



ИД «Академия Естествознания»

# УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Научный журнал

№ 3 2026



# ADVANCES IN CURRENT NATURAL SCIENCES

Scientific journal

No. 3 2026



PH Academy of Natural History

## Успехи современного естествознания

Научный журнал

Журнал издается с 2001 года.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство – ПИ № ФС 77-63398 от 16.10.2015.

«Успехи современного естествознания» – рецензируемый научный журнал, в котором публикуются статьи обладающие научной новизной, представляющие собой результаты завершённых исследований, проблемного или научно-практического характера, научные обзоры.

Журнал включен в действующий Перечень рецензируемых научных изданий (ВАК РФ). К2.

Журнал ориентирован на профессиональных работников сельского хозяйства, экологов, научных сотрудников, специалистов в смежных областях знаний, занимающихся изучением наук о земле.

**Основные научные направления:** 1.6. Науки о Земле и окружающей среде, 2.8. Недропользование и горные науки, 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство.

### ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

*Ледванов Михаил Юрьевич*, д.м.н., профессор

### Технический редактор

Доронкина Е. Н.

### ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

*Бизенкова Мария Николаевна*, к.м.н.

### Корректор

Галенкина Е. С.,  
Дудкина Н. А.

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.х.н., к.ф.-м.н., проф. *Алоев В. З.* (Нальчик); д.г.н., доцент *Андреева Е. С.* (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н., доцент *Анищенко Л. Н.* (Брянск); д.т.н., проф. *Бейсембаев К. М.* (Караганда); д.б.н., доцент *Белоус О. Г.* (Сочи); д.г.-м.н., к.т.н., проф. *Бондарев В. И.* (Екатеринбург); д.г.-м.н., проф. *Гавришин А. И.* (Новочеркасск); д.т.н., профессор *Галкин А. Ф.* (Якутск); д.с.-х.н. *Горянин О. И.* (Самара); д.с.-х.н., доцент *Григорьев М. Ф.* (Кемерово); д.с.-х.н., проф. *Данилин И. М.* (Красноярск); д.х.н., проф. *Дресвянников А. Ф.* (Казань); д.с.-х.н., проф. *Залесов С. В.* (Екатеринбург); д.б.н., доцент *Захарченко А. В.* (Тюмень); д.г.-м.н., доцент *Копылов И. С.* (Пермь); д.с.-х.н., проф. *Костылев П. И.* (Зерноград); д.с.-х.н. *Коцарева Н. В.* (Белгород); д.б.н., проф. *Ларионов М. В.* (Саратов); д.ф.-м.н., проф. *Лерер А. М.* (Ростов-на-Дону); д.г.н., к.б.н., проф. *Луговской А. М.* (Москва); д.т.н., проф. *Мусаев В. К.* (Москва); д.с.-х.н. *Никитин С. Н.* (Ульяновск); д.с.-х.н., доцент *Сокольская О. Б.* (Саратов); д.т.н., проф. *Степанов В. В.* (Санкт-Петербург); д.т.н. *Теплухин В. К.* (Октябрьский); д.с.-х.н., проф. *Титов В. Н.* (Саратов); д.т.н., доцент *Ульрих Е. В.* (Кемерово); д.ф.-м.н., проф. *Ширанов Д. Ш.* (Улан-Удэ); д.г.-м.н., проф. *Юргенсон Г. А.* (Чита); д.г.н., проф. *Яковенко Н. В.* (Воронеж); д.т.н., проф. *Ямалетдинова К. Ш.* (Уфа).

ISSN 1681-7494

Электронная версия: <http://www.natural-sciences.ru>

Правила для авторов: <http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index>

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,976

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,458

Периодичность	12 номеров в год		
Учредитель, издатель и редакция	ООО ИД «Академия Естествознания»		
Почтовый адрес	105037, г. Москва, а/я 47		
Адрес редакции и издателя	440026, обл. Пензенская, г. Пенза, ул. Московская, влд. 27		
Типография	ООО «НИЦ Академия Естествознания» 410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5		
E-mail	edition@rae.ru	Телефон	+7 (499) 705-72-30
Подписано в печать	30.03.2026	Дата выхода номера	30.04.2026
Формат	60x90 1/8	Усл. печ. л.	11,5
Тираж	1000 экз.	Заказ	УСЕ 2026/3

Распространяется по свободной цене

© ООО ИД «Академия Естествознания»

## Advances in current natural sciences

Scientific journal

The journal has been published since 2001.

**The journal is registered** by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications. **Certificate – PI No. FS 77-63398** dated October 16, 2015.

«**Advances in current natural sciences**» is a peer-reviewed scientific journal that publishes articles of scientific novelty, which are the results of completed research, of a problematic or scientific-practical nature, scientific reviews.

The journal is included in the current List of peer-reviewed scientific publications (**HCC RF**). **K2**.

The journal is aimed at professional agricultural workers, environmentalists, researchers, specialists in related fields of study geosciences.

**Main scientific directions:** 1.6. Earth and environmental sciences, 2.8. Subsoil use and mining sciences, 4.1. Agronomy, forestry and water management.

### CHIEF EDITOR

*Ledvanov Mikhail Yurievich*, Dr. Sci. (Medical), Prof.

### Technical editor

Doronkina E. N.

### EXECUTIVE SECRETARY

*Bizenkova Maria Nikolaevna*, Cand. Sci. (Medical)

### Corrector

Galenkina E. S.,

Dudkina N. A.

### EDITORIAL BOARD

D.Sc., C.Sc., Prof. *Aloev V.Z.* (Nalchik); D.Sc., Docent *Andreeva E.S.* (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent *Anishchenko L.N.* (Bryansk); D.Sc., Prof. *Beisembaev K.M.* (Karaganda); D.Sc., Docent *Belous O.G.* (Sochi); D.Sc., C.Sc. Prof. *Bondarev V.I.* (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. *Gavrishin A.I.* (Novocherkassk); D.Sc., Prof. *Galkin A.F.* (Yakutsk); D.Sc. *Goryanin O.I.* (Samara); D.Sc., Docent *Grigoriev M.F.* (Kemerovo); D.Sc., Prof. *Danilin I.M.* (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. *Dresvyannikov A.F.* (Kazan); D.Sc., Prof. *Zalesov S.V.* (Ekaterinburg); D.Sc., Docent *Zakharchenko A.V.* (Tyumen); D.Sc., Docent *Kopylov I.S.* (Perm); D.Sc., Prof. *Kostylev P.I.* (Zernograd); D.Sc. *Kotsareva N.V.* (Belgorod); D.Sc., Prof. *Larionov M.V.* (Saratov); D.Sc., Prof. *Lerer A.M.* (Rostov-on-Don); D.Sc., C.Sc. Prof. *Lugovskoy A.M.* (Moscow); D.Sc., Prof. *Musaev V.K.* (Moscow); D.Sc. *Nikitin S.N.* (Ulyanovsk); D.Sc., Docent *Sokol'skaya O.B.* (Saratov); D.Sc., Prof. *Stepanov V.V.* (Saint Petersburg); D.Sc. *Teplukhin V.K.* (Oktyabr'skiy); D.Sc., Prof. *Titov V.N.* (Saratov); D.Sc., Docent *Ulrich E.V.* (Kemerovo); D.Sc., Prof. *Shirapov D.Sh.* (Ulan-Ude); D.Sc., Prof. *Yurgenson G.A.* (Chita); D.Sc., Prof. *Yakovenko N.V.* (Voronezh); D.Sc., Prof. *Yamaletdinova K.Sh.* (Ufa).

ISSN 1681-7494

Electronic version: <http://www.natural-sciences.ru>

Rules for authors: <http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index>

Impact-factor RISQ (two-year) = 0,976

Impact-factor RISQ (five-year) = 0,458

Periodicity	12 issues per year
Founder, publisher and editors	LLC PH Academy of Natural History
Mailing address	105037, Moscow, p.o. box 47
Editorial and publisher address	440026, Penza region, Penza, Moskovskaya st., bldg. 27
Printing house	LLC SPC Academy of Natural History 410035, Saratov, st. Mamontova, 5
E-mail	edition@rae.ru
Signed for print	30.03.2026
Format	60x90 1/8
Circulation	1000 copies
Telephone	+7 (499) 705-72-30
Number issue date	30.04.2026
Conditionally printed sheets	11,5
Order	YCE 2026/3

Distribution at a free price

© LLC PH Academy of Natural History

## СОДЕРЖАНИЕ

### Сельскохозяйственные науки (4.1.1 Общее земледелие и растениеводство)

#### СТАТЬЯ

- ИСТОРИЯ ИНТРОДУКЦИИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ В БУРЯТИИ  
В ПЕРИОД С XVIII ДО НАЧАЛА XX ВЕКА  
*Дабиева У. М.* .....8
- ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АЗОТНОГО И АММОНИЙНОГО ПИТАНИЯ  
НА УСТОЙЧИВОСТЬ *TRIFOLIUM PRATENSE* L. К СУЛЬФАТУ СВИНЦА  
*Чернов В. М., Максютова А. И., Якупова А. Р.,  
Фазлутдинова А. И., Суханова Н. В.* .....16

### Географические науки (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

#### СТАТЬИ

- ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ОСВОЕНИЯ И ОЦЕНКА ЕГО РОЛИ В ФОРМИРОВАНИИ  
ЛАНДШАФТОВ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДРЕВНЕЙ МОРДВЫ  
*Артемова С. Н., Филяев М. Д., Алексеева Н. С.* .....23
- ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВНОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА «А»  
ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕАЛИЗАЦИИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ СПОСОБНОСТИ  
ФИТОПЛАНКТОНА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ  
*Боровкова К. А., Мошаров С. А.* .....30
- СОДЕРЖАНИЕ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДЕ В СРЕДНЕМ  
ТЕЧЕНИИ РЕКИ ВОРОНЫ В 2024 ГОДУ  
*Буковский М. Е., Непрокينا К. С., Зиновьева Т. И.* .....36
- ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ДИНАМИКА ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ  
СИТУАЦИИ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
*Меринова Ю. Ю., Эртель А. Б., Хаванский А. Д., Левченко С. В.* .....43
- ВЕРОЯТНОСТНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТОКА РЕК В УСЛОВИЯХ  
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ  
ДЛЯ БАССЕЙНА РЕКИ ЗЕРАВШАН  
*Мирзоев В. А., Гайдукова Е. В., Батмазова А. А.* .....51
- КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ АГРОЛАНДШАФТОВ ЧУВАШСКОЙ  
РЕСПУБЛИКИ И ИХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
*Мулендеева А. В., Никонорова И. В.* .....58

**Физико-математические науки (1.6.22)****СТАТЬЯ**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ  
ПОРТАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ПРЕДНАМЕРЕННЫХ  
РАДИОПОМЕХ НА ИЗМЕРЕНИЯ ПО СИГНАЛАМ  
ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

*Курриянов А. О., Павлов С. М., Шамрова А. Д.* .....66

**Сельскохозяйственные науки (4.1.6. Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация)****СТАТЬЯ**

ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ  
В НАРУШЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НАЦИОНАЛЬНОГО  
ПАРКА «КРАСНОЯРСКИЕ СТОЛБЫ»

*Данилюк Д. Я., Вайс А. А., Андропова А. А., Соклаков Н. А.* .....76

**Геолого-минералогические науки (1.6.11. Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений)****СТАТЬЯ**

ПЕРСПЕКТИВЫ НАРАЩИВАНИЯ РЕСУРСНОЙ БАЗЫ  
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ЮГРЕ ЗА СЧЕТ  
НЕФТЕПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ АРКТИЧЕСКИХ  
ТЕРРИТОРИЙ

*Кузьменков С. Г., Нанишвили О. А., Новиков м. В., Захарова Л. м.* .....83

## CONTENTS

### Agricultural Sciences (4.1.1 General Agriculture and Plant Growing)

#### ARTICLES

THE HISTORY OF THE INTRODUCTION OF CULTIVATED PLANTS  
IN BURYATIA IN THE PERIOD FROM THE XVIII CENTURY  
TO THE BEGINING OF THE XX CENTURY

*Dabieva U. M.* .....8

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF NITRATE AND AMMONIUM  
NUTRITION ON THE RESISTANCE OF *TRIFOLIUM PRATENSE* L.  
TO LEAD SULFATE

*Chernov V. M., Maksyutova A. I., Yakupova A. R.,  
Fazludinova A. I., Sukhanova N. V.* .....16

### Geographical sciences (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

#### ARTICLES

GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE ECONOMIC DEVELOPMENT  
PROCESS AND THE FORMATION OF LANDSCAPES IN THE PENZA  
REGION DURING THE PERIOD OF ANCIENT MORDOVIAN ACTIVITY

*Artemova S. N., Filyaev M. D., Alekseeva N. S.* .....23

USE OF ACTIVE CHLOROPHYLL *A* FLUORESCENCE TO ASSESS  
THE PHYTOPLANKTON PHOTOSYNTHETIC CAPACITY  
IN THE SOUTH-EASTERN PART OF THE BALTIC SEA

*Borovkova K. A., Mosharov S. A.* .....30

THE CONTENT OF MICROPLASTIC PARTICLES IN THE WATER  
IN THE MIDDLE REACHES OF THE VORONA RIVER IN 2024

*Bukovskiy M. E., Neprokina K. S., Zinoveva T. I.* .....36

THE DEMOGRAPHIC SITUATION IN THE ROSTOV REGION:  
FEATURES OF THE FORMATION AND DYNAMICS

*Merinova Yu. Yu., Ertel A. B., Khavanskiy A. D., Levchenko S. V.* .....43

PROBABILISTIC FORECASTING OF RIVER RUNOFF  
UNDER CLIMATE CHANGE AND ANTHROPOGENIC  
LOAD FOR THE ZERAVSHAN RIVER BASIN

*Mirzoev V. A., Gaydukova E. V., Batmazova A. A.* .....51

CLUSTER ANALYSIS OF AGRICULTURAL LANDSCAPES  
OF THE CHUVASH REPUBLIC AND THEIR GEOECOLOGICAL  
ASSESSMENT

*Mulendeeva A. V., Nikonorova I. V.* .....58

---

**Physical and mathematical sciences (1.6.22)****ARTICLE**

EXPERIMENTAL STUDY OF THE IMPACT OF A PORTABLE  
INTENTIONAL JAMMING SOURCE ON GLOBAL NAVIGATION  
SATELLITE SYSTEMS SIGNAL MEASUREMENTS

*Kypriyanov A. O., Pavlov S. M., Shamrova A. D.* .....66

**Agricultural sciences (4.1.6. Forestry, forestry, forest crops, agroforestry improvement, greening, forest pyrology and taxation)****ARTICLE**

ASSESSMENT OF NATURAL FOREST REGENERATION IN DEGRADED  
STANDS OF THE “KRASNOYARSK STOLBY” NATIONAL PARK

*Danilyuk D. Ya., Vays A. A., Andronova A. A., Soklakov N. A.* .....76

**Geological and mineralogical sciences (1.6.11. Geology, prospecting, exploration, and exploitation of oil and gas fields)****ARTICLE**

PROSPECTS FOR INCREASING THE HYDROCARBON RESOURCE  
BASE IN YUGRA THROUGH PROMISING OIL FACILITIES  
IN THE ARCTIC TERRITORIES

*Kuzmenkov S. G., Nanishvili O. A., Novikov M. V., Zakharova L. M.* .....83

## СТАТЬЯ

УДК 631/635(571.54)  
DOI 10.17513/use.38483



CC BY 4.0

## ИСТОРИЯ ИНТРОДУКЦИИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ В БУРЯТИИ В ПЕРИОД С XVIII ДО НАЧАЛА XX ВЕКА

Дабиева У. М. ORCID ID 0009-0006-9962-5415

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова», Улан-Удэ,  
Российская Федерация, e-mail: tandyroze@mail.ru*

Автор предпринял попытку изучить методы селекции и интродукции культурных растений при освоении новых земель в XVII–XIX вв. Целью настоящей работы является воссоздание научно достоверной картины истории интродукции растений в Сибири на примере Бурятии в XVII–XIX вв. на основе комплексного изучения библиографического материала. В настоящем исследовании использованы методы научного наблюдения: анализ, описание, объяснение, индукция, дедукция. При исследовании использованы база данных BioDat «Растения-интродуценты». При этом проанализировано более 40 источников, но наиболее актуальными оказались 26 из них, которые указаны в списке литературы. В статье показано, что интродукция сельскохозяйственных культур на территории Сибири представляла собой многогранную и системную деятельность, как инициируемую местными административными органами, так и координируемую Правительственным Сенатом Российской империи. Этот процесс включал в себя практические эксперименты, направленные на адаптацию культур к местным природно-климатическим и почвенным условиям, характерным для сибирских регионов. Первые аграрные эксперименты продемонстрировали, что не все сельскохозяйственные культуры, импортированные из соседних регионов Сибири, проявили высокую степень адаптивности к местным экологическим условиям. История аграрного развития Сибири также включает в себя значительный вклад старообрядцев и декабристов, которые, обладая глубокими знаниями и инновационными методами, внесли существенный вклад в сельское хозяйство региона. Таким образом, история аграрного развития Сибири характеризуется комплексным подходом к интродукции культур, включающим как государственные инициативы, так и частные эксперименты.

**Ключевые слова:** интродукция, история, земледелие, культуры, Бурятия, Сибирь, старообрядцы, декабристы, пшеница, рожь, ячмень, картофель

## THE HISTORY OF THE INTRODUCTION OF CULTIVATED PLANTS IN BURYATIA IN THE PERIOD FROM THE XVIII CENTURY TO THE BEGINNING OF THE XX CENTURY

Dabieva U. M. ORCID ID 0009-0006-9962-5415

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
“Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov”,  
Ulan-Ude, Russian Federation, e-mail: tandyroze@mail.ru*

The authors attempted to study the methods of breeding and introduction of cultivated plants during the development of new lands in the XVII–XIX centuries. The purpose of this work is to recreate a scientifically reliable picture of the history of plant introduction in Siberia using the example of Buryatia during the XVII–XIX centuries on the basis of a comprehensive study of bibliographic material. The methods of scientific observation are used in this study: analysis, description, explanation, induction, deduction. The BioDat database “Introduced plants” was used in the study. At the same time, more than 40 sources were analyzed, but the most relevant were 26 of them, which are listed in the list of references. The article shows that the process of introducing agricultural crops in Siberia was a multifaceted and systematic activity initiated by both local administrative authorities and coordinated by the Government Senate of the Russian Empire. This process included practical experiments aimed at adapting crops to local climatic and soil conditions typical of Siberian regions. The first agricultural experiments demonstrated that not all agricultural crops imported from neighboring regions of Siberia showed a high degree of adaptability to local environmental conditions. The history of Siberia’s agrarian development also includes significant contributions from the Old Believers and Decembrists, who, with their deep knowledge and innovative methods, made a significant contribution to the region’s agriculture. Thus, the history of Siberian agricultural development is characterized by an integrated approach to crop introduction, including both government initiatives and private experiments.

**Keywords:** introduction, history, agriculture, cultures, Buryatia, Siberia, old believers, decembrists, wheat, rye, barley, potatoes

### Введение

Историки констатируют, что в XVI–XVII вв. основным экономическим фактором, способствовавшим миграции русских землепроходцев из европейской части России в Сибирь, был преимущественно пуш-

ной промысел. Однако начиная с XVIII столетия доминирующим мотивом для переселения поселенцев стало стремление к обогащению за счет использования обширных природных ресурсов региона [1, с. 366]. Освоение новых пахотных земель в Забайкалье

происходило медленно, данная особенность освоения сибирских территорий заключалась в последовательной отстройке военных укреплений – острогов, вокруг которых впоследствии формировались поселения [2].

Следует отметить, каким образом осуществлялась селекция культурных растений в ходе освоения новых территорий и применялись ли методы интродукции для их адаптации. Данная тематика в настоящее время находится в процессе исследования, однако предпринята попытка анализа на основе научных публикаций и актуальных данных. Исследование данных вопросов позволит не только реконструировать аграрные практики XVII–XIX вв., но и выявить ключевые факторы, способствовавшие развитию сельского хозяйства в России в этот период.

**Цель исследования** – воссоздание научно достоверной картины истории интродукции растений в Сибири на примере Бурятии в XVII–XIX вв. на основе комплексного изучения как современных научных трудов, так и тех трудов, которые выходили в советское время, а также труды, которые выходили в период Российской империи.

#### **Материалы и методы исследования**

Методы научного наблюдения: анализ, описание, объяснение, индукция, дедукция. При этом проанализировано более 40 источников, но наиболее актуальными оказались 26 из них, которые указаны в списке литературы.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Исследователи отмечали, что уже в 1770-х гг. помещичьи хозяйства в европейской части страны имели в своем распоряжении не только множество местных сортов таких растений, как рожь, пшеница, овес, гречиха, чечевица, полба, мак, просо, бор<sup>1</sup>, лен, горох, репа, но и зарубежных культур, таких как английская рожь, английский ячмень, эрфуртский белый овес, восточный овес и т. д. [3, с. 110]. Однако эти помещичьи хозяйства были менее склонны к агрономическим экспериментам, чем городские, которые более охотно приняли новые приемы и методы агрономической науки, зародившейся в России в середине XVIII в. С другой стороны, основная тяжесть выбора того или иного растения, которое необходимо сажать в той или иной местности, лежала на крестьянине. Методом проб и ошибок пахотный

крестьянин находил тот набор сортов культурных растений, который подходил именно для этой местности, поскольку зачастую бывало и так, что даже близко расположенные пахотные земли имели значительные различия почв и других свойств, что могло пагубно влиять на культуры [3, с. 136].

Более всего это проявлялось при освоении земель в новых территориях Сибири и Дальнего Востока, учитывая их более суровые природно-климатические условия, чем в европейской части России. Известный советский ученый В. Н. Шерстобоев подчеркивал, что сельскохозяйственное освоение было ключевым фактором освоения и экономического развития Сибири [4, с. 226]. Советский ученый указывает, что в этом центральное место занимал пашенный крестьянин, который играл ведущую роль в освоении земель и их сельскохозяйственном использовании, а также в какой-то мере и в выборе культурных растений, которые он засеивал на своих полях, поскольку история земледелия в сибирских хозяйствах не раз показывала, что крестьянское хозяйство невозможно эффективно контролировать с помощью бюрократических предписаний [5, с. 218].

