2020. №9. pp. 20-27. DOI: 10.17513 / use.37465. (In Russian)
4. Ganguli C., Engle D.M., Mayer P.M., Salo L.F. Influence of resource availability on *Juniperus virginiana* expansion in a forest-prairie ecotone. 2016. Vol. 8. Iss.7. № e01433. P. 1-15. DOI: 10.1002/ecs2.1433.
5. García-Cervigón A.I., Linares J.C., García-Hidalgo M., Camarero J.J., Olano J.M. Growth delay by winter precipitation could hinder *Juniperus sabina* persistence under increasing summer drought. *Dendrochronologia*. 2018. Vol. 51. P. 22-31. DOI: 10.1016/j.dendro.2018.07.003.
6. Huzhahmetova, A.S., Semenyutina, A.V., Semenyutina, V.A. Deep neural network elements and their implementation in models of protective forest stands with the participation of shrubs. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2020. Vol. 9. Iss. 4. № 371. P. 6742-6746.
7. Hoff D.L., Will R.E., Zou C.B., Lillie N.D. Encroachment dynamics of *Juniperus virginiana* L. and mesic hardwood species into cross timbers forests of north-central Oklahoma, USA. *Forests*. Vol. 9. Iss. 2. № 75. P. 1-17. DOI: 10.3390/f9020075.
8. Kahveci G., Alan M., Köse N. Distribution of juniper stands and the impact of environmental parameters on growth in the drought-stressed forest-steppe zone of central Anatolia. *Dendrobiology*. 2018. Vol. 80. P. 61-69. DOI: 10.12657/denbio.080.006.
9. Kruzhilin S.N., Taran S.S., Semenyutina A.V., Matvienko E.Yu. Growth peculiarities and age dynamics of *Quercus robur* L. Formation in steppe region conditions. *Kuwait Journal of Science*. 2018. Vol. 45. Iss. 4. P. 52-58.
10. Lazarev S.E., Semenyutina A.V., Belyaev A.I. Implementation of the tree counting process in the process of urban reclamation with the use of fuzzy neural network for agro forestry. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. Vol. 9. Iss. 4. № 302. P. 6232-6237. DOI: 10.30534/ijatse/2020/302942020.
11. Msanne J., Awada T., Bryan N.M., Schacht W., Drijber R., Li Y., Zhou X., Okalebo J., Wedin D., Brandle J., Hiller J. Ecophysiological responses of native invasive woody *Juniperus virginiana* L. to resource availability and stand characteristics in the semiarid grasslands of the Nebraska Sandhills. *Photosynthetica*. 2017. Vol. 55. Iss. 2. P. 219-230. DOI: 10.1007/s11099-016-0683-y.
12. Pérez-Luna A., Wehenkel C., Prieto-Ruiz J. Á., López-Upton J., Solís-González S., Chávez-Simental J. A., & Hernández-Díaz J. C. Grafting in conifers: A review. *Pakistan Journal of Botany*. 2020. Vol. 52. Iss. 4, P. 1369-1378. DOI:10.30848/PJB2020-4(10).
13. Rundel P.W. A neogene heritage: Conifer distributions and endemism in mediterranean-climate ecosystems. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2019. Vol. 7. Iss. SEP. № 364. P. 1-19. DOI: 10.3389/fevo.2019.00364
14. Seim A., Omurova G., Azisov E., Musuraliev K., Aliev K., Tulyaganov T., Nikolyai L., Botman E., Helle G., Liñan I.D., Jivcov S., Linderholm H.W. Climate change increases drought stress of juniper trees in the mountains of central Asia. 2016. Vol. 11. Iss. 4. № e0153888. P. 1-14. DOI: 10.1371/journal.pone.0153888.
15. Semenyutina A.V., Podkovyrov I.Y., Huzhahmetova A.Sh., Semenyutina V.A., Podkovyrova G.V. Mathematical justification of the selection of woody plants biodiversity in the reconstruction of objects of gardening. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. Vol. 110. Iss. 2. P. 361-368. DOI: 10.12732/ijpam.v110i2.10.
16. Xu H.J., Wang X.P., Zhao C.Y., Yang X.M. Diverse responses of vegetation growth to meteorological drought across climate zones and land biomes in northern China from 1981 to 2014. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018. Vol. 262. P. 1-13. DOI: 10.1016/j.agrformet.2018.06.027.

Цитирование. Цой М.В. Особенности развития представителей видов рода *Juniperus* L. в экстремальных условиях// Научно-агрономический журнал. 2021. №3(114). С. 46-54. DOI: 10.34736/FNC.2021.114.3.005.46-54

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. Tsoi M.V. Features of the Development of Representatives of the Genus *Juniperus* L. In Extreme Conditions. *Scientific Agronomy Journal*. 2021. 3(114). pp. 46-54. DOI: 10.34736/FNC.2021.114.3.005.46-54

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

Conflict of interest. Author declare no conflict of interest.

С 31 октября по 12 ноября в шотландском Глазго пройдет 26-я сессия Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата (КС-26 РКИК ООН), которую Великобритания проведет в партнерстве с Италией. В 2015 году международным сообществом было заключено Парижское соглашение, в соответствии с которым необходимо удержать повышение среднемировой температуры в пределах 2°C по сравнению с доиндустриальными показателями. Согласно данным ученых, если постараться сделать так, чтобы она не поднялась больше чем на 1,5°, то это позволит избежать страшных последствий изменения климата.