И здесь стоит обратить внимание на то, каким образом происходило земледельческое освоение новых земель, использовались ли при этом агрономические опыты? На этот вопрос косвенно дает ответ Л. В. Машанова в своем сообщении о том, что в 1681 г. на территории Баргузинского острога некими енисейскими служивыми людьми был произведен так называемый успешный «хлебный опыт», что было решено на Баргузине устроить пашенные поля [6]. Но в отписке Государя Иркутскому воеводе Л. К. Кислянскому было дано предписание, что эти территории относятся не к пашенным территориям, а к охотничьим угодьям, и поэтому он позволил им снять посеянный хлеб с полей, а впредь запретил засеивать здесь зерно [7, с. 161]. Этот любопытный факт говорит о том, что новые территории при освоении засеивались земледельческими культурами не стихийно, а по указанию местных властей с использованием агрономических опытов, которые могли длиться около десяти лет. И только когда по прошествии нескольких лет опыт удавался, эти поля можно было отнести в разряд пашенных. Без сомнения, здесь явно имеется факт некоторого интродукционного эксперимента, который был осуществлен впервые на территории Бурятии для зерновых культур, которые, видимо, были привезены с Иркутского или Енисейского уезда.

<sup>1</sup> Бор, или просяник (*Milium*), представляет собой злаковые культуры, относящиеся к семейству Poaceae.



Карта Ремезова. Озеро Байкал и Бурятия 1701 г.  
Примечание: составлен автором на основе источника [8, с. 20]

Какие зерновые были посажены и какой они дали урожай, архивные документы не говорят, но тем не менее чиновниками и служилыми людьми из Иркутска был получен положительный агрономический опыт и выяснилось, что на территории Бурятии можно и нужно устраивать пашенные поля.

Конечно, здесь есть некоторое противоречие по датам, поскольку о том, что на Селенге и в Тунке можно получать хлебные урожаи, было известно за 10 лет до этих событий. Известно, что почти сразу после строительства Селенгинского (1665 г.) и Удинского острогов (1666 г.) появилась целая сеть заимок, слобод и деревень, которая покрыла территорию современной Бурятии (рисунки). И уже к 1670-м гг. на Селенге было построено около 20 крестьянских хозяйств. Они были небольшие, по несколько дворов, в среднем запашка на одного крестьянина составляла около 0,5 десятины, крестьяне засеивали рожь и ячмень. О достаточно высокой урожайности земледелия на территории Бурятии говорит то, что, например, по данным 1679 года, около Тункинского острога с двух десятин было собрано 240 пудов ржи. Но тем не менее до конца XVII в. хлеб на территорию Бурятии завозился из Прибайкалья [6].

В «Кратком описании земледелия Иркутской губернии», написанном надворным советником Лосевым и изданном в 1815 г. в «Трудах Вольного экономического общества» [9], говорится, что земли территорий за Байкалом в Верхнеудинском уезде являются песчаными с дресвой, то есть с мелким щебнем. А земли от Харацайской крепости<sup>2</sup> по реке Жид до Цаган-Усунского<sup>3</sup> караула черноземные, а от него до Кяхты местность горная и малопродуктивная. Что касается культурных растений, которые привезли с собой хлебопашенные крестьяне, надворный советник Лосев указывает, что в большом количестве в Иркутской губернии сажают рожь (*Secale*), далее идут озимая или мягкая пшеница (*Triticum aestivum*), озимая обыкновенная пшеница (*Triticum hibernum*), овес (*Avena Sativa*), ячмень (*Hordeum vulgare*), гречиха (*Poligonum fagopirum*), просо (*Milium*), горох (*Pisum sativum*), репа (*Brassica Rapa*), картофель (*Solanum tuberosum*). Кроме этого, крестьяне сажали технические растения, такие как конопля (*Canabis sativa*) и лен (*Linum usitatissimum*) [8]. Интересно

<sup>2</sup> В настоящее время это с. Харацай Закаменского района Бурятии.

<sup>3</sup> В настоящее время это с. Цаган-Усун Джидинского района Бурятии.

отметить, что, возможно, в это время были проведены впервые документально засвидетельствованные факты интродукции зарубежных сортов растений на территории Бурятии. Царский чиновник указывает, что из Пекина неоднократно вывозились такие семена, как пшеница китайская и голый ячмень, но первое растение, по словам местных крестьян, погибало от головни, который часто поражает зерновые культуры. А голый ячмень, род китайского проса, не выдерживал сибирской погоды и даже в урожайные годы вымерзал [9]. При этом советник указывает, что завезенная кубанская пшеница, которую сажают рано, всегда приносит хорошей урожай.

В начале второй половины XVIII в. из западных губерний Российской империи в Забайкалье отправляли старообрядцев, которые сформировали особую этническую общность, известную как «семейские» [10; 11]. Одним из первых, кто исследовал хозяйственную деятельность старообрядцев Забайкалья, был известный российский ученый Петр Симон Паллас, который в ходе экспедиций 1771–1772 гг. изучил несколько поселений старообрядцев. Особый интерес представляет его описание хозяйств деревни Куйтун<sup>4</sup>, в котором проживали как старожилы-сибиряки, так и русские старообрядцы, переселенные из Польши, которых он обозначил как «польских колонистов». Исследователь сообщал, что хлебопашество у жителей этой деревни довольно развитое, но они сетуют на недостаточность кормовых трав для скота, что здесь, несмотря на холод и неурожай, трудолюбивые старoverы вновь и вновь засеивали свои поля семенами гречихи, пшеницы, гороха [12, с. 225]. Таким образом, П. С. Паллас указывает, что старoverы, которые прибыли в Забайкалье, являются, возможно, теми пионерами, которые пытались приспособить к здешнему климату известные культурные растения. При этом старoverы, видимо, опираясь на свой опыт, экспериментировали с разными сортами одних и тех же растений, либо же меняли условия посева этих растений с учетом климатических условий конкретной местности для их лучшей акклиматизации. Например, П. С. Паллас сообщал, что старoverы гречиху не садили в низинах, поскольку в этих местах осень наступает очень рано и для нее характерна пониженная температура с высокой влажностью, а весна наступает очень поздно и бывает так, что все посе-  
 вы

на низменностях, кроме яровых, погибают от холода, а те посе-вы, которые были засеяны на холмах, дают урожай, но и они могут позже погибнуть от засухи, которая в этих местах бывает часто [12, с. 226].

По данным исследований Ф. Ф. Болоневы, первые переселенцы-старообрядцы, прибывшие в Забайкалье, попытались культивировать рожь. Однако европейские сорта этой культуры не смогли приспособиться к суровым климатическим условиям края. В результате крестьяне были вынуждены переключиться на возделывание яровых культур, что стало необходимой мерой адаптации к местным климатическим условиям. Ученый отмечал, что среди сельскохозяйственных культур региона гречиха характеризуется наибольшей продуктивностью, за ней по уровню урожайности следуют овес, ярица и ячмень. Минимальные показатели продуктивности демонстрирует пшеница [10]. В результате анализа исторических данных можно сделать вывод, что старообрядческое сообщество, применяя методы интродукции и селективного отбора, последовательно и целенаправленно разрабатывало оптимальные параметры культивирования различных агрокультур на территории Бурятии и Забайкальского края. Это способствовало формированию устойчивой агрономической традиции, адаптированной к специфическим климатологическим и почвенным условиям региона. Несмотря на экстремальные природно-климатические условия Забайкальского региона, русские земледельцы разработали и внедрили эффективные методы возделывания зерновых культур. Эти новые подходы, адаптированные к суровым климатическим реалиям, не только обеспечили устойчивое сельскохозяйственное производство в Забайкалье, но и послужили основой для успешного освоения сельскохозяйственных территорий в других восточных регионах России, включая Якутию, Амурскую область и Дальний Восток. Таким образом, опыт русских крестьян Забайкалья оказал значительное влияние на формирование аграрных практик в обширных восточных регионах страны [11].

В период 1790–1792 гг. в составе научной экспедиции Забайкалье посетил ученый-ботаник Иоганн Сиверс, который отметил, что местные крестьяне успешно занимаются земледелием, а также выращивают садовые деревья. К сожалению, И. Сиверс не сообщил, о каких садовых деревьях идет речь, тем не менее он, видимо, одним из первых сказал об успешности выращи-

<sup>4</sup> Куйтун – в настоящее время с. Куйтун в Тарбагатайском районе Бурятии.

ния фруктовых насаждений на территории Забайкалья. Кроме того, вызывают значительный интерес сведения о том, что старообрядцы осуществляли экспериментальные посадки чечевицы и льна, которые оказались не совсем приспособленными к местным природно-климатическим условиям: чечевица не выросла, а выросший лен оказался с короткими стеблями. Тем не менее он указывал, что в окрестностях деревни Акинская были успешные результаты выращивания льна. Кроме того, И. Сиверс отмечал, что старообрядцы успешно занимались огородничеством и выращивали такие культуры, как белокочанная капуста, картофель, репа, горчица, хрен, лук, брюква, мелкая фасоль, огурцы, а также они успешно получали урожай гречихи. Вызывает значительный интерес информация, что арбузы, дыни и тыквы выращивались еще в конце XVIII в. в деревне Усть-Кяхте, которая находится недалеко от Кяхты [13, с. 35]. По словам известного в Бурятии ученого Ф. Ф. Болонева, еще за 50 лет до появления в этих краях декабристов эти культуры выращивались в огородах русских крестьян и казаков [10]. В своих мемуарах И. Сиверс описывал успешное сельскохозяйственное исследование, в ходе которого он культивировал кукурузу, достигнув впечатляющего уровня урожайности. Примечательно, что семена поливали лишь на начальном этапе их роста, после чего растения развивались без дальнейшего искусственного орошения, несмотря на засушливый климат [13, с. 38].

В 1823 г. бурятские поселения посетил литератор Мартос Алексей Иванович, занимавший чин в Енисейском губернском правлении. Описывая Усть-Кяхту по дороге из Красноярска до границы России с Китаем, он замечал, что бесконечно простирающиеся хлебные поля являются свидетельствами богатства жителей. Кроме того, он говорил, что жители в огородах засевают картофель и огурцы в большом количестве, что с Усть-Кяхтой ни один округ в Верхнеудинске не может сравниться [14, с. 292]. Отметим, что в XIX в. в Кяхте доминировали купцы, значительная часть которых исповедовала старообрядчество. Известно, что они активно торговали с китайскими партнерами. В свете этого можно предположить, что некоторые кяхтинские купцы завозили определенные виды китайских овощей и успешно их интродуцировали в условиях местного климата. Например, французский путешественник Легра Жюль, который посетил Кяхту в конце XIX в. говорит, что

в китайском городке Маймачине, который стоял напротив Кяхты местные китайцы выращивают в своих огородах очень свежие овощи [15, с. 242], которых они затем продают жителям Кяхты [16].

С другой стороны, купцы, обладая широким кругозором и высоким уровнем образования и культуры, оказали значительное влияние на развитие местной интеллигенции [17]. Кроме того, некоторые представители местного купечества проявляли значительную активность в научной сфере и являлись членами престижных научных учреждений, таких как Русское географическое общество (РГО) и Императорское московское общество сельского хозяйства (ИМОСХ) [18, с. 34].

Например, Григорий Александрович Шевелев, представитель купеческого сословия первой гильдии, в 1830-х гг. инициировал создание первого сельскохозяйственного хутора в Восточной Сибири, который был основан в г. Верхнеудинске. В рамках его экспериментов были задействованы такие культуры, как американский табак и табак сорта Черкасский, гималайский ячмень, сорт пшеницы «семиколоска», лен, клевер и огурцы. Также он проводил исследования по выращиванию арбузов и сахарной свеклы в условиях резко континентального климата [19, 20].

В результате интродукции растений, проведенной Г. А. Шевелевым, были получены следующие выводы: американский табак и китайская пшеница-«семиколоска» не смогли адаптироваться к климатическим условиям региона, первое растение, видимо, страдало от резких климатических перепадов, второе, вероятно, характеризовалось умеренной продуктивностью. В то же время семена льна и ржи сорта «Ваза», предоставленные ИМОСХ, продемонстрировали хорошие результаты. Примечательно, что Г. А. Шевелев щедро раздавал полученные от урожая ржи семена другим купцам в Верхнеудинске, а в отношении семян льна возникла проблема, обусловленная отсутствием четкого плана реализации данной продукции. Кроме того, А. Г. Шевелев активно распространял свои достижения через публикации в московском «Земледельческом журнале». Его профессиональные успехи были высоко оценены, о чем свидетельствует факт избрания его членом Императорского Московского общества сельского хозяйства (ИМОСХ) [19]. Вполне возможно, что Г. А. Шевелев был одним из первых, кто осуществлял интродукционные исследования культурных растений в Сибири.

Периодизация интродукции культурных растений в Бурятии в XVII–XIX вв.

Период	Инициаторы	Местность	Вид эксперимента	Вид растений	Результат	Влияние
Конец XVII в.	Енисейские служивые	Баргузинский острог	Интродукция	предположительно пшеница	положительный	Первое упоминание интродукции культур в Бурятии
Конец XVII в.	Местные хлебопашенные крестьяне	Селенгинский, Удинский, Тункинский остроги	Пашенные поля	рожь, ячмень	положительный	Влияние на дальнейшее заселение Бурятии
Начало XVIII в.	Местные хлебопашенные крестьяне	Харацайская крепость, Цаган-Усунский караул	Пашенные поля	рожь, озимая или мягкая пшеница, озимая обыкновенная пшеница, овес, ячмень, гречиха, просо, горох, репа, картофель, лен, конопли	положительный	Первое задокументированное упоминание интродукции зарубежных культур в Бурятии
				пшеница китайская и голый ячмень		
Вторая половина XVIII в.	Старообрядцы	с. Куйтун в Тарбагатайском районе Бурятии	Пашенные поля	кубанская пшеница	положительный	Первое задокументированное упоминание интродукции сортов пшеницы, завезенной в Бурятию из европейской части
				европейские сорта ржи	отрицательный	
				гречиха	положительный	
				овес	положительный	
Вторая половина XVIII в.	Старообрядцы	Кяхта, Усть-Кяхта	Пашенные поля	яровая пшеница	отрицательный	Новые методы возделывания культур (в том числе и методы интродукции) стали основой для освоения не только Бурятии, но и восточных регионов страны
				ячмень		
				чечевица, лен		
				капуста, картофель, репа, горчица, хрен, лук, брюква, мелкая фасоль, огурцы, арбузы, дыни, тыквы		
Первая половина XIX в.	Кулец Шевелев Г.А.	Верхнеудинск	Интродукция	американский табак, китайская пшеница-«семиколоска»	отрицательный	Первые научные публикации об интродукции растений в Бурятии (Земледельческий журнал, 1831 г.)
				лен, рожь сорта «Ваза»	положительный	
Середина XIX в., декабристы	Братья Михаил и Николай Бесслужевы	Селенгинск	Интродукция	арбузы, дыни	положительный	Внедрение новаторских методов в сельском хозяйстве, акклиматизация новых культур
				табак	неизвестный	
				акация	положительный	
	Братья Михаил и Вильгельм Кюхельбекеры	Баргузин	Пашенные поля	зерновые, овощи	положительный	Внедрение новаторских методов в сельском хозяйстве, акклиматизация новых культур

В контексте аграрной истории Бурятии особую значимость представляет также деятельность декабристов, которые занимались выращиванием и распространением новых аграрных культур. Известны сельскохозяйственные эксперименты декабристов Михаила и Николая Бестужевых, осуществляемые ими в ссылке в Селенгинске. В условиях, когда на территории современной Бурятии еще не были культивированы многие виды растений, Бестужевы занимались интродукцией и акклиматизацией таких культур, как бахчевые и табак, что было новаторством для того времени [21, с. 21]. В переписке с Ф. Н. Рейнеке (1856–1857 гг.) Михаил Бестужев подробно описывал свои достижения в области адаптации семян акacias, полученных от указанного корреспондента. Согласно его наблюдениям, семена успешно выдержали экстремальные температуры, достигающие сорока градусов ниже нуля, и продемонстрировали высокую устойчивость к местным почвенно-климатическим факторам [22, с. 267]. Более того, Бестужев инициировал распространение выращенных семян в Нерчинск и Кяхту с целью проведения дальнейших исследований, направленных на определение оптимальных микроклиматических условий для успешного культивирования данных растений [23, с. 231]. Кроме того, исследователи указывали, что братья Бестужевы, возможно, впервые на бурятской земле вырастили арбузы и дыни, используя парники, которые были до них неизвестны [24, с. 56].

Известна также новаторская деятельность в сельском хозяйстве братьев Кюхельбекеров Михаила и Вильгельма, которые жили в Баргузине. Вильгельм Карлович Кюхельбекер самостоятельно провел работы по расчистке и обработке 11 десятин земли и первым в Баргузине осуществил посев зерновых культур. Таким образом, по мнению исследователей, в Баргузине начало развитию земледелия было положено братьями-декабристами [24, с. 84]. Михаил Карлович Кюхельбекер говорил, о том, что в Баргузине разведение овощей весьма ограничено, и им занимаются одни женщины [25, с. 253].

Кроме того, Михаил Карлович Кюхельбекер высказывал мнение о возможности успешного культивирования овощных культур, завезенных из других регионов, при создании оптимальных условий для их роста и развития, что позволяет обеспечить получение качественного урожая [26, с. 15].

На основании детального анализа библиографических материалов был проведен

систематический и классифицированный анализ интродукции культурных растений в Бурятии в период с XVII по XIX в. Исследование показало, что первое документированное свидетельство о внедрении культурных растений на территории Бурятии относится к концу XVII столетия. Инициаторами данного процесса выступили енисейские служилые. К концу XVII и началу XVIII в. местные земледельцы активно возделывали различные культуры, что способствовало дальнейшему освоению территории Бурятии. Со второй половины XVIII в. старообрядцы начали применять новые методы возделывания культур, включая интродукцию растений. Это стало основой для освоения не только Бурятии, но и восточных регионов страны. В первой половине XIX столетия купец Г.А. Шевелев осуществлял активную деятельность по интродукции новых видов растений. Его исследования послужили основой для первых научных публикаций по данной тематике в Бурятии, которые были обнародованы в «Земледельческом журнале» в 1831 г. В середине XIX в. декабристы, оказавшиеся в ссылке на территории Бурятии, инициировали внедрение передовых агротехнических методов, включая адаптацию и акклиматизацию растений, ранее не культивировавшихся в этом регионе (таблица).

### Заключение

Таким образом, на основании проведенного комплексного анализа можно констатировать, что процесс интродукции культурных растений на территории Сибири представлял собой многоаспектную деятельность, инициированную не только местными административными органами, но и в значительной степени координируемую и контролируемую Правительственным Сенатом Российской империи. Первые агрономические эксперименты выявили высокую степень адаптации большинства сельскохозяйственных культур, импортированных из соседних сибирских регионов, к локальным природно-климатическим и почвенным условиям Бурятии. Однако некоторые виды растений не смогли успешно акклиматизироваться в данных экологических условиях, что свидетельствует о необходимости более тщательного подхода к выбору культур для интродукции в этом регионе. В XVIII в. из западных регионов Российской империи в Забайкалье были переселены старообрядцы, которые сформировали этническую общность, известную как «семейские», которые, применяя мето-

ды интродукции и селекции, создали устойчивые агрономические практики, идеально подходящие для местных условий.

Старообрядцы не только возделывали зерновые культуры, овощи, но и выращивали арбузы, дыни и тыквы еще в конце XVIII в. Следует также отметить влияние местных купцов, которые активно участвовали в торговле с Китаем и способствовали внедрению новых культур в сельскохозяйственный оборот. Известны агрономические эксперименты купца Г. А. Шевелева, который культивировал в Бурятии табак, ячмень, пшеницу, лен, клевер и огурцы. В аграрной истории Сибири важны аграрные эксперименты декабристов, которые внедряли новаторские методы в сельском хозяйстве, пытались акклиматизировать новые культуры неизвестные на бурятской земле. Автором предложена периодизация интродукция культурных растений в Бурятии в период XVII–XIX вв.

#### Список литературы

1. Миллер Г. Ф. История Сибири. М.: ARCHIVE PUBLICA, 2025. 676 с. ISBN 978-5-519-96478-4.
2. Дабиева У. М. Об этапах интродукции на территории Бурятии (С древних времен до начала XVIII века) // Успехи современного естествознания. 2024. № 3. С. 20–24. DOI: 10.17513/use.38224.
3. Милов Л. В. Великоурский пахарь и особенности российского исторического процесса. М.: Российская политическая энциклопедия, 2006. 576 с. ISBN 5-8243-0601-X.
4. Шерстобоев В. Н. Илимская Пашня. Том I. Илимский край во II–IV четвертях XVIII века. Иркутск: Иркутское областная типография № 1. 2001. 674 с. ISBN 5-7971-0102-5.
5. Шерстобоев В. Н. Илимская Пашня. Том II. Илимский край во II–IV четвертях XVIII века. Иркутск: Иркутская областная типография. 2001. № 1. 668 с. ISBN 5-7971-0104-1.
6. Машанова Л. В. Начальный этап заселения и земледельческого освоения Забайкалья // Вопросы истории. 1980. № 2. С. 168–173. EDN: MZVTJM.
7. Ионин А. А. Новые данные к истории Восточной Сибири XVII века (г. Иркутска, Иркутского Вознесенского монастыря, Якутской области и Забайкалья). М.: ЕЕ Медиа, 2025. 254 с. ISBN 978-5-518-06584-0.
8. Ремезов С. У. Чертежная книга Сибири. М.: ЕЕ Медиа, 2025. 95 с. ISBN 978-5-519-66323-6.
9. Лосев А. И. Краткое описание земледелия Иркутской губернии // Труды Вольного Экономического Общества. Труды ВЭО. 1813 Т. 65. С. 101–127. URL: <https://veorus.ru/библиотека-вэо/труды-императорского-вэо/1813/> (дата обращения: 25.11.2025).
10. Болонев Ф. Ф. Старообрядческое село Новая Брянь (Забайкалье): Возникновение, рост населения (вторая половина XVIII – середина XIX века) // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. 2016. Т. 22. С. 494–497. EDN: XIGLSN.
11. Болонев Ф. Ф. Лен и конопля в хозяйстве русских крестьян Сибири XVII – начала XX века // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. 2017. Т. 23. С. 467–470. EDN: VUOEWL.
12. Паллас П. С. Путешествие по разным провинциям Российского государства. Часть третья. Половина первая. М.: ЕЕ Медиа, 2024. 655 с. ISBN 978-5-458-67626-7.
13. Сиверс И. Письма из Сибири: (1792–1794). Алматы: Гылым, 1999. 51 с.
14. Мартос А. И. Письма о Восточной Сибири. М.: ARCHIVE PUBLICA, 2024. 58 с. ISBN: 978-5-519-95589-8.
15. Легра Жюль. В Сибири [Дневник французского путешественника. 1897] Томск: Изд-во ТГУ, 2021. 348 с. ISBN 978-5-907442-91-7.
16. Шахеров В. П. Культурное влияние Китая на приграничные города байкальской Сибири в XVIII–XIX вв. // Иркутский историко-экономический ежегодник. 2023. С. 98–106. DOI: 10.17150/978-5-7253-3124-0.08.
17. Комлева Е. В. Сибирское купечество как источник формирования региональной интеллигенции (конец XVIII – начало XX века) // История Сибири, 1583–2006: проблемы и перспективы: сборник материалов региональной молодежной научной конференции. Новосибирск: Сова, 2006. С. 96–105. EDN: ZXFPK.
18. Гапоненко В. В. Верхнеудинские меценаты первой половины XIX века. Улан-Удэ: ИПК ВСГАКИ, 1996. 54 с.
19. Мишакова О. Э. Купец Г. А. Шевелев и развитие частного земледелия в Западном Забайкалье в первой половине XIX века // Научный диалог. 2017. № 4. С. 188–197. DOI: 10.24224/2227-1295-2017-4-188-197.
20. Изыкенова И. Т., Мишакова О. Э. Актуализация повседневной культуры купеческого сословия XIX века в экспозиции музея истории города Улан-Удэ // Материалы IX международной научно-практической конференции: Культурное пространство России и Монголии: теоретические и практические аспекты актуализации культурного наследия. Улан-Удэ, 2021. С. 266–272. EDN: BGVQFD.
21. Попов И. И. Минувшее и пережитое. Воспоминания за 50 лет. 2-я полов. XIX в 2 т.: Сибирь и эмиграция. Л.: Колос, 1924. Т. 1. 290 с.
22. Воспоминание братьев Бестужевых. М.: Нобель пресс, 2025. 378 с. ISBN 978-5-458-06670-9.
23. Мусатов Б. И. Письма М. А. Бестужева к Ф. Н. Рейнеке (1856–1857) // Литературное наследство. 1956. № 1. Т. 60. С. 231–244.
24. Захарова М. Декабристы в Сибири. М.: Государственный Эрмитаж, 2025. 108 с. ISBN 978-5-907653-89-4.
25. Декабристы: История, судьба, биография. М.: Азбука, 2025. 640 с. ISBN 978-5-389-29820-0.
26. Декабристы о Бурятии: Статьи, очерки, письма. Улан-Удэ: Бурятское книжное издательство, 1975. 232 с.

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

**Conflict of interest:** The author declares that there is no conflict of interest.



## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АЗОТНОГО И АММОНИЙНОГО ПИТАНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ *TRIFOLIUM PRATENSE* L. К СУЛЬФАТУ СВИНЦА

Чернов В. М., Максютлова А. И., Якупова А. Р.,  
Фазлутдинова А. И. ORCID ID 0000-0001-7971-6690,  
Суханова Н. В. ORCID ID 0000-0002-6130-6172

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Башкирский государственный педагогический университет имени М. Акмуллы», Уфа,  
Российская Федерация, e-mail: vladcernov936@mail.ru

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами, в частности свинцом, подавляет рост и развитие сельскохозяйственных культур, что определяет актуальность поиска путей повышения их устойчивости. Цель исследования – оценить влияние формы азотного питания (нитратной  $\text{NO}_3^-$  и аммонийной  $\text{NH}_4^+$ ) на устойчивость проростков клевера лугового к токсическому действию сульфата свинца в концентрации  $100 \mu\text{M}$ . Растения культивировали методом водной культуры в контролируемых условиях. На 14-е сутки оценивали морфологические параметры (массу, длину, оводненность) и активность антиоксидантных ферментов (гваяколпероксидазы и каталазы) в побегах и корнях. Установлено, что в контроле форма азота не влияла на накопление биомассы, однако нитратное питание способствовало формированию более оводненных тканей. Наибольшее ингибирование ростовых процессов под действием свинца зафиксировано на аммонийном фоне. Выявлена органоспецифичность ответа антиоксидантной системы: при стрессе на нитратном питании резко возрастала активность каталазы в побегах, тогда как активность пероксидазы перераспределялась между органами в зависимости от источника азота. Полученные результаты свидетельствуют о том, что форма азотного питания выступает важным модулирующим фактором, определяющим как водный статус растений, так и стратегию их антиоксидантной защиты в условиях свинцового загрязнения, что необходимо учитывать при разработке агротехнических приемов.

**Ключевые слова:** *Trifolium pratense*, токсичность, свинец, азотное и аммонийное питание

## ASSESSMENT OF THE EFFECT OF NITRATE AND AMMONIUM NUTRITION ON THE RESISTANCE OF *TRIFOLIUM PRATENSE* L. TO LEAD SULFATE

Chernov V. M., Maksyutova A. I., Yakupova A. R.,  
Fazludinova A. I. ORCID ID 0000-0001-7971-6690,  
Sukhanova N. V. ORCID ID 0000-0002-6130-6172

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
“Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla”,  
Ufa, Russian Federation, e-mail: vladcernov936@mail.ru

Environmental pollution with heavy metals, particularly lead, inhibits the growth and development of agricultural crops, highlighting the relevance of finding ways to increase their resistance. The aim of this study was to evaluate the effect of the nitrogen form (nitrate  $\text{NO}_3^-$  and ammonium  $\text{NH}_4^+$ ) on the resistance of red clover seedlings to the toxic effect of lead sulfate at a concentration of  $100 \mu\text{M}$ . Plants were cultivated using the hydroponic method under controlled conditions. On the 14th day, morphological parameters (weight, length, water content) and the activity of antioxidant enzymes (guaiacol peroxidase and catalase) in shoots and roots were assessed. In the control, the nitrogen form did not affect biomass accumulation; however, nitrate nutrition promoted the formation of more hydrated tissues. The greatest inhibition of growth processes under lead exposure was recorded against an ammonium background. An organ-specific response of the antioxidant system was revealed: under stress with nitrate nutrition, catalase activity sharply increased in shoots, while peroxidase activity was redistributed between organs depending on the nitrogen source. The results obtained indicate that the form of nitrogen nutrition acts as an important modulating factor, determining both the water status of plants and their antioxidant defense strategy under lead contamination. This must be taken into account when developing agricultural practices.

**Keywords:** *Trifolium pratense*, toxicity, lead, nitrate and ammonium nutrition

### Введение

Загрязнение агроценозов тяжелыми металлами, в частности свинцом, является одной из актуальных экологических проблем, оказывающей негативное влияние на рост, развитие и качество сельскохозяйствен-

ных растений [1, 2]. Свинец, поступающий в окружающую среду преимущественно из техногенных источников, способен подавлять ключевые физиологические процессы, такие как фотосинтез и поглощение воды, а также нарушать баланс питательных

элементов в растениях [3]. Устойчивость растительных организмов к токсическому действию тяжелых металлов варьирует в зависимости от видовых особенностей, условий минерального питания и наличия стресс-протекторных веществ [4, 5]. В связи с этим исследование влияния различных форм азотного питания, включая аммонийную, на устойчивость *Trifolium pratense* к токсиканту – сульфату свинца представляется актуальной задачей для разработки агротехнических приемов, направленных на снижение негативных последствий загрязнения тяжелыми металлами.

**Цель исследования** – оценка влияния азотного и аммонийного питания на устойчивость *Trifolium pratense* к сульфату свинца. Полученные результаты могут быть использованы для разработки рекомендаций по применению удобрений для повышения устойчивости клевера к токсичным веществам, а также для оптимизации условий выращивания этой культуры. Исследование влияния азотного и аммонийного питания на устойчивость клевера к сульфату свинца является важной задачей в области сельского хозяйства и экологии.

#### Материалы и методы исследования

Объектом исследования служили 14-суточные проростки клевера лугового. Растения по 20 шт. в каждом варианте культивировали методом водной культуры на светоплощадке в условиях контролируемого микроклимата: освещенность 150 кЛк, фотопериод 14 ч, температура воздуха +29 °С, влажность 80–90 %.

Семена стерилизовали 5% раствором гипохлорита натрия с последующим промыванием и проращивали в термостате при +27°С. Равномерно проросшие семена переносили на вегетацию [6, 7].

В качестве источников азота использовали нитрат калия (KNO<sub>3</sub>, хч.) и сульфат аммония ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, хч.): NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-растения – нитратный источник азота, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-растения – аммонийный источник азота.

На 7-е сутки вегетации в часть сосудов вносили PbSO<sub>4</sub> хч. для создания свинцового стресса. Концентрация свинца составляла 100 мкМ [8]. Контрольные растения выращивали на дистиллированной воде. На 14-е сутки измеряли морфологические показатели: длину побега, сырую и сухую массу побега и корня. Оводненность тканей рассчитывали по формуле

$$\text{Оводненность} = \frac{(\text{сырая масса} - \text{сухая масса})}{\text{сухая масса}} [9].$$

Биохимический анализ включал определение активности ферментов антиоксидантной системы: активность гваяколпероксидазы определяли спектрофотометрически при 436 нм [10]; активность каталазы оценивали спектрофотометрически при 410 нм по методу М. А. Королюк и др., 1988 [11].

Опыт выполняли в трехкратной повторности. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета Microsoft Office Excel [12].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Исследование влияния различных источников азота (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) на 14-суточные проростки *Trifolium pratense* не выявило статистически значимых различий в сырой и сухой массе побегов и корней между вариантами опыта в контроле (рис. 1–4). Средние значения сырой массы побегов и корней составили 5,41±1,25 мг и 2,04±0,6 мг, сухой массы – 4,35±0,25 мг и 1,73±0,7 мг соответственно.

Однако анализ структуры биомассы позволил выявить существенные физиологические различия. У растений, выращенных на нитратном азоте (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), наблюдалась тенденция к формированию более оводненных тканей: отношение массы воды к сухой массе в побегах у них составляло 0,25±0,06 мг/мг, что в 1,8 раза превышало аналогичный показатель у растений аммонийного варианта (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) – 0,14±0,05 мг/мг. Более высокая оводненность тканей при нитратном питании, вероятно, связана с накоплением ионов NO<sub>3</sub><sup>-</sup> и K<sup>+</sup> в вакуолях в качестве осмотически активных веществ, что усиливает приток воды в клетки. Аммонийное питание, напротив, требует больших энергетических затрат на компартиментацию ионов NH<sub>4</sub><sup>+</sup> в вакуолях или их быструю ассимиляцию в аминокислоты, что может ограничивать накопление осмотитов и, как следствие, снижать оводненность тканей [13].

Присутствие в питательной среде сульфата свинца (Pb) индуцировало стрессовый отклик, выразившийся в ингибировании ростовых процессов. Наиболее существенное снижение сырой массы (в 1,3 раза относительно контроля) зафиксировано у растений на фоне аммонийного питания (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + Pb). Нитратный вариант (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + Pb) проявил несколько большую устойчивость, демонстрируя снижение сырой массы лишь в 1,1 раза (рис. 1, 2).

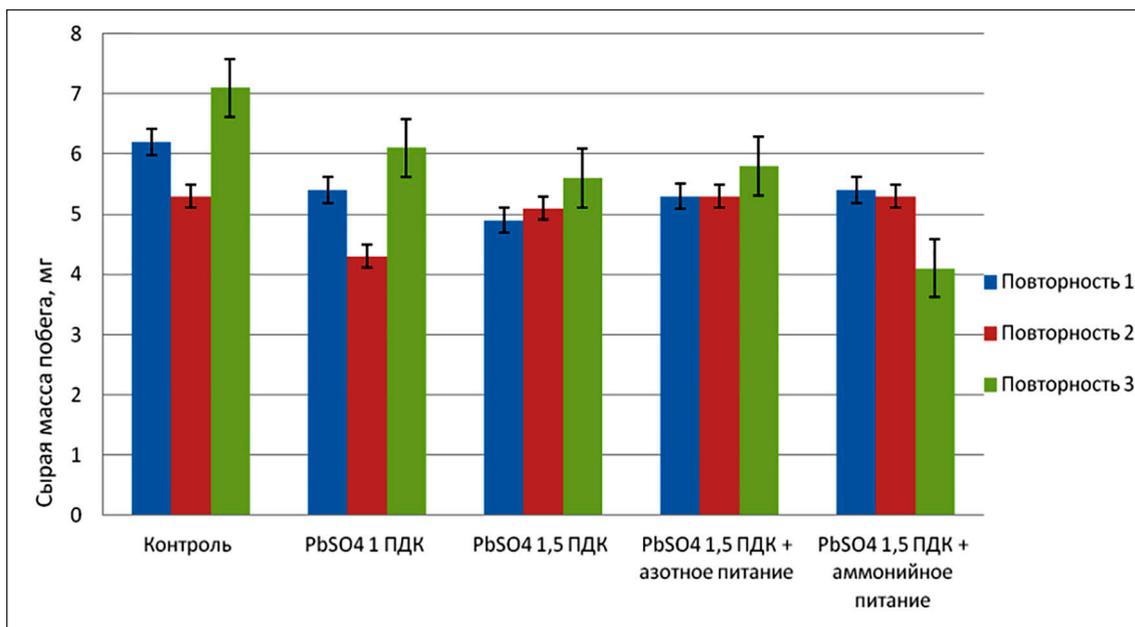


Рис. 1. Изменение сырой массы побега клевера в зависимости от источника азотного питания  
Примечание: составлен автором по результатам данного исследования

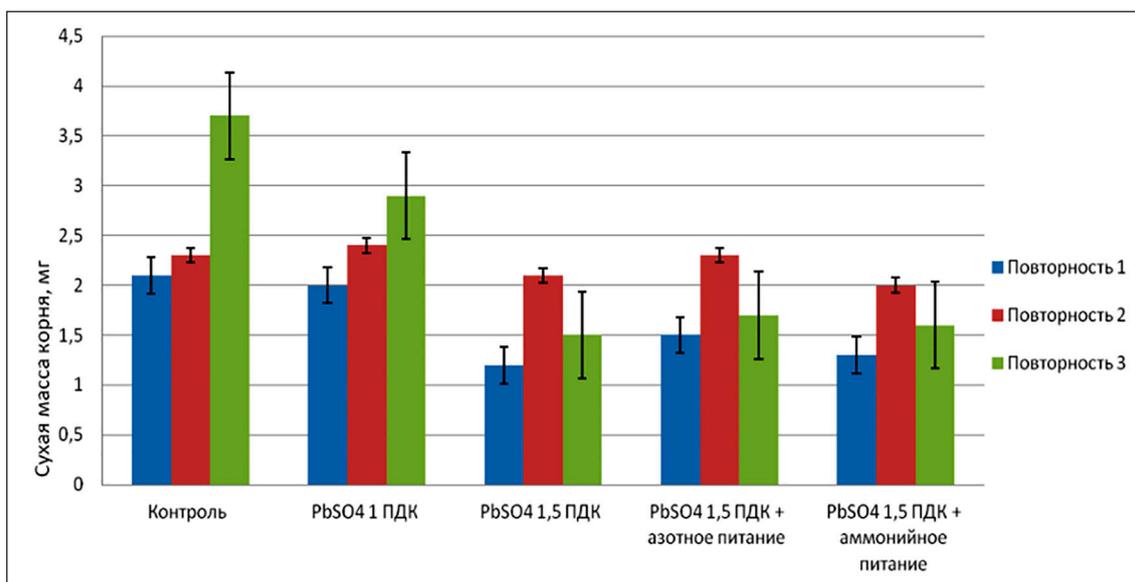


Рис. 2. Изменение сырой массы корня клевера в зависимости от источника азотного питания  
Примечание: составлен автором по результатам данного исследования

Ионы тяжелых металлов, включая свинец, нарушают водный обмен, вызывая водный дефицит, и растения с изначально более высоким осмотическим потенциалом (в данном случае на нитратном питании) способны лучше противостоять такому стрессу [14].

Измерение линейных параметров подтвердило общую тенденцию: максимальная длина побегов (33 мм) и корней (31 мм) отмечена при нитратном питании (рис. 5, 6).

Воздействие свинца привело к дифференцированному отклику: в варианте  $\text{NO}_3^- + \text{Pb}$  длина корней превышала контрольный показатель в 1,3 раза, что может интерпретироваться как компенсаторная реакция, направленная на увеличение поглощающей поверхности. В то же время аммонийный фон ( $\text{NH}_4^+ + \text{Pb}$ ) усиливал ингибирующее действие токсиканта на ростовые процессы.

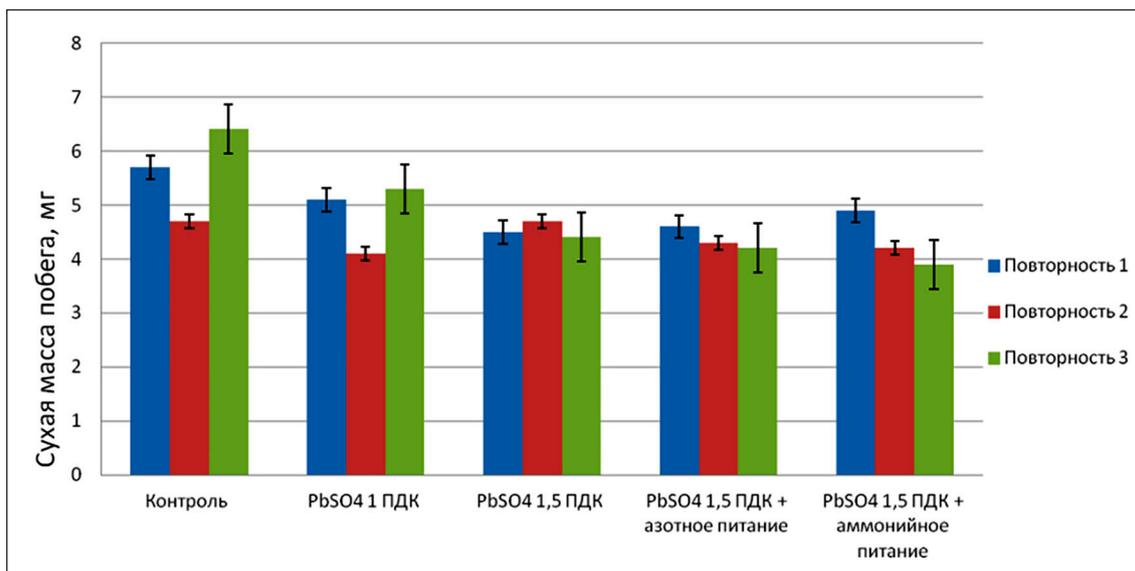


Рис. 3. Изменение сухой массы побегов клевера в зависимости от источника азотного питания  
Примечание: составлен автором по результатам данного исследования

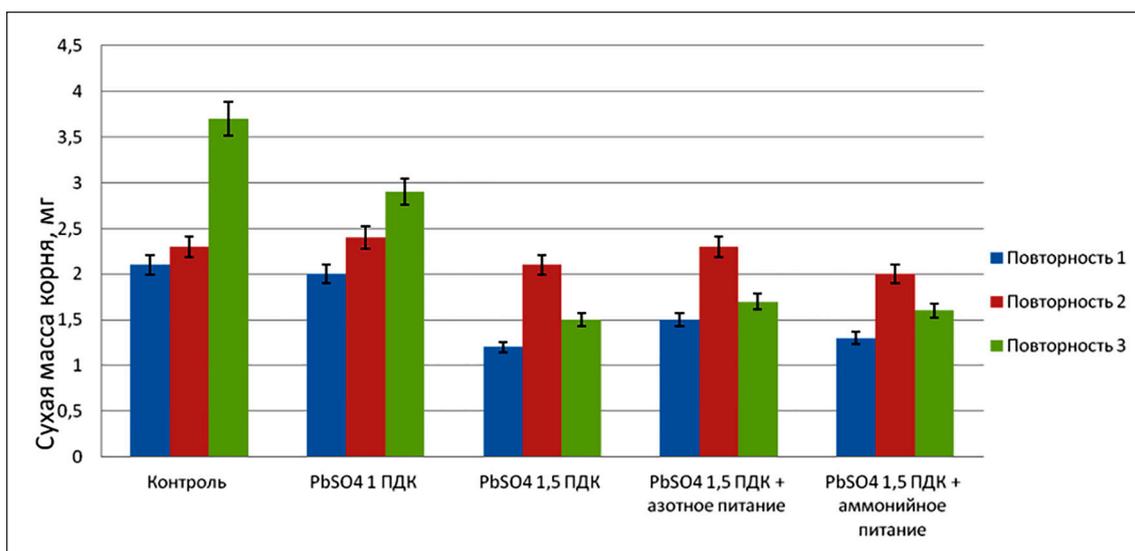


Рис. 4. Изменение сухой массы корней клевера в зависимости от источника азотного питания  
Примечание: составлен автором по результатам данного исследования

Характер изменения активности ключевых оксидоредуктаз – гваяколпероксидазы (GPO) и каталазы – имел тканеспецифичную и зависимую от формы азота направленность.

Наиболее высокая активность гваяколпероксидазы зарегистрирована в корнях  $\text{NO}_3^-$ -растений (105 ОЕ/мг белка). Смена азотного источника на аммонийный приводила к перераспределению активности: в побегах она возрастала в 1,2 раза, а в корнях снижалась в 1,3 раза. Свинцовый стресс вызвал разнонаправленные изменения: при

нитратном питании активность GPO в корнях снижалась, а при аммонийном – возрастала в 1,2 раза. В побегах наблюдалась противоположная реакция: активность фермента увеличивалась в варианте  $\text{NO}_3^- + \text{Pb}$  и существенно снижалась (с 23 до 14 ОЕ/мг белка) в варианте  $\text{NH}_4^+ + \text{Pb}$ . Такая дифференцированная реакция пероксидазной системы связана с перераспределением защитных функций между органами в зависимости от типа азотного метаболизма, что модулирует ответ на стресс, вызванный тяжелым металлом.