В докладе, подготовленном в рамках Программы ООН по окружающей среде (UNEP), сообщается, что мир по-прежнему движется к тому, что к концу века среднемировая температура повысится по сравнению с доиндустриальными показателями на 3 °C.

Люди по всему миру сталкиваются с признаками катастрофических последствий, которые повлекут за собой глобальное потепление такого масштаба. В России этим летом мы стали свидетелями разрушительных лесных пожаров и наводнений, которые, как отметил президент Владимир Путин, в большой степени спровоцированы изменением климата и демонстрируют нам важность глубокого и систематического решения вопросов климата и окружающей среды. Если мы не примем меры, последствия будут еще более страшными и достигнут нас скорее, чем мы думаем.

Есть надежда, что на КС-26 РКИК ООН цели Парижского соглашения будут реализованы. В Глазго международное сообщество должно объединить усилия, ни одна страна не справится с решением этой проблемы в одиночку.

Минэкономразвития России (МЭР) рассчитывает на 26-й Конференции РКИК ООН добиться международных договоренностей о взаимном признании углеродных единиц. Об этом заявил глава министерства Максим Решетников на пленарной сессии форума "Нефть и газ Сахалина 2021". Министр добавил, что вторым ключевым вопросом международной климатической повестки для России является достижение принципа "технологической нейтральности", предполагающего признание "зелеными" всех технологий, формально подпадающих под это определение. Для России речь в первую очередь идет о признании низкоуглеродными атомной и гидроэнергетики, пояснил Решетников. На заседании Президиума РАН совместно с академиками обсуждались перспективы низкоуглеродного развития российской экономики и условия энергоперехода. «В контексте низкоуглеродного развития мы рассматриваем в том числе развитие электротранспорта и водородных технологий. Для России это новые отрасли, которые дадут рабочие места и будут способствовать экономическому росту», – сообщил министр. По его словам, реализация климатической повестки позволит использовать накопленный потенциал российской атомной энергетики. «Если у нас действительно технология не приводит к выбросам CO₂, то мы ни в коем случае не должны ее оставлять в стороне», – сообщил Максим Решетников. Министр напомнил, что были разработаны дополнительные проекты, которые позволят сразу не отказываться от угля и нефти. «Мы сделали переходные проекты,

которые будут на национальном уровне признаваться достойными отдельной поддержки как наилучшие практики, но которые на сегодняшний момент к международным стандартам не относятся», – подчеркнул Максим Решетников. Отдельно министр выделил поглощающую способность природных экосистем – российских лесов. «Поглощение парниковых газов лесами позволяет компенсировать выбросы в тех отраслях, где их сокращение пока технологически невозможно. Этот потенциал необходимо использовать», – сказал министр.

«Почти половина снижения выбросов парниковых газов зависит от оценки поглощающей способности российских лесов. Это значит, что необходимо сформировать крупный междисциплинарный научный проект, ориентированный на исследования в этой области и верификацию полученных данных мировым сообществом», – отметил член-корреспондент РАН Александр Широв.

По итогам мероприятия было принято решение о включении представителей академии РАН в делегацию на 26-ю Конференцию в Глазго.

Предыдущая всемирная климатическая конференция состоялась в декабре 2019 года в Мадриде и фактически закончилась провалом, так как ее участники не смогли согласовать текст итогового коммюнике. Камнем преткновения стала статья 6 Парижского соглашения по климату, которая предусматривает введение конкретных механизмов по регулированию выбросов парниковых газов. Евросоюз и ООН среди прочих выразили глубокое разочарование итогами конференции и высказали надежду, что на форуме в Глазго будет согласована долгосрочная стратегия сокращения выбросов.

С целью подготовки к конференции с 31 мая по 17 июня 2021 г. была проведена сессия Вспомогательных органов РКИК. На сессии Вспомогательных органов развивающиеся страны продолжили искать пути компромисса в вопросах транспарентности, финансирования и адаптации. Повестка включала такие аспекты климатического регулирования, как прозрачность, предотвращение изменения климата, адаптация, финансы, технологии и создание потенциала, повышение амбиций стран-участниц по всем этим направлениям, ежегодное изучение динамики выбросов парниковых газов в развитых странах, а также анализ климатической политики как развитых, так и развивающихся стран с последующим предоставлением отчетов. Были обсуждены вопросы климатической повестки и дальнейшие перспективы их урегулирования. Важен факт, что, несмотря на введенные в связи с пандемией ограничения, выбросы парниковых газов продолжают расти, а в мае 2021 г. концентрация углекислого газа в атмосфере впервые достигла 419 частей на миллион. В целом неформальные виртуальные встречи показали, с какими позициями страны приступят к переговорам в Глазго. Главный же вопрос заключается в том, смогут ли делегаты достичь соглашений в вопросах, которые по большей части являются техническими, чем политическими. Несмотря ни на что, конференция в Глазго продолжает оставаться возможностью для стран принять амбициозные решения по общим временным рамкам, прозрачности, статье 6 и финансам.

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