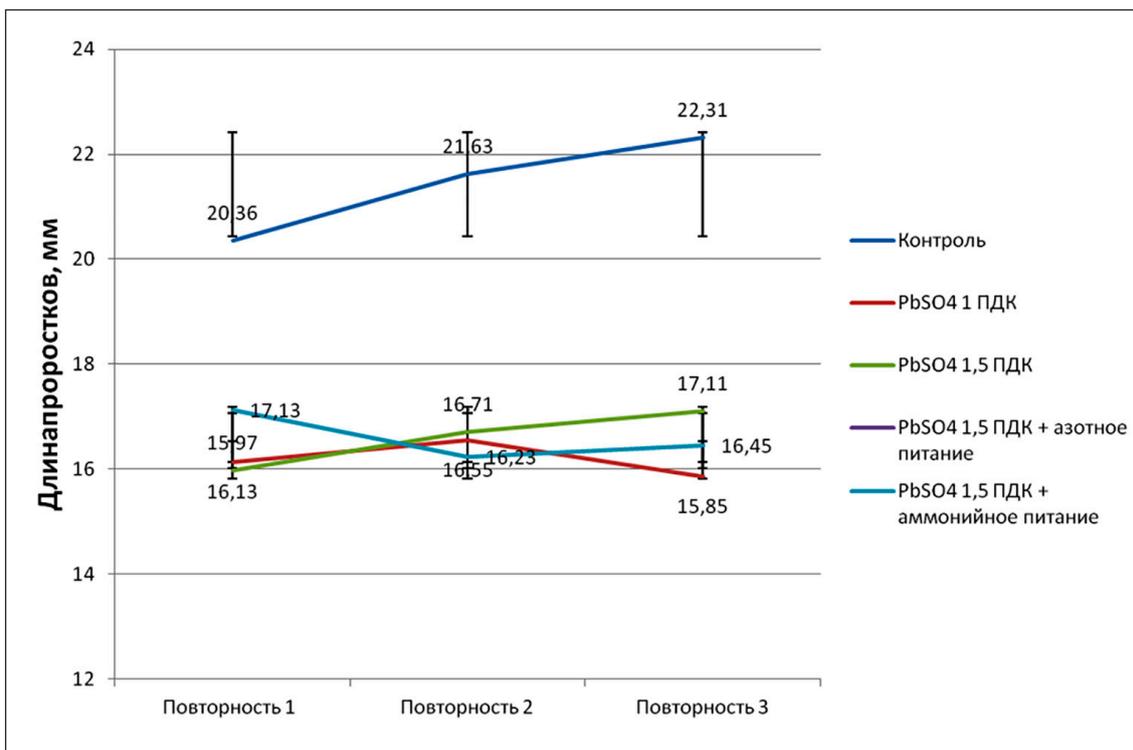


Рис. 5. Изменение длины побегов клевера в зависимости от источника азотного питания  
Примечание: составлен автором по результатам данного исследования

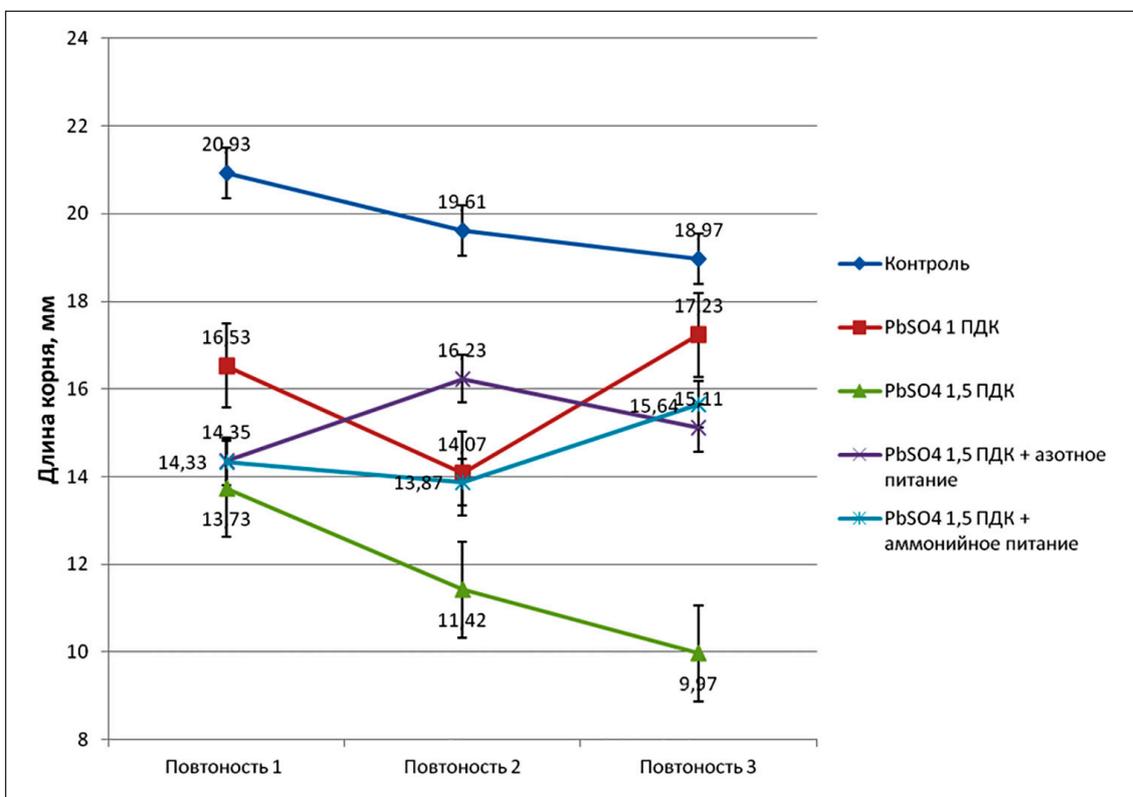


Рис. 6. Изменение длины корней клевера в зависимости от источника азотного питания  
Примечание: составлен автором по результатам данного исследования

Активность каталазы, ключевого фермента детоксикации перекиси водорода, была максимальной в побегах. Ее минимальная базальная активность отмечена у  $\text{NO}_3^-$ -растений (0,46 ОЕ/мг белка). Аммонийное питание вызывало повышение этого показателя в 1,1 раза, что коррелирует с потенциально высоким уровнем генерации активных форм кислорода при ассимиляции  $\text{NH}_4^+$ . Воздействие свинца привело к резкой (в 1,7 раза) индукции каталазной активности в побегах  $\text{NO}_3^-$ -растений, тогда как на аммонийном фоне значимого усиления не происходило. В корнях всех вариантов свинцовый стресс сопровождался подавлением каталазной активности, что указывает на возможное смещение путей нейтрализации  $\text{H}_2\text{O}_2$  в сторону аскорбат-глутатионового цикла или пероксида [15]. Активация антиоксидантных ферментов, в частности каталазы и пероксидаз, является ключевым звеном в формировании устойчивости растений к окислительному стрессу, индуцированному тяжелыми металлами [16].

### Заключение

Морфологический статус проростков *Trifolium pratense* формируется не только общей биомассой, но и ее структурой. При отсутствии значимых различий в сырой и сухой массе между контрольными растениями на разных источниках азота ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) установлено, что нитратное питание приводит к формированию тканей с высокой оводненностью, что указывает на существенное влияние формы азота на водный и осмотический статус растения.

Анализ активности антиоксидантных ферментов выявил четкую зависимость от типа азотного питания и принадлежности к определенному органу. При использовании нитратного источника азота свинцовый стресс сопровождался наиболее выраженным повышением активности каталазы в побегах (в 1,7 раза), тогда как в корнях всех опытных вариантов данный показатель снижался. Для гваяколпероксидазы была характерна смена активности: в варианте с нитратным питанием и добавлением свинца ( $\text{NO}_3^- + \text{Pb}$ ) зафиксировано увеличение активности фермента в побегах при ее снижении в корнях. На аммонийном фоне ( $\text{NH}_4^+ + \text{Pb}$ ) наблюдалась противоположная тенденция – активация пероксидазы в корнях и подавление в побегах. Полученные данные по-

зволяют заключить, что форма азотного питания выступает в роли важного модулирующего фактора, определяющего стратегию антиоксидантной защиты растений клевера лугового в условиях загрязнения среды ионами свинца.

### Список литературы

1. Грабовская Н. И. Стрессорное влияние на растения свинца и поиск эффективных адаптогенов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 3–1. С. 20–27. EDN: XWNILR.
2. Погорелов А. В., Лазько В. Э., Шматок В. И., Мельченко А. И. Тяжелые металлы в окружающей среде и их влияние на сельскохозяйственные растения // Рисоводство. 2021. № 4 (53). С. 54–61. DOI: 10.33775/1684-2464-2021-53-4-54-61. EDN: GZLNLA.
3. Селюкова С. В. Тяжелые металлы в агроценозах // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 8. С. 85–93. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10815. EDN: BBNRTE.
4. Крюков В. И., Золотухин А. И., Репина Е. Ю., Афонина Е. В. Влияние ионов хрома (VI) и меди в сочетании с низкочастотным (50 Гц) электромагнитным полем на прорастание семян и развитие проростков проса // Биология в сельском хозяйстве. 2017. № 3 (16). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ionov-hroma-vi-i-medi-v-sochetanii-s-nizkochastotnym-50-gts-elektromagnitnym-polem-na-prorastanie-semyan-i-razvitie> (дата обращения: 20.01.2026).
5. Зенькова Н. Н., Моисеева М. О., Ганущенко О. Ф., Синцерова А. М., Ковалева И. В., Шлома Т. М. Химический состав консервированных кормов из клевера лугового // Ученые записки учреждения образования Витебская орден Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2025. Т. 61. № 1. С. 49–53. DOI: 10.52368/2078-0109-2025-61-1-49-53. EDN: OGLNQH.
6. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Введ. 1986-07-01. М.: Стандартинформ, 2011. 64 с.
7. ГОСТ 12039-82. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения жизнеспособности. Введ. 1983-01-01. М.: Стандартинформ, 2011. 41 с.
8. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 2. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2021. 469 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 20.01.2026).
9. Кузнецов В. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2025. 893 с. (Высшее образование). ISBN: 978-5-534-20453-7. Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. [Электронный ресурс]. URL: <https://urait.ru/bcode/558171> (дата обращения: 20.01.2026).
10. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. [и др.]. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. С. 41–43.
11. Королюк М. А., Иванова Л. И., Майорова И. Г., Токарев В. Е. Метод определения активности каталазы // Лабораторное дело. 1988. № 1. С. 16–19. EDN: SICXEJ.
12. Позябин С. В., Степанишин В. В., Кондратов Г. В., Жариков А. М. Статистическая обработка данных при научном исследовании: учебное пособие. М.: МГАВМиБ им. К. И. Скрябина. 2023. 61 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/392867> (дата обращения: 20.01.2026).

13. Гужвин С. А., Кумачева В. Д., Каменев Р. А. Физиология и биохимия растений: учебное пособие. Персиановский: Донской ГАУ, 2019. 172 с. URL: [https://www.dongau.ru/obucheniye/nauchnaya-biblioteka/Ucheb\\_posobiya/2019/](https://www.dongau.ru/obucheniye/nauchnaya-biblioteka/Ucheb_posobiya/2019/) %D0%A4 %D0%B8 %D0%B7 %D0%B8 %D0%BE %D0%B %D0%BE %D0%B3 %D0%B8 %D1%8F\_ %D0%B8\_ %D0%B1 %D0%B8 %D0%BE %D1%85 %D0%B8 %D0%BC %D0%B8 %D1%8F\_ %20 %D0%93 %D1%83 %D0%B6 %D0%B2 %D0%B8 %D0%BD\_ %D0%A1 %D0%90\_2019\_172 %D1%81..pdf. (дата обращения: 20.01.2026).
14. Симеониди Д. Д., Бигаева И. М., Агаева Ф. А., Данильянц А. А., Джерапова А. К. Влияние ионов тяжелых металлов (на примере меди и свинца) на состояние и рост растений // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 12 (126). DOI: 10.23670/IRJ.2022.126.68. EDN: VFWSTS.
15. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В., Кабашникова Л. Ф. Антиоксидантная система растений: клеточная компартиментация, защитные и сигнальные функции, механизмы регуляции (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2019. Т. 55. № 5. С. 419–440. DOI: 10.1134/S0555109919050088. EDN: KAPMBG.
16. Игнатенко А. А., Репкина Н. С., Таланова В. В. Участие каталазы и пероксидазы в повышении устойчивости пшеницы к низкой температуре // Труды КарНЦ РАН. 2018. № 4. Исследования в области биологических наук. С. 74–83. URL: <http://journals.krc.karelia.ru/index.php/thematic/article/view/804>. DOI: 10.17076/them804. (дата обращения: 20.01.2026).

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

СТАТЬИ

УДК 911.52(470.40)  
DOI 10.17513/use.38485



**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ОСВОЕНИЯ И ОЦЕНКА ЕГО РОЛИ В ФОРМИРОВАНИИ  
ЛАНДШАФТОВ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ  
В ПЕРИОД ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДРЕВНЕЙ МОРДВЫ**

**Артемова С. Н. ORCID ID 0000-0002-0529-2132,  
Фильяев М. Д., Алексеева Н. С.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет», Пенза, Российская Федерация,  
e-mail: art-serafima@yandex.ru*

В статье дается пространственно-временной анализ процесса хозяйственного освоения ландшафтов Пензенской области в период формирования культуры коренного населения – мордвы (I тысячелетие н. э.). Цель исследования заключается в выявлении роли хозяйственной деятельности древней мордвы в трансформации природных ландшафтов и формировании экологических проблем, унаследованных от прошлых эпох. В работе использовался историко-ландшафтный подход. В качестве исходной информации использовались данные археологических исследований в пределах Пензенской области и сопредельных территорий, а также результаты палеогеографических исследований (климата, растительности, почв) сопредельных территорий и источники географической информации. Выявлено, что на данном этапе хозяйственного освоения антропогенному воздействию подвергались наиболее уязвимые природные системы пойменных ландшафтов р. Суры, Мокши, а также придолинные склоны. На формирование ландшафтов оказывали воздействие как природные факторы (изменение климата и биоты), так и деятельность человека. По косвенным данным можно судить о разных видах хозяйственной деятельности древней мордвы (подсечно-огневое и мотыжное земледелие, скотоводство, охота, промыслы). Основные последствия воздействия на природу: осветление серых лесных почв, обеднение почв, заиление рек, эрозия, закочкарность пойм, изменение видового состава растительности и животных. Несмотря на то, что воздействие было точечным и существенных изменений в ландшафтной структуре на данном этапе не произошло, география расселения древней мордвы совпадает с географией наиболее трансформированных и экологически неблагоприятных районов.

**Ключевые слова:** геоэкологический анализ, древняя мордва, Пензенская область, палеогеографическая обстановка, подсечно-огневое земледелие, историко-ландшафтный подход, процесс хозяйственного освоения

**GEOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE ECONOMIC  
DEVELOPMENT PROCESS AND THE FORMATION  
OF LANDSCAPES IN THE PENZA REGION DURING  
THE PERIOD OF ANCIENT MORDOVIAN ACTIVITY**

**Artemova S. N. ORCID ID 0000-0002-0529-2132,  
Filyaev M. D., Alekseeva N. S.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State University”, Penza,  
Russian Federation, e-mail: art-serafima@yandex.ru*

The article provides a spatio-temporal analysis of the process of economic development of the Penza region's landscapes during the formation of the indigenous Mordovian culture (1st millennium AD). The purpose of this study is to identify the role of the ancient Mordvins' economic activities in the transformation of natural landscapes and the formation of environmental problems inherited from previous eras. The work used a historical and landscape approach. The source information used data from archaeological research within the Penza region and adjacent territories, as well as the results of paleogeographic research (climate, vegetation, and soils) of adjacent territories, and sources of geographical information. It has been revealed that at this stage of economic development, the most vulnerable natural systems of the floodplain landscapes of the Sura and Moksha rivers, as well as the valley slopes, were exposed to anthropogenic influence. The formation of landscapes was influenced by both natural factors (climate and biota changes) and human activities. According to indirect data, it is possible to judge different types of economic activities of ancient Mordovia (slash-and-burn and hoe farming, cattle breeding, hunting, crafts). The main effects on nature are the lightening of gray forest soils, depletion of soils, siltation of rivers, erosion, muddy floodplains, and changes in the species composition of vegetation and animals. Despite the fact that the impact was spot-on and there were no significant changes in the landscape structure at this stage, the geography of the settlement of ancient Mordovia coincides with the geography of the most transformed and ecologically disadvantaged areas.

**Keywords:** geoecological analysis, Ancient Mordvins, Penza Region, paleogeographical conditions, slash-and-burn agriculture, historical and landscape approach, economic development process

### Введение

Большая часть экологических проблем лесостепной зоны, куда входит Пензенская область, имеет унаследованный характер. Глобальное изменение климата в голоцене и динамика ландшафтов («борьба леса со степью») отразились на освоении и антропогенном воздействии на природные ландшафты. Каждый этап хозяйственного освоения наложил свой отпечаток на формирование современных ландшафтов. Культура взаимодействия с природой у коренного населения региона, мордвы, складывалась в I тысячелетии н. э. Природные процессы того периода во многом определяли специфику хозяйственной деятельности населения, которая, в свою очередь, повлияла на формирование ландшафтов.

**Цель исследования** – выявление роли хозяйственной деятельности древней мордвы в трансформации природных ландшафтов и формировании экологических проблем, унаследованных от прошлых эпох.

### Материалы и методы исследования

Основным методом является ландшафтно-исторический, который заключается в оценке освоенности ландшафтов и в сопоставлении экологической обстановки с оптимальной в конкретный исторический момент. Проведен геоэкологический анализ разнокачественной информации о природе, населении и хозяйстве на территории проживания древней мордвы. В качестве исходной информации о населении и хозяйстве использовались данные археологических исследований. В блоке «Природа» использовались результаты палеогеографических исследований и географические данные о природном устройстве региона. Ландшафтный синтез информации о природе и ее хозяйственном использовании на стадии зарождения земледелия позволил сделать вывод о географии и времени возникновения экологических проблем. В работе использовались современные ГИС-технологии.

### Результаты исследования и их обсуждение

Исследования палеопочв под курганами являются наиболее достоверным источником палеогеографической обстановки. Курганы исследуются в основном археологами, а комплексных ландшафтно-исторических исследований Среднего Поволжья немного. Заслуживают внимания работы А. Л. Александровского по палеопочвам Восточно-Европейской равнины, где он делает выводы об изменении климата в голоцене и о раз-

витии почв лесостепи [1. с. 178], а также современные археологические исследования поймы Суры [2]. Исследованиям палеопочв поймы Суры посвящены работы Н. Н. Солодкова и С. П. Ломова [3–5]. Результаты археологических исследований отражены в работах пензенских археологов Г. Н. Белорыбкина, М. Р. Полесских, Д. С. Иконникова и др. [6–8]. Историко-географический анализ хозяйственного освоения территории Пензенской области проводился Д. С. Иконниковым и С. Н. Артемовой [9; 10]. Палеогеографические исследования проводились в основном на смежных территориях: на территории Ульяновской области (Н. В. Благовещенская) [11], Мордовии [12], Среднерусской возвышенности (Е. Ю. Новенко) [13].

*Природные ландшафты и их устойчивость к антропогенному воздействию.* Основные археологические памятники древней мордвы на территории Пензенской области располагаются в основном на месте неолитических стоянок в наиболее благоприятных для освоения долинных ландшафтах (Сура, Мокша, Хопер, Вад, Выша). Эти древнеосвоенные ландшафты в настоящее время наиболее трансформированы и экологически уязвимы. В их формировании участвовали древнейшие значительно углубленные русла, заполненные плиоценовыми и древнечетвертичными осадками. Существенное увеличение осадков и увеличение стока рек наблюдалось 40 тыс. лет назад и 17,5–14 тыс. лет назад, что повлияло на формирование мощного аллювия [14]. Физико-химические и агрохимические свойства пойменных почв неблагоприятны для распашки. Надпойменно-террасовые поверхности, с золовыми формами рельефа, сложенные древнеаллювиальными отложениями со слабо развитыми песчаными почвами под смешанными лесами также являются уязвимыми при освоении. При сельскохозяйственном освоении формируются песчаные пустоши. Более устойчивыми к освоению являются надпойменно-террасовые древнеаллювиальные геосистемы с темно-серыми лесными почвами и оподзоленными черноземами под широколиственными лесами. Наиболее устойчивы надпойменно-террасовые урочища с черноземно-луговыми почвами и выщелоченными черноземами под луговыми степями. Длительное использование долинных ландшафтов привело к сложной экологической обстановке в регионе. Большинство экологических проблем унаследовано, что вызывает необходимость восстановления палеогеографической обстановки на разных этапах освоения.

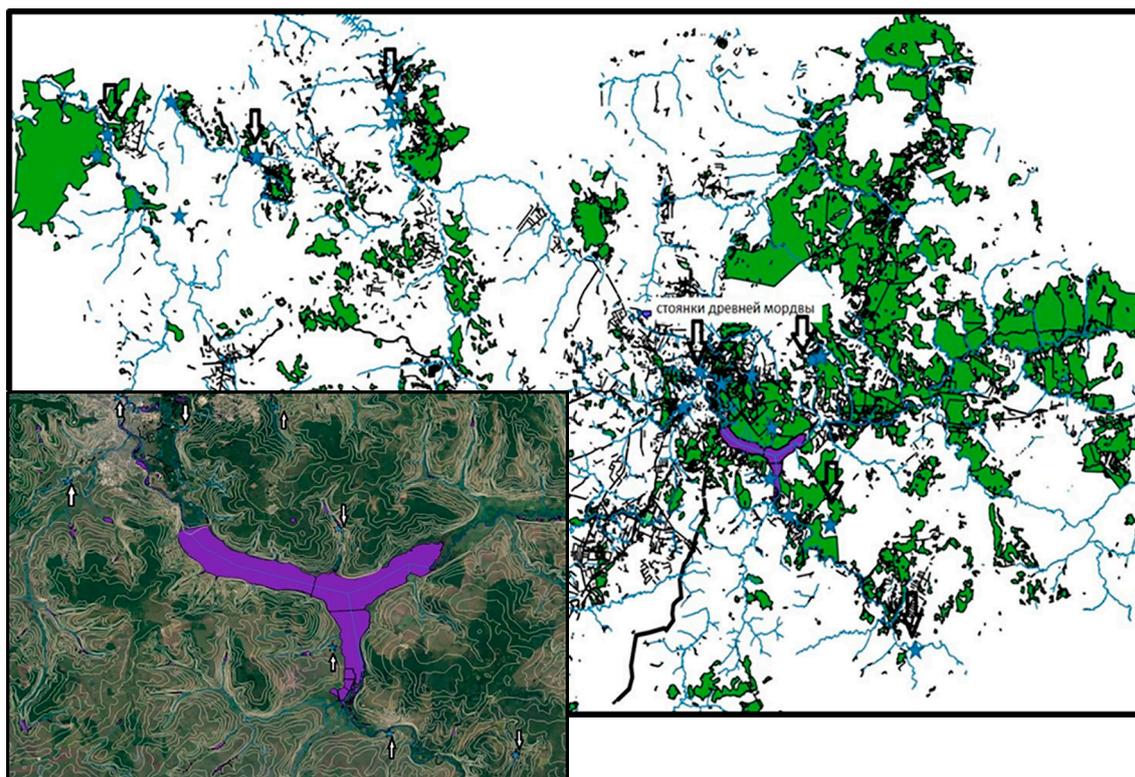


Рис. 1. Расположение наиболее крупных стоянок древней мордвы в ландшафтах Пензенской области (синие звездочки и белые стрелки показывают археологические памятники)

Примечание: выполнен авторами

Анализ палеогеографических условий жизни и хозяйственной деятельности древнемордовского этноса. Период формирования культуры древней мордвы совпадает с субатлантическим периодом и периода значительной роли человека в преобразовании природных ландшафтов. Происходит смена засушливого климата более холодным и влажным, что сопровождается поднятием уровня грунтовых вод. В растительном покрове Среднего Поволжья в это время преобладают леса, но уменьшается доля широколиственных пород, возрастает доля сосны [10]. Начало I тысячелетия н. э. историки обозначают как период великого переселения народов, которое привело к созданию крупных этнических образований, в том числе возникла древнемордовская культура на стыке древних культур кочевников и оседлых племен [15]. Наиболее крупные археологические памятники древней мордвы, обнаруженные на территории Пензенской области, располагались обычно в лесных ландшафтах по коренным крутым склонам долин рек и балок, в местах, удобных как для хозяйственных и торговых связей с окрестным населением, так и для обороны (рис. 1).

На рис. 1 отражен временной срез эпохи формирования древнемордовского этноса комплексной электронной карты Пензенской области [16]. Определение местоположения археологических памятников и их описание было сделано пензенскими учеными [7]. Наложение современного космоснимка и горизонталей позволяет оценить место стоянок древней мордвы в ландшафтной структуре региона. Большая часть их в Посурье располагалась в лесных ландшафтах на малых реках, окруженных крутыми склонами. В настоящее время на месте лесов в основном пашни или луга. Исходя из размещения населения того времени, можно говорить о трансформации природных ландшафтов долин крупных рек, таких как Сура, Мокша, Уза, Вад, Выша. Наибольшее воздействие в местах стоянок испытывали пойменные геосистемы, а также надпойменные террасы с эоловыми формами рельефа, малые реки и балки на крутом правобережном склоне Суры. Сочные луга служили пастбищами, а ландшафты пойм и надпойменных террас были благоприятны для земледелия. Все стоянки расположены в экологически уязвимых геосистемах.

Историография изучения хозяйства древней мордвы свидетельствует о разных видах хозяйственной деятельности. О наличии земледелия у древней мордвы ведутся споры среди археологов. Скорее всего, было подсечно-огневое земледелие на ограниченных участках. Г. Н. Белорыбкин описывает, как работала система подсеки у древнемордовских племен, и делает вывод о длительном господстве лесной растительности [6]. Интересны данные почвоведческого анализа. Например, палеопочвы Армиевского I городища подтверждают, что между подсекой и строительством валов был хронологический разрыв, что свидетельствует об обработке земли добулгарским населением, скорее всего местной мордвой [17]. О существовании земледельческой традиции у мордвы свидетельствуют вещевые находки, прежде всего орудия, которые могли использоваться при обработке земли (тесла-мотыжки). Ведение подсечно-огневого земледелия было невозможно без использования топоров [8]. В находках конца I тысячелетия встречаются пешни, которые могли заменить топоры кельты. Несколько позже появляются и специальные, так называемые бортные проушные топоры с длинным лезвием. Это подтверждает переход к пашенному земледелию [18].

Большую роль в хозяйстве играло животноводство, которое зависело от уровня земледелия. Кости животных часто встречаются в мордовских памятниках VIII–XV вв. Проведенный остеологический анализ материалов из ряда мордовских памятников показывает, что исследованные кости принадлежат лошадям, коровам, овцам, свиньям. Выявлено значительное преобладание костей лошадей [19]. Помимо пушных зверей охотились на лосей и медведей, которые встречались в местных лесах. Д. С. Иконников, в отличие от Г. Н. Белорыбкина, оспаривает тот факт, что у мордвы в I тысячелетии н. э. ведущая роль принадлежала промыслам, и считает необоснованным занижение значения земледелия в хозяйстве [8].

П. И. Меркулов в своей статье этапы «Взаимодействия мордовского этноса с окружающими ландшафтами» пишет, что важнейшей чертой хозяйственного освоения ландшафтов в V–VII вв. стало использование железных орудий труда, украшений, посуды. Он подчеркивает, что использование обычной болотной руды в металлургическом производстве способствовало формированию особых, созданных рукой человека, форм рельефа [12]. Основой для развития

металлургии был бурый железняк (лимонит), встречающийся в форме желваков и конкреций в понижениях рельефа. Мастерские по обработке металла выявлены при раскопках Теньгушевского городища, пос. у с. Старое Бадиково, Старое Девичье 2 и др. [12]. Таким образом, можно сделать вывод о довольно значимом воздействии древней мордвы на процессы ландшафтогенеза.

*Изменение природных ландшафтов в I тысячелетии н. э.* Анализ географии расселения и видов хозяйственной деятельности на данном историческом этапе позволил оценить геоэкологическую обстановку. Изменение климата влияло прежде всего на освоительские процессы. Об этом свидетельствуют результаты исследования поймы Суры в пределах Чувашской Республики [2]. Анализ пойменных отложений и погретенных почв показал, что до II–III вв. н. э. в пойме Суры была высокая поемность и формировались серые лесные почвы. В этот период пойма оставалась незаселенной, а население осваивало участки высоких террас и коренных берегов рек. Во второй четверти I тысячелетия н. э. наиболее благоприятные условия для заселения сложились именно на пойменных участках, покрытых широколиственным лесом. В это время происходит постепенное сведение лесов и залужение поверхности. Во второй половине V в. происходит резкая интенсификация паводков и увеличение стока. Памятники этого времени расположены на верхних террасах. Новый этап низкой поемности относится к средневековому времени (VIII–XIII вв.), почвы этого времени несут следы остепнения и последующей распашки пойменных ландшафтов [2]. Следы распашки времен древней мордвы обнаружены в погретенных почвах. Результаты исследования погретенных почв в аллювиальных пойменных ландшафтах Суры показывают, что лугово-черноземовидные почвы среднесубатлантического возраста совпадают с временем деятельности древней мордвы [3]. Современные почвы образовались около 300 лет назад и формировались в условиях повышенного поступления аллювия в результате распашки водосбора.

Предварительные полевые археологические исследования в пойме Суры (селище Согласие I), проведенные одним из авторов в составе группы археологов в 2025 г., подтверждают сложную природно-хозяйственную обстановку в течение голоцена и воздействие древнемордовского этноса на формирование ландшафтов.

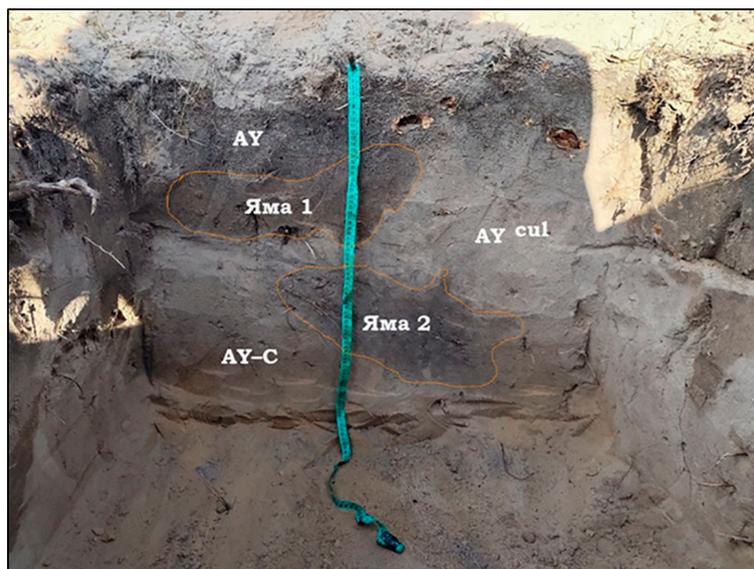


Рис. 2. Почвенный разрез в селище Согласие в пойме Суры  
Примечание: выполнен авторами

Анализ изменений природных ландшафтов и хозяйственного освоения  
в период формирования культуры мордвы (I тысячелетие н. э.)

Периоды	Характерные особенности и изменения			Основная хозяйственная деятельность
	Рельефообразующие процессы	Климат и гидрология	Почвенный покров и растительность	
II–III вв. н. э.	Образование пойменного аллювия	Влажный климат, высокая поемность	Пойма не заселена, осваивали высокие террасы. Господствуют леса на серых лесных почвах	Подсечно-огневое земледелие, скотоводство, промыслы (включая бортничество)
I V – V вв. н. э.	Очаговое увеличение плоскостного смыва	Иссушение климата, опускание уровня залегания грунтовых вод	Преобладает лес, но степь наступает. Проградация лесных почв на водоразделах. В поймах широколиственные леса. Частичное сведение лесов и залужение	
V– VII в.	Плоскостной смыв, линейная эрозия, заиление рек	Климат влажный, увеличение речного стока, высокая поемность	Оглеение и ожелезнение темногумусовых пойменных почв. Закочкаривание почв, изменение растительности. Преобладание серых лесных почв	Переход к пашенному земледелию, скотоводство (увеличение лошадей), ремесла (включая металлургию)
VIII–XIII в.	Увеличение плоскостного смыва, заиление малых рек, линейная эрозия,	Иссушение климата, низкая поемность, поднятие уровня залегания грунтовых вод	Остепнение. Распашка пойменных лугово-черноземных почв. Образование подзолистого горизонта в почвах на водоразделах. Уменьшение биоразнообразия	

Примечание: составлена авторами на основе источников [3; 13; 20].

В настоящее время исследуемая территория занята хвойно-широколиственным лесом на песчаных дюнах. Это селище – многослойный археологический памятник, где верхний культурный слой принадлежит

средневековью (яма 1), а погребенный (с глубины 15–18 см) – энеолиту (яма 2) (рис. 2).

Яма 1 заполнена бурым суглинком со следами средневекового культурного слоя (угольники, фрагменты керамики), в яме 2

содержатся рассеянные угольки и археологический материал эпохи энеолита. Культурный слой энеолита перекрыт аллювиальными наносами, затронутыми почвообразованием. В основании песчаная дюна с погребенной почвой. Скорее всего, культурный слой энеолита был погребен в результате увеличения поемности Суры (фаза холодного гумидного климата). Первичное заселение в неолите происходило в условиях сухого климата (стадия степи), а в средневековье, скорее всего, господствовали лесные ландшафты. Верхний культурный слой эпохи древней мордвы и почвы имеют глинистый состав и следы органики, что связано с формированием в условиях повышенной влажности (почвообразование лесного типа).

Согласно исследованиям лесных почв Европейской России М. В. Бобровского, основным признаком деградации почв под воздействием человека является присутствие в верхней части профиля почвы осветленного (элювиального, подзолистого) горизонта [20]. Процессы осветления развиваются при обнажении поверхности почвы в результате уничтожения растительности. Все виды хозяйства прямо или косвенно воздействовали на почвы, но на начальных этапах распространения производящего хозяйства воздействие было локальным и компенсировалось последующей педогенной деятельностью биоты. Наблюдаемые признаки текстурной дифференциации современных серых лесных почв в основном соответствуют сравнительно поздним этапам антропогенной деградации. Кроме того, наличие иллювиального горизонта (реликта среднеголоценового чернозема) свидетельствует также об изменении климата в сторону увеличения увлажнения [21]. В целом изменение природных ландшафтов под влиянием природных процессов и деятельности человека в I тысячелетии н. э. отражено в таблице.

В целом изменение процессов ландшафтообразования носит природный характер, связанный с цикличностью климата, а характер освоения зависит от природных процессов. Однако во второй половине I тысячелетия деятельность человека усиливает процессы деградации уязвимых геосистем.

### Заключение

Анализ источников по изучению археологических памятников показал, что о хозяйстве древней мордвы в I тысячелетии н. э. можно судить по косвенным данным. Видимо, до начала булгарской колониза-

ции в XI в. у древней мордвы преобладало подсечно-огневое земледелие, появлялось пашенное. Немаловажная роль принадлежала и промыслам (охота на пушного зверя, бортничество, рыболовство). Вероятно, у древнемордовских племен также было развито скотоводство. Мордовские поселения возникали на месте более древних стоянок в пойме крупных рек, в основном Суры и Мокши. Однако возникали и новые поселения на более высоких надпойменных террасах с древнеаллювиальными отложениями. Антропогенным воздействиям на данном этапе освоения подвергались в основном наиболее уязвимые пойменные ландшафты. На изменение природных ландшафтов речных долин накладывались значительные колебания климата (в основном количество и режим осадков) и хозяйственная деятельность человека. Скотоводство способствовало заочкарированию и изменению растительного покрова пойм. Пожары, подсечно-огневое и пашенное земледелие способствовали обеднению почв, эрозии, уменьшению биоразнообразия. В целом на данном этапе антропогенное воздействие было точечное, существенных изменений в ландшафтной структуре не произошло. Нарушенные небольшие участки лесов быстро восстанавливались. Однако в периоды распашки поймы и крутых склонов происходило увеличение плоскостного стока и заиливание рек, что влияло на поемность рек. В целом можно сказать, что основные современные экологические проблемы унаследованы от воздействия населения более поздних этапов хозяйственного освоения при большей площади распашки, но центры антропогенного воздействия сохранились с древних времен.

### Список литературы

1. Александровский А. Л., Александровская Е. И. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. 224 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.djvu.online/file/hEqmWLjgS2aF?ysclid=mliehxtyh3915040221> (дата обращения: 11.01.2026). ISBN 5-02-033947-4.
2. Вязов Л. А., Пономаренко Е. В., Ершова Е. Г., Салова Ю. А., Мясников Н. С. Динамика хозяйственного освоения Посурья в I тысячелетии н. э. Ч. 1: данные стратиграфического анализа пойменных и балочных отложений // Вестник КИГИ РАН. 2021. № 5. С. 981–1005. Oriental Studies. 2021. № 14 (5). С. 981–1005. DOI: 10.22162/2619-0990-2021-57-5-981-1005.
3. Солодков Н. Н., Чурсин А. И., Дьячков М. Д. Результаты исследований современных и погребенных почв аллювиальных геосистем бассейна реки Сура // Успехи современного естествознания. 2016. № 11–2. С. 401–406. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36245> (дата обращения: 21.12.2025).
4. Солодков Н. Н., Ломов С. П., Лебедева М. П. Особенности микроморфологии и геохимии погребенных почв

в поймах бассейна р. Сура // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В. В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции (г. Белгород, 15–22 августа 2016 г.). Ч. II. М. Белгород: ИД «Белгород», 2016. С. 465–466. ISBN 978-5-9571-2161-9.

5. Ломов С. П., Спиридонова И. Н. Геохимические условия современных и погребенных почв курганных захоронений лесостепной зоны Среднего Поволжья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2018. Т. 18. Вып. 1. С. 14–21. URL: <https://geo.sgu.ru/ru/articles/geoхимические-условия-современных-и-погребенных-почв-курганных-захоронений-лесостепной> (дата обращения: 11.12.2025). DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-1-14-21.

6. Белорыбкин Г. Н., Осипова Т. В., Соболев А. С. Столкновение средневековых цивилизаций по археологическим данным Пензенского края // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2019. № 2 (21). С. 62–69. URL: <https://obrnauka.ru/releases> (дата обращения: 11.12.2025).

7. Полесских М. Р. Некоторые памятники мордвы-мокши конца I и начала II тысячелетия н. э. // Исследования по археологии и этнографии Мордовской АССР. Саранск: Мордов. книжное изд-во, 1970. С. 116–133. [Электронный ресурс]. URL: [https://niign.ru/izdatelskaya-deyatelnost/nauchnyie-izdaniya/issledovaniya-po-archeologii-i-etnografii-mordovskoj-ssr-\(vyip.-39\)](https://niign.ru/izdatelskaya-deyatelnost/nauchnyie-izdaniya/issledovaniya-po-archeologii-i-etnografii-mordovskoj-ssr-(vyip.-39)) (дата обращения: 11.12.2025).

8. Иконников Д. С., Ставицкий В. В. К вопросу о земледелии Верхнего Посурья и Примокшанья до конца I тыс. н. э. по данным археологии. Сб. научных статей Международной научной конференции, посвященной 100-летию национального заповедного дела и Году экологии в России. «Природное наследие России» / Под ред. Л. А. Новиковой. Пенза: Изд-во Пензенского государственного университета, 2017. С. 345–347. EDN: OTNRYF.

9. Иконников Д. С., Артемова С. Н. Скотоводческо-земледельческая стадия хозяйственного освоения ландшафтов Пензенской области // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Гуманитарные науки. 2018. № 4 (48). С. 89–100. URL: [https://izvuz\\_gn.pnzgu.ru/gn9418](https://izvuz_gn.pnzgu.ru/gn9418) (дата обращения: 01.02.2026). DOI: 10.21685/2072-3024-2018-4-9.

10. Артемова С. Н., Иконников Д. С., Ломов С. П. Общая характеристика развития и динамики ландшафтов Верхнего Посурья и Примокшанья в голоцене // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2017. № 3 (19). С. 91–106. URL: [https://izvuz\\_est.pnzgu.ru/en9317](https://izvuz_est.pnzgu.ru/en9317) (дата обращения: 01.02.2026). DOI: 10.21685/2307-9150-2017-3-9.

11. Благовещенская Н. В. Палеорастиельность и палеогеография центральной части Приволжской возвышенности в эпоху голоцена // Ульяновский медико-биологический журнал. 2016. № 1. С. 137–157. URL: <https://medbio.ulsu.ru/images/numbers/2016/1-2016.pdf> (дата обращения: 01.02.2026).

12. Меркулов П. И., Меркулова С. В. «Этапы взаимодействия мордовского этноса с окружающими ландшафтами» // Вестник Мордовского университета. 2015. Т. 25. № 2. С. 98–106. URL: <https://vestnik.mrsu.ru/index.php/ru/articles/33-15-2/142-10-15507-vmu-025-201502-98> (дата обращения: 21.01.2026). DOI: 10.15507/VMU.025.201502.098.

13. Новенко Е. Ю. Ландшафтно-климатические изменения в лесной зоне Центральной и Восточной Европы в голоцене: ретроспективный анализ и сценарии эволюции природной среды // Экосистемы: экология и динамика. 2020. Т. 4. № 4. С. 57–80. URL: <https://ecosystemsdynamic.ru/wp-content/uploads/2021/01/All-Number-4-vol-4-2020-EED-P-1-112-end.pdf> (дата обращения: 11.01.2026).

14. Украинцев В. Ю. Следы мощного речного стока в долинах рек бассейна Волги в поздневалдайскую эпоху. Геоморфология. 2022. № 53 (1). С. 26–34. URL: <https://geomorphology.igras.ru/jour/article/view/1582?ysclid=mljqid-3co5856905614> (дата обращения: 11.01.2026). DOI: 10.31857/S0435428122010126.

15. Ямашкин А. А., Зарубин О. А., Ямашкин С. А. Историко-географический анализ селитебного освоения ландшафтов Мордовии // Центр и периферия. 2019. № 3. С. 84–89. URL: <https://niign.ru/centrandperifirya/czentr-i-perifirya-3-2019-ispr.pdf> (дата обращения: 10.01.2026).

16. Артемова С. Н., Первушкин В. И., Алексеева Н. С. Природное и историческое наследие в культурных ландшафтах Пензенской области // Успехи современного естествознания. 2022. № 3. С. 36–41. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37789> (дата обращения: 01.02.2026). DOI: 10.17513/use.37789.

17. Иконников Д. С., Калмина О. А. Одонтологические материалы Армиевского могильника V–VII вв. // Вестник ПензГУ. 2017. № 4 (20). URL: [https://vestnik.pnzgu.ru/files/vestnik.pnzgu.ru/vestnik\\_2017\\_4.pdf?ysclid=mljrd8dkt3666255623](https://vestnik.pnzgu.ru/files/vestnik.pnzgu.ru/vestnik_2017_4.pdf?ysclid=mljrd8dkt3666255623) (дата обращения: 04.02.2026).

18. Ставицкий А. В., Андреев А. А. Топоры второго Журавкинского могильника // Поволжские финны и их соседи в средние века: материалы IV Всероссийской научной конференции (г. Саранск, 28 октября 2016 г.). Редкол.: В. В. Гришаков (отв. ред.) и др. Саранск: Мордов. гос. пед. ин-т, 2016. С. 61–67. [Электронный ресурс]. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008998971?ysclid=mljre6nww0121312965> (дата обращения: 04.02.2026).

19. Петербургский И. М. Экономический уклад мордовских племен в VIII–XV вв. // Экономическая история. 2014 № 4 (27). С. 55–70. URL: [https://jeh.isi.mrsu.ru/assets/econ\\_hist\\_2014\\_27.pdf](https://jeh.isi.mrsu.ru/assets/econ_hist_2014_27.pdf) (дата обращения: 13.12.2025).

20. Бобровский М. В. Сравнительный анализ влияния традиционных систем земледелия (подсека, перелог, трехполье) на почвенный покров Центральной России // Экология и почва. Избранные лекции X Всероссийской школы. Т. 4. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН. 2001. С. 136–145. [Электронный ресурс]. URL: [https://rusneb.ru/catalog/000200\\_000018\\_RU\\_NLR\\_bibl\\_274714/?ysclid=mljrs60ulk908561637](https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_bibl_274714/?ysclid=mljrs60ulk908561637) (дата обращения: 13.12.2025).

21. Alexandrovsky A., Ershova E., Ponomarenko E., Krenke N., Skripkin V. Floodplain Paleosols of Moskva River Basin: Chronology and Paleoenvironment // Radiocarbon. 2018. № 60 (4). P. 1169–1184. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/radiocarbon/article/abs/floodplain-paleosols-of-moskva-river-basin-chronology-and-paleoenvironment/BD1C134476B9AC4740F063782BB1E08E> (дата обращения: 13.12.2025). DOI: 10.1017/RDC.2018.73.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВНОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА «А» ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕАЛИЗАЦИИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ СПОСОБНОСТИ ФИТОПЛАНКТОНА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

**Боровкова К. А. ORCID ID 0009-0009-7810-2529,**

**Мошаров С. А. ORCID ID 0000-0002-0055-8982**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», Калининград,  
Российская Федерация, e-mail: kristina.borovkova.99@bk.ru;*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии  
имени П. П. Ширшова Российской академии наук, Москва, Российская Федерация*

Фотосинтетическая активность фитопланктона исследуется в рамках экологического мониторинга и тесно связана с параметрами окружающей среды. Одним из возможных направлений в оценке фотосинтетической активности является степень реализации фитопланктоном способности к продуцированию. Исследуемыми в работе параметрами являлись максимальная и эффективная квантовая фотохимическая эффективность фитопланктона. Целью исследования было выявление сезонных особенностей и степени реализации фотосинтетической способности фитопланктона, а также анализ ее зависимости от факторов среды. Данные были получены в 2022–2025 гг. в российском секторе юго-восточной части Балтийского моря. Установлено, что реализация фотосинтетической способности была высокой в ноябре и апреле (медианные значения более 70 %), в периоды с умеренным уровнем фотосинтетически активной радиации, что может быть связано с отсутствием теплового и светового стрессов. Снижение реализации фотосинтетической способности отмечено летом (медианные значения 20–26 %), что может объясняться негативными эффектами эвтрофикации, истощения биогенных веществ, а также теплового и светового стрессов. Выявлена слабая зависимость фотосинтетической активности от солености и концентрации хлорофилла «а». Установлена отрицательная зависимость фотосинтетической способности от мутности, что подтверждает эффективность параметра как индикатора «фоновое здоровья» фитопланктона в условиях эвтрофикации. Для полноценного анализа состояния фитопланктона необходимо сопоставление результатов с классическими методами измерения первичной продукции.

**Ключевые слова:** физиологическое состояние фитопланктона, импульсный флуориметр, экологический мониторинг

**Благодарности:** Авторы благодарят М. О. Ульянову и Л. Д. Баширову за ценные рекомендации.

## USE OF ACTIVE CHLOROPHYLL A FLUORESCENCE TO ASSESS THE PHYTOPLANKTON PHOTOSYNTHETIC CAPACITY IN THE SOUTH-EASTERN PART OF THE BALTIC SEA

**Borovkova K. A. ORCID ID 0009-0009-7810-2529,**

**Mosharov S. A. ORCID ID 0000-0002-0055-8982**

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Kant Baltic Federal University”,  
Kaliningrad, Russian Federation, e-mail: kristina.borovkova.99@bk.ru;*

*Federal State Budgetary Institution of Sciences Institute of Oceanology named after P. P. Shirshov  
of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

The photosynthetic activity of phytoplankton is studied as part of environmental monitoring and is closely related to environmental parameters. One possible approach to assessing photosynthetic activity is to measure the extent to which phytoplankton is able to produce. The parameters studied in this work were the maximum and effective quantum photochemical efficiency of phytoplankton. The goal of this study was to identify the seasonal patterns and extent of phytoplankton's photosynthetic capacity, as well as to analyze its dependence on environmental factors. The data were obtained in 2022–2025 in the Russian sector of the southeastern part of the Baltic Sea. It was found that the realization of the photosynthetic capacity was high in November and April (median values exceeding 70 %), during periods with moderate levels of photosynthetically active radiation, which is due to the absence of thermal and light stress. A decrease in the realization of photosynthetic capacity was observed in summer (median values of 20–26 %), which is explained by the negative effects of eutrophication, depletion of biogenic substances, and thermal and light stress. A weak dependence of photosynthetic activity on salinity and chlorophyll “a” concentration was revealed. A negative dependence of photosynthetic capacity on turbidity was established, which confirms the effectiveness of this parameter as an indicator of the “background health” of phytoplankton under conditions of eutrophication. To fully analyze the state of phytoplankton, it is necessary to compare the results with classical methods of measuring primary production.

**Keywords:** physiological state of phytoplankton, pulse fluorimeter, environmental monitoring

**Acknowledgements:** The authors thank M. O. Ulyanova and L. D. Bashirova for their valuable recommendations.

### Введение

В 2021 г. в юго-восточной части Балтийского моря организована морская площадка карбонового полигона «Росьянка» в рамках пилотного проекта Минобрнауки России (оператор – Балтийской федеральный университет им. И. Канта). Мониторинговые исследования направлены на оценку потоков парниковых газов в морской экосистеме в условиях региональных изменений климата. Данные о фотосинтетической способности фитопланктона необходимы для выявления влияния климатической и экологической изменчивости на фитопланктон и, как следствие, на скорость фотосинтетической фиксации углерода [1, 2]. Фотосинтетическая способность фитопланктона зависит от факторов среды, а также от внутриклеточных процессов, направленных на оптимизацию преобразования световой энергии в углеродную биомассу и предотвращение внутриклеточных повреждений [2]. Основным методом оценки фотосинтетической способности является измерение активной флуоресценции хлорофилла «а», позволяющее неинвазивно определять такие параметры, как максимальная квантовая эффективность фотосистемы II ( $F_v/F_m$ ) и эффективная квантовая эффективность фотосистемы II (QY). Оба параметра характеризуют вероятность того, что поглощенный квант света инициирует реакцию, которая приводит к преобразованию энергии возбуждения/света в химическую энергию.  $F_v/F_m$  характеризует максимальную квантовую эффективность при оптимальных условиях, когда отсутствуют физиологические механизмы и внешние факторы, подавляющие фотосинтез, в то время как QY отражает фактическую квантовую эффективность при текущих условиях освещенности [3]. При благоприятных условиях и высокой активности фитопланктона значение QY будет максимально приближаться к значению  $F_v/F_m$ . Хорошо известно, что фотосинтетическая активность и светособирающие характеристики фитопланктона сильно различаются в зависимости от условий окружающей среды (в особенности фотосинтетически активной радиации (ФАР)) и сезонных циклов [3]. Поэтому физиологическое состояние фитопланктона является важнейшим фактором, регулирующим распределение фитопланктона и его первичную продуктивность в море. Предыдущие исследования показали, что  $F_v/F_m$  имеет ярко выраженную сезонную изменчивость [4, 5]. Однако лишь в немногих исследованиях измерялась QY

[5, 6], а анализ соотношения  $F_v/F_m$  и QY для Балтийского моря не проводился.

**Цель исследования** – выявление сезонных особенностей и степени реализации фотосинтетической способности фитопланктона, а также анализ ее зависимости от факторов среды.

### Материалы и методы исследования

Исследования выполнялись в период с 2022 по 2025 г. в российском секторе юго-восточной части Балтийского моря: в апреле 2025, мае 2023, июне 2024, июле 2022, июле 2025, августе 2024 и ноябре 2023. Количество проб для каждого месяца составляло от 6 до 15, максимальное количество проб отобрано в июле. Отбор проб воды осуществлялся гидрологическим комплексом MWS Slimline, оснащенный батометрами Нискина объемом 5 и 10 л. Данные по температуре (°C), солёности (ЕПС) и мутности (ЕМФ) были получены с помощью мультипараметрического зонда SAIV SD208. Концентрация хлорофилла «а» была получена с помощью погружного флуориметра Seapoint Chlorophyll Fluorometer, диапазон 0–75 мкг/л. ФАР (мкмоль фотонов/м<sup>2</sup> в с) фиксировалась параллельно с измерениями активной флуоресценции подводным и надводным датчиками LI-190R и LI-192, и интегратора DataLogger LI-1500. Измерения параметров активной флуоресценции хлорофилла «а» проводились с помощью флуориметра WATER-PAM-II (Walz, Германия). Перед измерениями пробы выдерживались в темноте 20 мин [3]. QY и ( $F_v/F_m$ ) являются безразмерными величинами и рассчитывались согласно методике, описанной в предыдущих работах [4, 7]. Степень реализации фотосинтетической способности фитопланктона в конкретных условиях рассчитывалась как отношение  $CP_\phi = QY/(F_v/F_m)$ . Анализ данных проводился для поверхностного слоя моря. Согласно проведенному нами тесту Шапиро – Уилка, показатели активной флуоресценции характеризуются ненормальным распределением, поэтому для анализа связи между переменными использовался метод корреляций Спирмена [8].

### Результаты исследования и их обсуждение

Диапазон значений температуры воды в период исследований составил 5,3–21,3°C. Минимальные значения зафиксированы в апреле (5–8 °C), максимальные – в летний период (июнь – август: 16–21 °C). В ноябре значения температуры находились в преде-

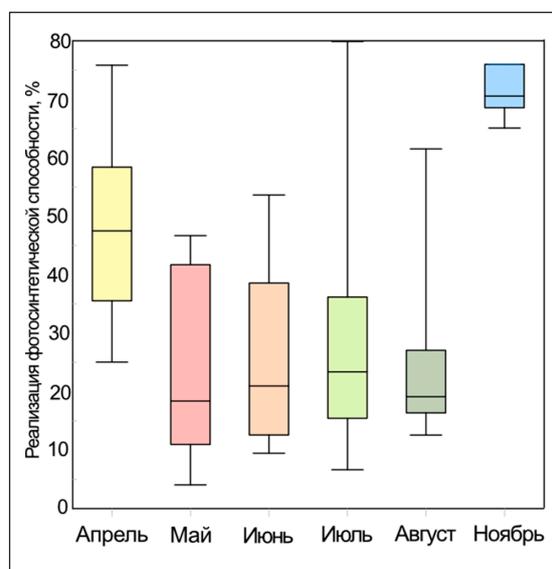
лах 8–11 °С. Значения солености в течение года изменялись незначительно с минимумом летом. Медианное значение составило 7,20 в диапазоне 6,65–7,67 ЕПС. Диапазон значений мутности составил 0,3–5,74 ЕМФ, медианное значение – 1,38 ЕМФ. Диапазон концентраций хлорофилла «а» составил 0,13–6,16, медианное значение – 0,945 мг/л.

Сезонная динамика QY характеризовалась высокой вариабельностью (0,03–0,48; коэффициент вариации 15 %). Медианное значение составило 0,15. Наиболее низкие значения QY отмечены в апреле – мае, что могло быть связано с адаптацией фитопланктона к увеличению светового дня и низкой температурой воды, однако минимальное за период исследований значение отмечено в июне. Пик значений наблюдался в августе. Летом отмечен значительный разброс значений, который мог обуславливаться как оптимальными условиями освещения и температуры, так и периодическими стрессами (перегрев, сокращение концентрации/содержания биогенных веществ, угнетающий уровень ФАР). Более высокие значения были характерны для ноября, что могло быть связано с адаптацией фитопланктона к низкой освещенности. Динамика  $F_v/F_m$  была схожа с динамикой QY, однако величины  $F_v/F_m$  были выше: медианное значение 0,59, диапазон – 0,24–0,71. Максимум отмечен в апреле, повышенные значения установлены весной и осенью. В летние месяцы значения достигали минимума и в целом были ниже.

Степень реализации фотосинтетической способности ( $CP_\phi$ ) показала широкий диапазон значений (от 4 до 80 %) в различные месяцы (рисунок), что говорит о сезонной изменчивости способности фитопланктона реализовывать фотосинтетический потенциал.

Максимальная величина  $CP_\phi$  (> 70 %) наблюдалась в ноябре при высоких значениях как  $F_v/F_m$ , так и QY. Однако известно, что количество первичной продукции, как и активного фитопланктона, минимально в этот период [9]. Очевидно, что, несмотря на высокую степень реализации квантовой эффективности, последующие этапы фотосинтеза были заторможены. Высокая фотосинтетическая активность также не отражает количество фитопланктона, поэтому не всегда определяет количество первичной продукции. Поэтому анализ реализации потенциала будет наиболее эффективным в случае комплексного рассмотрения с другими характеристиками фитоплан-

ктона. Летние месяцы характеризовались наименьшей величиной  $CP_\phi$  (медианные значения 20–26 %), однако более широким диапазоном значений, что говорит о нестабильных для фитопланктона условиях в этот период. Низкая величина  $CP_\phi$  летом определялась высоким  $F_v/F_m$ , но при этом крайне низким QY, что обуславливалось эффектом фотоингибирования под влиянием избыточной ФАР, а также лимитированием биогенных веществ [9]. Минимальное значение величины  $CP_\phi$  было зафиксировано в мае (4 %), наименьшие медианные значения – в мае и августе (18–19 %).



*Распределение значений степени реализации фотосинтетической способности ( $CP_\phi$ ) в юго-восточной части Балтийского моря в 2022–2025 гг. с апреля по ноябрь: величина бара соответствует центральному 50 % значений, «усы» – минимальному и максимальному значениям, горизонтальная линия в баре – медианному значению  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Примечателен высокий уровень величины  $CP_\phi$  в апреле (медианные значения: 35–57 %). Оба параметра (QY и  $F_v/F_m$ ) в этот месяц имели высокие значения, что говорит о высокой степени адаптации фитопланктона к условиям среды в этот период. Похожие результаты были получены для шельфовых вод Северной Атлантики, где QY достигал максимальных значений в апреле [5]. Авторы связывают это с «перезагрузкой» фотосинтетического аппарата после зимы: клетки имеют высокое содержание фотосинтетических пигментов

и питательных веществ, что позволяет эффективнее использовать усиливающийся свет [6]. В исследовании пресноводного озера показано, что максимальные значения как  $F_v/F_m$ , так и QY также наблюдались в апреле: авторы предположили, что холодная вода способствует более высокой эффективности фотосинтетического аппарата, так как снижает метаболические затраты на «ремонт» и уменьшает тепловое рассеяние энергии. Весенние значения  $F_v/F_m$  были близки к теоретическому максимуму (0,7), подтверждая отсутствие значительного стресса [5]. Высокий уровень  $CP_{\phi}$  в апреле подтверждается весенним пиком количества первичной продукции, который наблюдался в юго-восточной части Балтийского моря [9].

Для выявления влияния абиотических факторов на фотосинтетическую активность фитопланктона была проанализирована корреляция параметров активной флуоресценции с температурой поверхности воды, соленостью и ФАР (таблица).

Выявлена статистически значимая отрицательная корреляция между значениями  $F_v/F_m$ , QY и ФАР, что указывает на снижение параметров в случае избыточного освещения. Однако коэффициенты корреляции для  $F_v/F_m$  и QY значительно различались: так, эффект фотоингибирования слабо проявлялся в динамике  $F_v/F_m$  (корреляция с ФАР составила -0,3), однако был значительно заметен на изменении QY (корреляция с ФАР составила -0,8). Статистически значимая умеренная отрицательная корреляция была получена для значений QY и температуры (-0,38). Снижение QY на 0,37 при повышении температуры указывает на нарушение электронного транспорта при тепловом стрессе. Повышение тепловой диссипации избыточной энергии (до 80 вместо 5–10 % в оптимальных условиях) защищает фотосистемы, но снижает QY [10].

Выявлена также статистически значимая отрицательная корреляция между значениями  $F_v/F_m$  и мутности. Корреляция может быть объяснена хроническим стрессом клеток фитопланктона, которые могут испытывать резкие переходы между зонами высокой и низкой освещенности в турбулентных поверхностных мутных водах [10]. Высокая мутность также часто коррелирует с эвтрофикацией, поэтому снижение  $F_v/F_m$  при повышении мутности может свидетельствовать о хроническом стрессе фитопланктона из-за эвтрофикации: помимо уменьшения количества света изменяется спектральный состав освещения (увеличивается доля зеленого света, менее эффективного для фотосинтеза) [11]. Для прибрежных акваторий ранее было показано, что в эвтрофицированных водах высокая мутность коррелировала со снижением  $F_v/F_m$  на 30–50 % [12].

Значимой монотонной связи между параметрами флуоресценции и соленостью не обнаружено, что может быть связано с незначительной изменчивостью солености, не влияющей на фитопланктон в связи с осморегуляцией клеток. Высокая осмотическая толерантность многих морских микроводорослей, способных поддерживать фотосинтетическую активность, отмечалась ранее даже при значительных колебаниях солености [13]. Не обнаружено также связи хлорофилла «а» с параметрами активной флуоресценции. Таким образом, концентрация хлорофилла, получаемая с помощью зондового флуориметра, не дает информации о фотосинтетической активности, что может иметь как методологические, так и физиологические причины. Результаты согласуются с предыдущими комплексными исследованиями [14, 15], которые показали, что в смешанных фитопланктонных сообществах корреляция между хлорофиллом и фотосинтетическими параметрами часто слабая или отсутствует.

Коэффициенты корреляции Спирмена между фотосинтетическими параметрами и факторами среды

Параметр	Температура, °С	ФАР, мкмоль фот/м <sup>2</sup> в с	Соленость, ЕПС	Мутность, ЕМФ	Хл «а», мг/л
$F_v/F_m$	-0,22; p = 0,06; n = 66	-0,33; p < 0,006; n = 66	0,13; p = 0,29; n = 66	-0,43; p = 0,003; n = 44	-0,076; p = 0,61; n = 44
QY	-0,38, p = 0,0019; n = 66	-0,81; p < 0,0001; n = 66	0,06; p = 0,649; n = 66	-0,23; p = 0,116; n = 44	0,24; p = 0,102; n = 44

Примечание: составлен авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Как показано в данной работе, мониторинг только  $F_v/F_m$ , являющегося консервативным показателем «здоровья» фотосинтетического аппарата фитопланктона, может не выявить текущего светового и теплового стресса. В то же время анализ только QY, значительно зависящий от мгновенного уровня ФАР, не дает информации об уровне адаптации фитопланктона к условиям среды. Таким образом, соотношение QY и  $F_v/F_m$  служит эффективным индикатором, позволяющим определить как кратковременное стрессовое воздействие среды, так и долговременную адаптацию фитопланктона к условиям обитания: высокие значения соотношения (> 60–80 %) указывают на эффективное использование поглощенной энергии, низкие значения (< 30–40 %) свидетельствуют о значительных потерях энергии на нефотохимическое тушение. Данный анализ позволяет оперативно оценить, в какой мере текущие условия среды позволяют фитопланктону реализовать свой фотосинтетический потенциал, что важно для понимания регуляции первичной продукции в юго-восточной Балтике, подверженной эвтрофированию и климатическим изменениям.

### Заключение

В 2022–2025 гг. получены натурные данные о сезонной изменчивости фотосинтетической способности фитопланктона и степени ее реализации в юго-восточной части Балтийского моря, а также рассмотрены зависимости между параметрами фотосинтетической активности и абиотическими факторами. Установлено, что степень реализации фотосинтетической способности, выраженная через соотношение QY/ $F_v/F_m$ , была высокой в ноябре и апреле (медианные значения более 70 %), в периоды с умеренным уровнем ФАР, что связано с отсутствием теплового и светового стрессов. Низкий уровень реализации фотосинтетической способности отмечен в летние месяцы (медианные значения составили 20–26 %), что объясняется негативными эффектами эвтрофикации, истощением биогенных веществ, а также теплового и светового стрессов.

Значимых корреляций между параметрами флуоресценции, соленостью и хлорофиллом «а», измеренным с помощью погружного флуориметра, не было обнаружено. Однако установлена отрицательная зависимость значений  $F_v/F_m$  от значений мутности и температуры, что важно для оценки трофического статуса водоемов, так

как данный параметр может стать эффективным индикатором «фонового здоровья» фитопланктона и подтверждать интенсивность эвтрофикации. Наиболее сильная отрицательная зависимость от ФАР была установлена для QY, что говорит о том, что показатель QY лучше отражает эффект фотоингибирования, чем  $F_v/F_m$ , что важно в рамках экологического мониторинга. Таким образом, для полноценного анализа состояния и продуктивности фитопланктона *in situ* необходимо одновременное использование обоих флуоресцентных параметров, а также сопоставление результатов с классическими методами измерения первичной продукции. Дальнейшей перспективой авторы также видят анализ влияния групп водорослей на показатели флуоресценции фитопланктона.

### Список литературы

1. Bashirova L., Sivkov V., Ulyanova M., Gavrikov A., Artamonov A. Climate and environmental monitoring of the Baltic Sea: general principles and approaches // RT&A. 2023. Special Issue 5 (18). P. 164–171. URL: <https://istina.msu.ru/publications/article/604516938/> (дата обращения: 05.02.2026). DOI: 10.24412/1932-2321-2023-575-164-171.
2. Viitasalo M., Bonsdorff E. Global climate change and the Baltic Sea ecosystem: direct and indirect effects on species, communities and ecosystem functioning // Earth System Dynamics. 2022. Vol. 13. Is. 2. P. 711–747. URL: <https://esd.copernicus.org/articles/13/711/2022/esd-13-711-2022.html> (дата обращения: 05.02.2026). DOI: 10.5194/esd-13-711-2022.
3. Falkowski P. G., Raven J. A. Aquatic photosynthesis // Princeton University Press, 2013. P. 488. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.researchgate.net/publication/41931921> (дата обращения: 05.02.2026). ISBN 1400849721.
4. Mosharov S. A., Mosharova I. V., Dmitrieva O. A. et al. Seasonal variability of plankton production parameters as the basis for the formation of organic matter flow in the southeastern part of the Baltic Sea // Water. 2022. Vol. 14. P. 4099. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/24/4099> (дата обращения: 01.02.2026). DOI: 10.3390/w14244099.
5. Callieri C., Piscia R. Photosynthetic efficiency and seasonality of autotrophic picoplankton in lago Maggiore after its recovery // Freshwater Biology. 2002. Vol. 47. Is. 5. P. 941–956. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=1204632> (дата обращения: 18.01.2026). DOI: 10.1046/j.1365-2427.2002.00821.x
6. Moore C. M., Suggett D. J., Hickman A. E., Kim Y. N., Tweddle J., Sharples J., Geider R. J., Holligan P. M. Phytoplankton photoacclimation and photoadaptation in response to environmental gradients in a shelf sea // Limnology and Oceanography. 2006. Vol. 51. Is. 2. P. 936–949. URL: <https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/> (дата обращения: 03.02.2026). DOI: 10.4319/lo.2006.51.2.0936.
7. Mosharov S., Mosharova I., Borovkova K., Bubnova E. Variability of primary productivity as an initial link in carbon flux under the influence of hydrological conditions in the Baltic Sea // Russian Journal of Earth Sciences. 2024. Vol. 24. Is. 2. P. 1–14. URL: <https://rjes.ru/ru/nauka/article/70668/view> (дата обращения: 03.02.2026). DOI: 10.2205/2024ES000888.
8. Савенкова Е. Н., Коваль А. В. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. СПб.: ЛЕМА, 2025. 93 с. ISBN 978-5-00105-998-1. EDN: GDNKCK.
9. Кудрявцева Е. А., Буканова Т. В., Александров С. В. Моделирование первичной продукции в юго-восточной части Балтийского моря // Известия КГТУ. 2022. Т. 64. С. 11–22. URL: <https://journal.kgtu.ru/jour/article/view/111> (дата обращения: 22.01.2026). DOI: 10.46845/1997-3071-2022-64-11-22.

10. Solovchenko A., Lukyanov A., Vasilieva S., Lobakova E. Chlorophyll fluorescence as a valuable multitool for microalgal biotechnology // *Biophysical Reviews*. 2022. Vol. 14. Is. 4. P. 973–983. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12551-022-00951-9> (дата обращения: 22.01.2026). DOI: 10.1007/s12551-022-00951-9.
11. Cloern J. E. Turbidity as a control on phytoplankton biomass and productivity in estuaries // *Continental shelf research*. 1987. Vol. 7. Is. 11–12. P. 1367–1381. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article> (дата обращения: 22.01.2026). DOI: 10.1016/0278-4343(87)90042-2.
12. Wang Y. et al. Phytoplankton blooms off a high turbidity estuary: A case study in the Changjiang River Estuary // *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 2019. Vol. 124. Is. 11. P. 8036–8059. DOI: 10.1029/2019jc015343.
13. Novosel N., Mišić Radić T., Levak Zorinc M., Zemla J., Lekka M., Vrana I., Gašparović B., Horvat L., Kasum D., Legović T., Žutinić P., Gligora Udovič M., Ivošević DeNardis N. Salinity-induced chemical, mechanical, and behavioral changes in marine microalgae // *Journal of applied phycology*. 2022. Vol. 34. Is. 3. P. 1293–1309. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-022-02734-x> (дата обращения: 22.01.2026). DOI: 10.1007/s10811-022-02734-x.
14. Hughes D. J., Crosswell J. R., Doblin M. A., Oxborough K., Ralph P. J., Varkey D., Suggett D. J. Dynamic variability of the phytoplankton electron requirement for carbon fixation in eastern Australian waters // *Journal of Marine Systems*. 2020. Vol. 202. P. 103252. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2019.103252.
15. Stoń-Egiert J., Ostrowska M. Long-term changes in phytoplankton pigment contents in the Baltic Sea: Trends and spatial variability during 20 years of investigations // *Continental Shelf Research*. 2022. Vol. 236. P. 104666. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027843432200022X> (дата обращения: 22.01.2026). DOI: 10.1016/j.csr.2022.104666.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Измерение и анализ температуры и солености воды выполнены в рамках государственного задания Минобрнауки России для ИО РАН (тема № FMWE-2024-0025). Измерение и анализ фотосинтетической способности фитопланктона выполнены при поддержке государственного задания БФУ им. И. Канта (тема № FZWM-2024-0015). Экспедиционные работы выполнены с использованием оборудования уникальной научной установки ПС «Академик Иоффе» в составе ЦКП «Научный флот ИО РАН».

**Financing:** Measurement and analysis of water temperature and salinity were carried out as part of the state assignment Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for IO RAS (theme No. FMWE-2024-0025). Measurement and analysis of the photosynthetic capacity of phytoplankton were performed within the state assignment of the Immanuel Kant Baltic Federal University (BFU) (Project No. FZWM-2024-0015). Field studies were carried out using the equipment of the USF RV “Akademik Ioffe” as part of the Center for the collective use of scientific equipment “Scientific fleet of IO RAS”.



## СОДЕРЖАНИЕ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДЕ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ВОРОНЫ В 2024 ГОДУ

**Буковский М. Е. ORCID ID 0000-0002-2773-3816,**  
**Непрокина К. С. ORCID ID 0009-0004-1712-674X,**  
**Зиновьева Т. И. ORCID ID 0009-0001-6462-7510**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина», Тамбов,  
Российская Федерация, e-mail: kolkova-kseniya@mail.ru*

Речные воды подвергаются антропогенному загрязнению, в том числе микропластиком. Пресные речные воды являются местообитанием многочисленных гидробионтов и играют важную роль в водоснабжении населенных пунктов. Целью исследования является оценка содержания частиц микропластика в воде в среднем течении р. Вороны в 2024 г. В методическую основу исследования положена методика «Лабораторные методы анализа микропластика в морской среде: рекомендации для количественного анализа синтетических частиц в воде и донных отложениях (программа исследования морского мусора NOAA)». В работе проанализированы данные о распределении частиц микропластика в пробах воды в зависимости от размера частиц, а также о процентном соотношении частиц в зависимости от их вида и цвета. В ходе анализа выявлено, что исследуемая река способна к самоочищению, но города оказывают негативное влияние с точки зрения загрязнения микропластиком. Подавляющее число обнаруженных частиц микропластика относится к фракции менее 2 мм и является волокнами. Самые распространенные цвета частиц микропластика – белый, красный, синий и черный, они составляют максимальный совокупный процент от общего числа обнаруженных частиц. Исследование имеет практическую значимость для ведения хозяйственной деятельности и организации природоохранных мероприятий на территориях Кирсановского и Уваровского муниципальных округов.

**Ключевые слова:** микропластик, загрязнение рек, мониторинг качества воды, река Ворона

## THE CONTENT OF MICROPLASTIC PARTICLES IN THE WATER IN THE MIDDLE REACHES OF THE VORONA RIVER IN 2024

**Bukovskiy M. E. ORCID ID 0000-0002-2773-3816,**  
**Neprokina K. S. ORCID ID 0009-0004-1712-674X,**  
**Zinoveva T. I. ORCID ID 0009-0001-6462-7510**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
“Tambov State University named after G. R. Derzhavin”, Tambov,  
Russian Federation, e-mail: kolkova-kseniya@mail.ru*

River waters are subject to anthropogenic pollution, including microplastics. Fresh river waters are the habitat of numerous aquatic organisms and play an important role in the water supply of settlements. The aim of the study is to estimate the content of microplastic particles in the water in the middle reaches of the Vorona River in 2024. The methodological basis of the study is based on the methodology “Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments (NOAA Technical Memorandum)”. The paper analyzes data on the distribution of microplastic particles in water samples depending on the particle size, as well as the percentage of particles depending on their type and color. The analysis revealed that the river under study is capable of self-purification, but cities have a negative impact on its pollution. The vast majority of the detected microplastic particles are less than 2 mm thick and are fibers. The most common colors of microplastic particles are white, red, blue and black, which make up the maximum cumulative percentage of the total number of detected particles. The research has practical significance for the management of economic activities and the organization of environmental protection measures in the territories of Kirsanovsky and Uvarovsky municipal districts.

**Keywords:** microplastics, river pollution, water quality monitoring, Vorona River

### Введение

Пресная вода – ценнейший ресурс планеты, поддерживающий существование жизни на ней. Она составляет всего около 3 % от общего запаса воды на Земле [1]. А доля пресной воды, сосредоточенной в реках, всего лишь 0,49 % [2].

Тем не менее именно речная вода является местообитанием многочисленных

пресноводных гидробионтов [3] и в ряде случаев служит источником питьевого водоснабжения человека [4]. Поэтому важно сохранять реки чистыми. Однако в современном мире в связи с ростом урбанизированных территорий и увеличением антропогенной нагрузки на речные экосистемы задача по сохранению рек от загрязнений представляется трудной [5].

Помимо этого, с развитием химической промышленности реки подвергаются загрязнению все новыми видами ксенобиотиков. Одними из самых распространенных из них являются пластиковые отходы, объемы которых приобрели катастрофические планетарные масштабы [1; 6; 7]. Особую опасность представляют собой частицы микропластика, которые образуются из пластиковых изделий под воздействием различных факторов. Имея размер 0,001–5 мм, частицы микропластика могут беспрепятственно попадать в органы желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и дыхательную систему живых организмов с водой, пищей и воздухом [8]. Находясь непосредственно в организме, микропластиковые частицы способны вызывать различные воспалительные процессы, непроходимость кишечника, выделять токсичные вещества, распадаться до наноразмерных частиц. Последние, в свою очередь, способны проникать сквозь барьерные механизмы живых организмов, попадая в кровоток, и разноситься по всем органам и тканям, нанося непоправимый ущерб [9–11].

Несмотря на то, что загрязнением водных экосистем ученые занимаются уже несколько десятилетий, нормативная база, регламентирующая допустимое содержание частиц микропластика в воде, отсутствует. В первую очередь потому, что еще не до конца изучено влияние этих частиц на живые организмы [8]. И пока одни исследователи изучают это влияние, другие занимаются мониторингом загрязнения различных сред и продуктов питания частицами микропластика и путей их миграции.

Река Ворона – правый приток Хопра (бассейн Дона). Является одной из самых крупных рек Тамбовской области [12, с. 22]. Имеет важное рекреационное, хозяйственное и природоохранное значение. На берегах расположены многочисленные пляжи, ведется круглогодичная рыбалка, в летнее время осуществляются байдарочные сплавы, имеются водозаборные станции для нужд населения и предприятий, расположен заповедник «Воронинский» [13].

Вышеизложенные факты подтверждают актуальность изучения загрязнения р. Вороны на территории Тамбовской области частицами микропластика.

**Цель исследования** – оценить содержание частиц микропластика в воде в среднем течении р. Вороны в 2024 г.

#### **Материалы и методы исследования**

Материалом для исследования стали пробы воды поверхностного слоя (0–20 см)

р. Вороны, отобранные у г. Кирсанова, заповедника «Воронинский» и г. Уварово.

Отбор проб воды осуществлялся на шести створах в августе 2024 г. Схематичное расположение пунктов отбора проб представлено на рис. 1:

- створ 1 (с. Терны) – выше по течению от г. Кирсанова;
- створ 2 (с. Калаис) – ниже по течению от г. Кирсанова;
- створ 3 (с. Вячка) – выше по течению от заповедника «Воронинский»;
- створ 4 (р. п. Инжавино) – ниже по течению от заповедника «Воронинский»;
- створ 5 (г. Уварово) – выше по течению от г. Уварово;
- створ 6 (с. Моисеево) – ниже по течению от г. Уварово.

Отбор проб воды осуществлялся с помощью сачка, изготовленного из металлической нержавеющей сетки. Размер ячеек – 40 мкм. Пробы воды были 2 м<sup>3</sup> каждая.

Исследования воды проводились согласно методике «Лабораторные методы анализа микропластика в морской среде: рекомендации для количественного анализа синтетических частиц в воде и донных отложениях (программа исследования морского мусора NOAA)» [14].

Для проведения контроля загрязнения проб и обеспечения качества их анализа на содержание частиц микропластика в процессе этапа микроскопического исследования использовался метод «холостых проб», позволяющий определить уровень загрязнения пробы из воздуха и провести корректировку полученных при микроскопии данных [15].

Качественный анализ микропластиковых частиц осуществлен с помощью метода «горячей иглы», модернизированного авторами [16]. Модернизация заключалась в том, что авторы использовали паяльник с заточенным жалом (пятно контакта 0,5 мм) в качестве иглы.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

В ходе проведения микроскопических исследований, полученных в процессе пробоподготовки образцов, было обнаружено следующее количество частиц микропластика, шт: с. Терны – 31, с. Калаис – 38, с. Вячка – 35, р. п. Инжавино – 81, г. Уварово – 47, с. Моисеево – 39. Таким образом, минимальное количество частиц микропластика идентифицировано на створе 1, максимальное – на створе 4. Результаты, полученные в ходе исследования данных частиц, представлены на рис. 2–4.

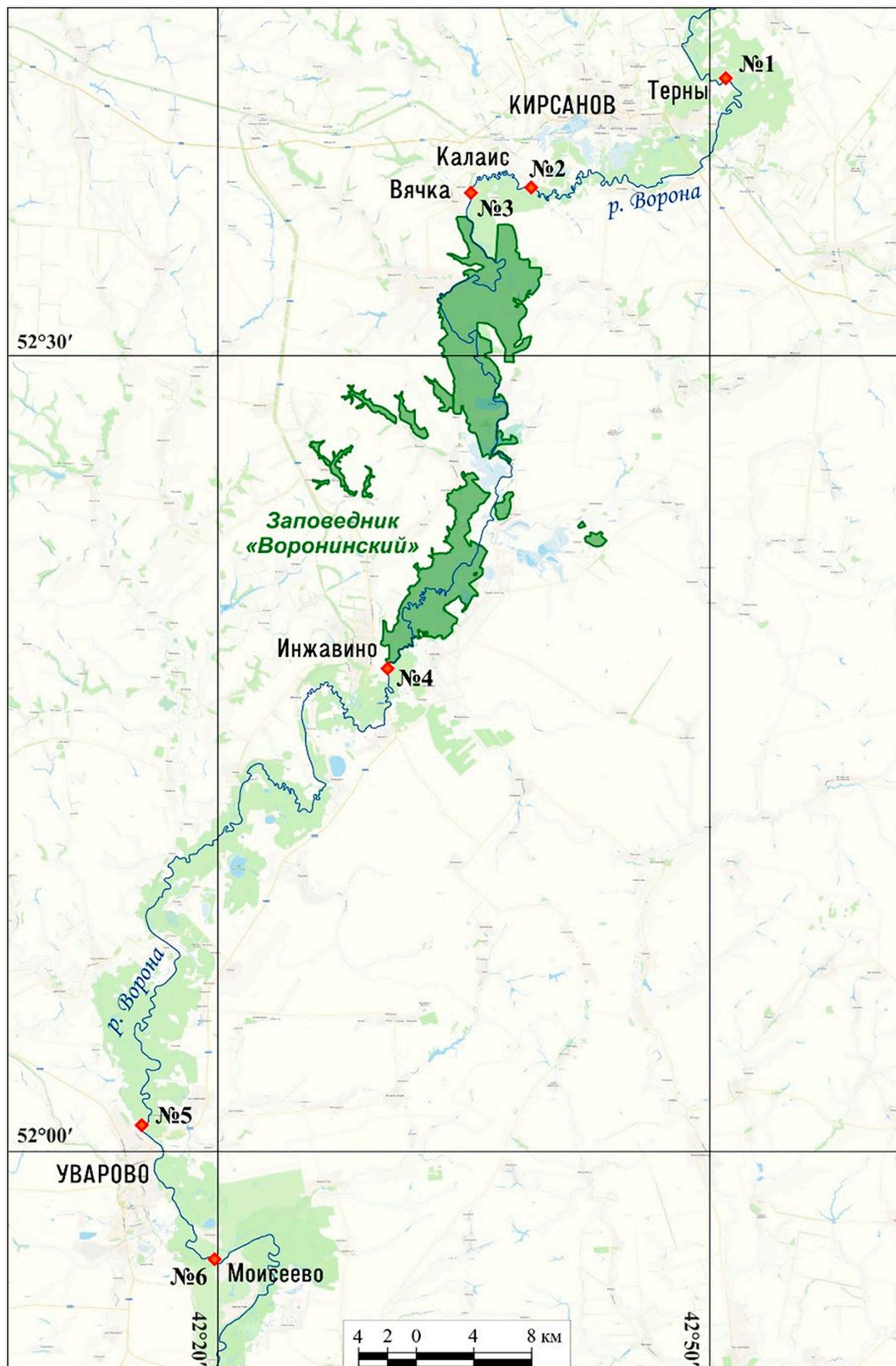


Рис. 1. Карта-схема мест отбора проб воды

Примечание: составлен авторами с использованием картографической основы сервиса «Яндекс Карты» ([https://yandex.ru/maps/?ll=42.785797%2C52.310669&mode=poi&poi%5Bpoint%5D=42.612161%2C52.458862&poi%5Buri%5D=ymaps%2C52.310669%2C52.458862&source=serp\\_navig&z=9.6](https://yandex.ru/maps/?ll=42.785797%2C52.310669&mode=poi&poi%5Bpoint%5D=42.612161%2C52.458862&poi%5Buri%5D=ymaps%2C52.310669%2C52.458862&source=serp_navig&z=9.6))

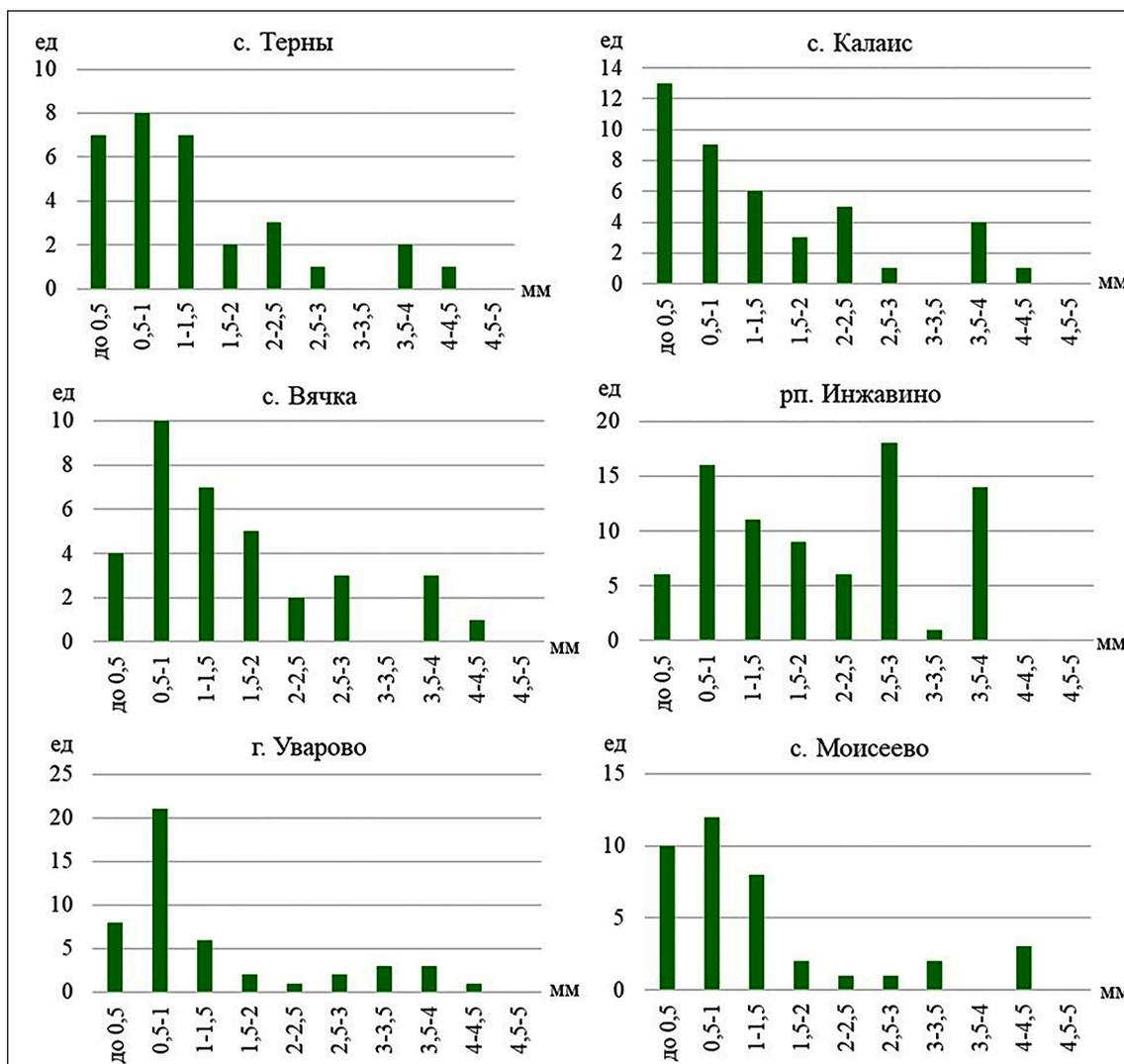


Рис. 2. Распределение частиц микропластика в пробах воды в зависимости от размера частиц  
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

На рис. 2 представлены диаграммы, позволяющие нам сделать выводы о распределении частиц микропластика в пробах воды в зависимости от размера частиц. Видно, что содержание частиц того или иного размера в отобранных пробах воды неравномерно.

Однако имеется одна общая тенденция практически для всех створов: наибольшая часть обнаруженных частиц пластика своими размерами относится к достаточно мелким фракциям и лежит в диапазоне менее 2 мм по самой длинной стороне. В среднем к указанному диапазону относится около 73 % идентифицированных частиц микропластика. А самые распространенные размеры – менее 1 мм.

Лишь створ «Инжавино» выбивается из общей тенденции. Здесь максимальное ко-

личество частиц микропластика сосредоточено в диапазоне до 2,5 мм, и это всего 52 % от общего числа частиц. Помимо этого значимое количество микропластиковых частиц относятся к диапазонам 2,5–3 и 3,5–4 мм.

Частиц размером более 4,5 мм не было обнаружено ни на одном из створов.

Анализируя диаграммы процентного соотношения частиц микропластика в пробах воды в зависимости от вида частиц на рис. 3, можно сделать выводы о том, что подавляющее количество обнаруженных частиц представлено волокнами на всех створах и в среднем составляет более 94 %. На всех створах единично встречаются фрагменты. Пленочные частицы микропластика обнаружены лишь на створах выше и ниже по течению от г. Уварово.

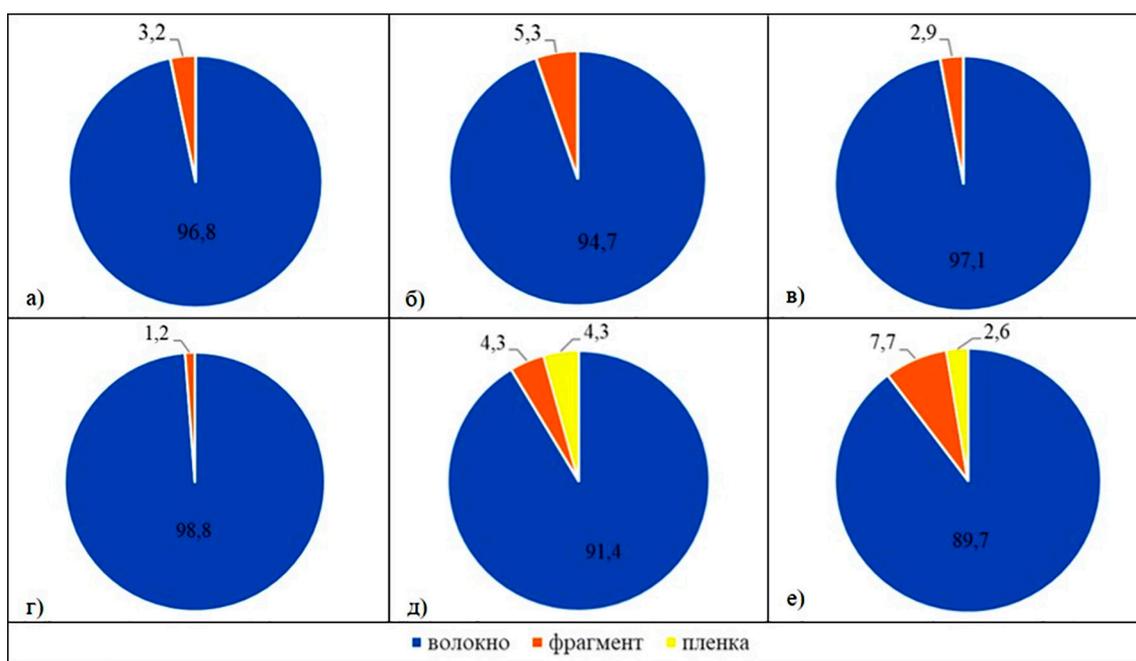


Рис. 3. Процентное соотношение частиц микропластика в пробах воды в зависимости от вида частиц: а) с. Терны, б) с. Калаис, в) с. Вячка, г) р. п. Инжавино, д) г. Уварово, е) с. Моисеево  
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

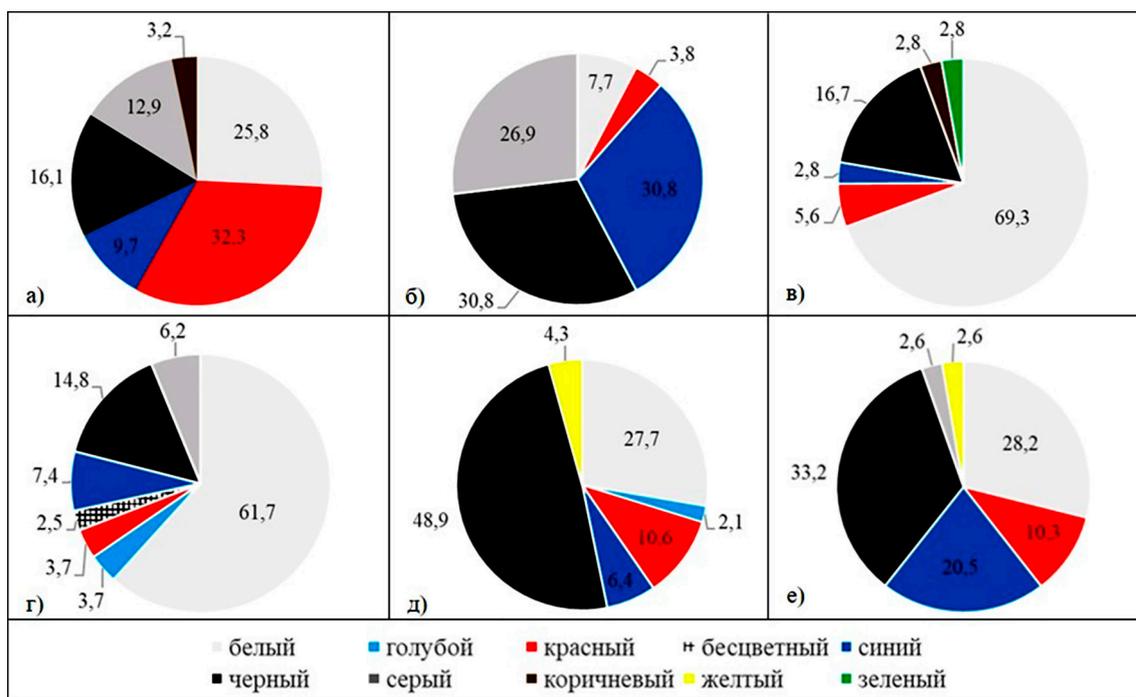


Рис. 4. Процентное соотношение частиц микропластика в пробах воды в зависимости от цвета частиц: а) с. Терны, б) с. Калаис, в) с. Вячка, г) р. п. Инжавино, д) г. Уварово, е) с. Моисеево  
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Также прослеживается следующая тенденция – доля содержания микропластиковых фрагментов увеличивается на створах ниже по течению от крупных населенных

пунктов, а на участках с минимальной антропогенной нагрузкой эта доля уменьшается. Так, максимальное содержание фрагментов микропластика обнаружено ниже

по течению г. Кирсанова и г. Уварово, а минимальное – ниже по течению от заповедника «Воронинский».

Однако обратная ситуация наблюдается с частицами микропластика в виде пленок. Их содержание в образцах воды выше по течению от г. Уварово меньше, чем в районе с. Моисеево (ниже по течению от г. Уварово). Но судить о какой-либо закономерности сложно, так как на других створах пленки обнаружены не были.

На рис. 4 видно, что процентное соотношение частиц микропластика в пробах воды в зависимости от цвета частиц неоднородно. Цвета обнаруженных частиц достаточно разнообразны. Основные цвета между створами выше и ниже по течению от городов и заповедника в целом схожи – это белый, красный, синий и черный. Доли этих цветов от общего количества на створах в районе г. Уварово и заповедника «Воронинский» отличаются не сильно. А на створах выше и ниже по течению от г. Кирсанова доли основных цветов имеют существенное различие. Остальные цвета обнаружены не на всех створах либо присутствуют в малых количествах. На створе 1 больше всего обнаружено красных и белых частиц, на створе 2 – синих, черных и серых, на створах 3 и 4 – белых, на створах 5 и 6 – черных.

### Заключение

В ходе проведенной работы авторы пришли к следующим выводам.

Река Ворона на протяжении всего участка исследования загрязнена частицами микропластика. Причем ниже по течению от городов загрязнение сильнее, а в зонах с минимальной антропогенной нагрузкой река способна к самоочищению.

Размер обнаруженных частиц микропластика достаточно разнообразен и менее 4,5 мм. Наибольшее число частиц относится к мелким фракциям до 2 мм.

Видовой состав представлен в основном волокнами и фрагментами. Причем волокна в среднем составляют более 94 % от общего числа. На створах выше и ниже по течению от г. Уварово обнаружены единичные частицы микропластика в виде пленок.

Цветовая палитра идентифицированных в пробах частиц микропластика в совокупности представлена 10 цветами. Основные из них – белый, красный, синий и черный цвета. В среднем их совокупность составляет около 87 % от общего числа частиц микропластика.

Результаты проведенного исследования имеют практическую значимость для организации и ведения хозяйственной деятельности, а также проведения природоохранных мероприятий на территориях Кирсановского и Уваровского муниципальных округов. Особый интерес работа представляет для администрации округов при принятии решений по организации систем очистки сточных вод, ликвидации и предупреждению появления несанкционированных свалок мусора на водосборных территориях р. Вороны, при проведении просветительской работы с населением по теме минимизации загрязнения окружающей среды пластиковыми отходами.

### Список литературы

1. Соколов Ю. И. Риски самого ценного ресурса планеты // Проблемы анализа риска. 2020. № 1. С. 10–23. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/riski-samogo-tseennogo-resursa-planety> (дата обращения: 05.01.2026).
2. The USGS Water Science School. The World's Water. «Water, Water, Everywhere...». [Электронный ресурс]. URL: <https://web.archive.org/web/20131214091601/http://ga.water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html> (дата обращения: 15.01.2026).
3. Кириллов А. Ф., Сидорова Л. И., Апсолихова О. Д. Гидробионты арктического пояса бассейна реки Яны // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. Т. 65. № 3. С. 62–70. DOI: 10.48612/dalrybvuz/2023-65-08. EDN: YBLIJD.
4. Семчуков А. Н., Атавин А. А., Квон В. И. Оценка условий работы речных водозаборов в нижних бьефах ГЭС при суточном регулировании стока // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 2 (530). С. 73–81. EDN: NVJZRT.
5. Богомолова Т. Г., Курочкина В. А. Загрязнение речных русел на урбанизированных территориях и инженерные мероприятия по улучшению их экологического состояния // Вестник МГСУ. 2010. № 4–2. С. 399–404. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zagryaznenie-rechnyh-rusel-na-urbanizirovannyh-territoriyah-i-inzhenernye-meropriyatiya-po-uluchsheniyu-ih-ekologicheskogo> (дата обращения: 05.01.2026).
6. Атаев З. В. Загрязнение бассейна реки Самур пластиковыми и другими бытовыми отходами // УЭПС: управление, экономика, политика, социология. 2021. № 3. С. 77–88. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48407995> (дата обращения: 05.01.2026). EDN: MAYHAX. DOI: 10.24412/2412-2025-2021-3-77-88.
7. Гальгана Ф. Океаны пластика // ARCTIC DAYS IN ST. Petersburg – 2021: International scientific cooperation in the Arctic in the era of climate change. International Scientific and Practical Conference: Abstracts (St. Petersburg, 25–26 ноября 2021 г.) СПб.: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2021. С. 150–156. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47942631&ysclid=mkzfnz24ki575546812> (дата обращения: 05.01.2026). EDN: GHFLWP.
8. ФБУЗ «Центр гигиенического образования населения» Роспотребнадзора: официальный сайт. Микропластик. [Электронный ресурс]. URL: <https://cgon.rosпотребнадzor.ru/naseleniyu/zdorovyy-obraz-zhizni/mikroplastik/?ysclid=mk1hk8dxo5625922295> (дата обращения: 05.01.2026).
9. Беседнова Н. Н., Щелканов М. Ю., Запорожец Т. С., Галкина И. В., Гмошинский И. В. Влияние микро- и нанопластика на слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта и кишечный микробиом // Вопросы питания. 2023. Т. 92. № 6 (550). С. 6–17. URL: <https://elibrary.ru/item>

asp?id=57234954 (дата обращения: 17.01.2026). EDN: JXCOHN. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-6-6-17.

10. Мамедов М. Н., Савчук Е. А. Взаимосвязь микропластиков с факторами риска развития сердечно-сосудистых заболеваний // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2024. Т. 23. № 6. С. 66–71. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=67971157> (дата обращения: 06.01.2026). EDN: NPTJZH. DOI: 10.15829/1728-8800-2024-4069.

11. Исригова Т. А., Лукин А. А. Микропластик в пищевых продуктах – потенциальная угроза здоровью человека // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2023. № 3 (80). С. 93–98. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54221670> (дата обращения: 06.01.2026). EDN: SBJAXJ. DOI: 10.33979/2219-8466-2023-80-3-93-98.

12. Дудник Н. И. Реки Тамбовской области. Тамбов: Изд-во Тамбовского государственного педагогического института, 1991. С. 22.

13. Заповедник «Воронинский»: официальный сайт. О заповеднике. [Электронный ресурс]. URL: <https://voroninsky.ru/about/> (дата обращения: 07.01.2026).

14. Masura J., Baker J., Foster G. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment. Recommendations for Quantifying Synthetic Particles in Waters and Sediments // NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48. USA. 2015. P. 39. URL: <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/10296> (дата обращения: 05.01.2026).

15. Пахомова С. В., Ершова А. А., Жданов И. А., Якушев Е. В. Методы исследования загрязнения микропластиком природных вод: современное состояние и рекомендации // Океанологические исследования. 2024. Т. 52. № 1. С. 80–120. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=68608946> (дата обращения: 07.01.2026). EDN: EUABEE. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2024;52(1):5.

16. Ершова А. А., Макеева Н. Н., Ясинский С. В. Микропластик в поверхностных и подземных водах крупного города в бассейне р. Волги (на примере Нижнего Новгорода) // Вопросы географии. 2023. № 157. С. 402–420. URL: <https://elibrary.ru/radfnh?ysclid=mkzgyz9ne123961004> (дата обращения: 07.01.2026). EDN: RADFHN. DOI: 10.24057/probl.geogr.157.21.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ДИНАМИКА ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Меринова Ю. Ю. ORCID ID 0000-0002-0658-4452,  
Эртель А. Б., Хаванский А. Д., Левченко С. В.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Российская Федерация,  
e-mail: yuliyamerinova@yandex.ru*

Исследование посвящено анализу динамики демографических процессов в Ростовской области с целью выявления пространственно-временных особенностей формирования демографической ситуации региона, включая как городские округа, так и муниципальные районы. Для анализа демографических показателей области учитывались изменения в численности и плотности населения, естественное и механическое движение, распределение трудоспособного населения за прошедшие 30 лет. Для определения пространственных закономерностей развития области регион рассматривался в рамках территориальных природно-антропогенных комплексов – территорий, сочетающих в себе схожие природно-климатические условия и виды производственной деятельности. Выявлены территории области с благоприятной, относительно удовлетворительной и неблагоприятной демографической ситуацией. В Ростовской области сохраняются территориальные диспропорции в размещении населения: большая часть жителей сосредоточена в агломерационных зонах, тогда как северные и юго-восточные районы демонстрируют низкую заселенность. С 1990-х гг. в регионе, за исключением крупных городов, наблюдается устойчивая естественная убыль населения, которая не компенсируется миграцией в полной мере. Северо-восточные районы области с преобладанием аграрного сектора в экономике испытывают депопуляцию, тогда как индустриально развитые высокоурбанизированные юго-западные территории сохраняют относительную демографическую стабильность.

**Ключевые слова:** Ростовская область, демографическая ситуация, динамика численности населения, воспроизводство, трудоспособное население

## THE DEMOGRAPHIC SITUATION IN THE ROSTOV REGION: FEATURES OF THE FORMATION AND DYNAMICS

Merinova Yu. Yu. ORCID ID 0000-0002-0658-4452,  
Ertel A. B., Khavanskiy A. D., Levchenko S. V.

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
“Southern Federal University”, Rostov-on-Don, Russian Federation,  
e-mail: yuliyamerinova@yandex.ru*

The study analyzes demographic processes in the Rostov Region to identify spatial and temporal characteristics of the demographic situation, including urban and rural areas. To analyze demographic indicators in the region, the dynamics of population size and density, as well as natural and migration movements. We also considered the distribution of able-bodied population across territorial natural and human-made complexes, which are identified based on a combination of environmental conditions and specific types of economic activities. As a result, territories with favorable, relatively favorable, and unfavorable demographic situations were identified in the region. There are still disparities in population distribution across the Rostov Region, with most inhabitants concentrated in urban agglomerations, while the north and southeast regions exhibit low population densities. Since the 1990s, except for large cities, the region has experienced a steady natural decline in population, which cannot be fully offset by migration. The northeastern regions, with their predominant agricultural sector, are experiencing population decline, while the industrialized and highly urbanized southwest maintains relative demographic stability.

**Keywords:** Rostov region, demographic situation, population dynamics, population reproduction, working-age population

### Введение

В настоящее время демографические аспекты приобретают особое значение в развитии Российской Федерации и ее субъектов, что отражается в значительном количестве научных исследований, посвященных анализу влияния населения на устойчивое развитие региональных систем [1–3]. Негативные демографические процессы: снижение численности и старение населения, пре-

обладание смертности над рождаемостью, уменьшение трудовых ресурсов, диспропорции в размещении населения – приводят к возникновению социально-экономических и экологических проблем и дисбалансу развития регионов [4–6].

Регионы России занимают обширные территории с различными природными и социально-экономическими условиями. Эта неоднородность оказывает значительное

влияние на размещение населения и формирование демографических показателей как в отдельных территориальных образованиях, городских и сельских, так и в регионе в целом [7–9]. В связи с этим важна комплексная демографическая оценка региона и входящих в него городов и районов [10].

**Цель исследования** – выявление пространственно-временных особенностей формирования и изменения демографической ситуации в муниципальных образованиях Ростовской области, рассмотренных через комплекс показателей численности, размещения, естественного и механического движения населения в многолетней динамике.

#### **Материалы и методы исследования**

В основу работы положен большой объем географической и демографической информации из официальных статистических сборников по Ростовской области, на основании которой составлены карты пространственного распределения демографических показателей, построены графики их многолетней динамики, выполнена оценка изменения численности населения территориальных образований региона. В работе использованы материалы эколого-географического атласа Ростовской области [11, с. 41–49]. Для оценки демографической ситуации применялись следующие показатели: численность и плотность населения, естественный и миграционный прирост (убыль), изменение численности населения, нагрузка на трудоспособное население.

Анализ демографических показателей производился для городских округов и муниципальных районов Ростовской области, а также для территориальных природно-антропогенных комплексов (ТПАК) [12; 13] – локальных пространственных образований, выделяющихся на основании сочетания относительно однородных природных условий, типов хозяйствования, социально-экономического развития и экологического состояния.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

*Численность и плотность населения.* Ростовская область является шестым по численности населения субъектом Российской Федерации. На начало 2024 г. количество жителей области достигло 4152,5 тыс. чел., из которых 2816 тыс. чел. (67,8%) – городское население, 1336 тыс. чел. (32,2%) – сельское.

В размещении населения региона выделяются определенные особенности.

Наибольшая концентрация населения (2199 тыс. чел.) наблюдается в Юго-Западном ТПАК (рис. 1). Здесь находится крупный город – Ростов-на-Дону (1135,9 тыс. чел.), который является административным, промышленным и финансовым центром области. Он также является ядром Ростовской агломерации, в которую входят города с высокой численностью населения Таганрог (242,3 тыс. чел.), Новочеркасск (160,7 тыс. чел.), Батайск (125,5 тыс. чел.) и наиболее крупные по численности населения сельские районы – 53–123 тыс. чел. На этой же территории отмечается наибольшая плотность населения – 184,8 чел./км<sup>2</sup>, при среднем показателе по региону – 41,1 чел./км<sup>2</sup>. Наибольшая концентрация населения приходится на городские округа, в первую очередь Ростов-на-Дону (3259,4 чел./км<sup>2</sup>) и Таганрог (2550 чел./км<sup>2</sup>), в то время как в сельских районах плотность снижается до 14–105 чел./км<sup>2</sup>.

Следующей по численности населения (874,3 тыс. чел.) и плотности (65,4 чел./км<sup>2</sup>) является территория Восточного Донбасса (Донецкий ТПАК), на которой расположены шахтерские города: Шахты, Новошахтинск, Каменск-Шахтинский и др., с численностью 20–222 тыс. чел. и плотностью от 400 до 1400 чел./км<sup>2</sup>. В сельских административных районах этой зоны количество жителей составляет 31–89 тыс. чел., а плотность 14–37 чел./км<sup>2</sup> (рис. 1).

Среди сельских муниципальных районов повышенной численностью и плотностью населения отличаются агропромышленные центры (Сальский, Миллеровский) и районы, включающие городские поселения (Зерноградский, Морозовский). На значительной, преимущественно центральной, части области число жителей изменяется в пределах 20–50 тыс. чел., а плотность населения составляет 10–20 чел./км<sup>2</sup>. Удаленные районы на севере и юго-востоке региона характеризуются самыми низкими минимальными показателями численности (6–30 тыс. чел.) и плотности населения (3–10 чел./км<sup>2</sup>).

*Естественный и миграционный прирост населения.* С начала 1990-х гг. в Ростовской области сформировалась устойчивая тенденция превышения смертности над рождаемостью, определяющая естественную убыль населения. В городских и сельских поселениях Восточного Донбасса и северной части области убыль достигает мак-

симальных величин (– 9,0 ÷ – 5,1 ‰) по региону. Прирост населения в 2023 г. отмечен только в Мясниковском районе (2,0 ‰), относительно низкая убыль фиксировалась в Аксайском районе (– 0,8 ‰), Батайске (– 1,2 ‰) и Ростове (– 2,5 ‰). В муниципальных образованиях на юге и юго-востоке области естественная убыль населения составляет – 1,5 ÷ – 5,0 ‰.

В Ростовской области в 2023 г. миграционный прирост составил 9912 чел., или 2,4 ‰. С 2000 г. количество прибывающих в Ростовскую область увеличилось почти в 2,5 раза, от 1 до 2,4 ‰. Самый миграционно привлекательный ТПАК расположен на юго-западе области, в зоне развития Ро-

стовской агломерации, за счет высокой концентрации населения, промышленных производств, транспортных узлов и социальной инфраструктуры [14]. Наибольший прирост мигрантов отмечается в урбанизированных территориях Мясниковского (16,6 ‰), Аксайского (9,5 ‰), Матвеево-Курганского (6,5 ‰) и Неклиновского (5,8 ‰) районов, расположенных в непосредственной близости с крупными городами и транспортными узлами, а также в Ростове-на-Дону (6,5 ‰) и Новочеркасске (5,2 ‰). Значительная убыль (– 7 ÷ – 8 ‰) происходит в Каменске-Шахтинском, Мартыновском, Милютинском, Песчанокопском и Цимлянском районах.

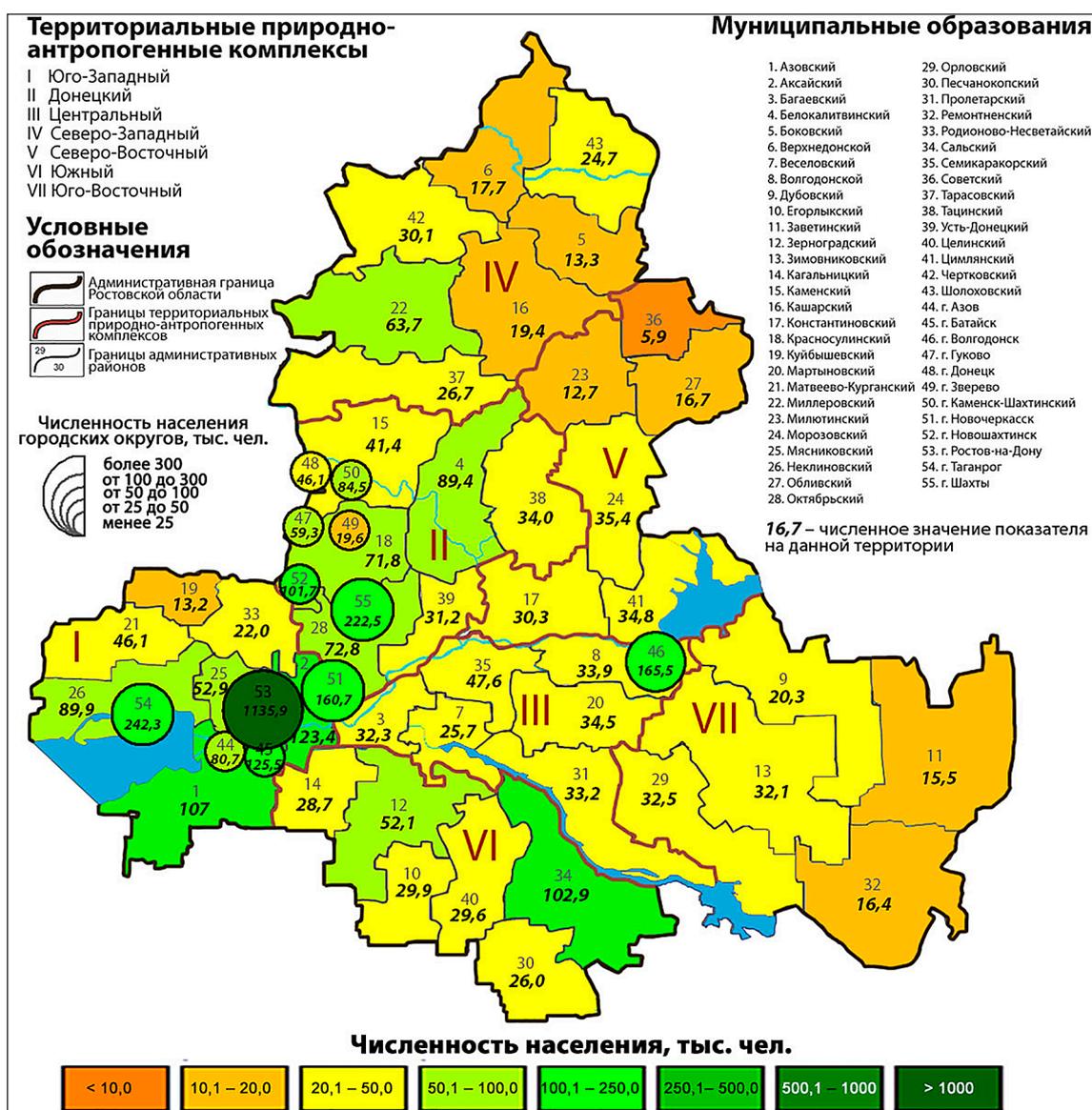


Рис. 1. Численность населения Ростовской области, тыс. чел., 2023 г.  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

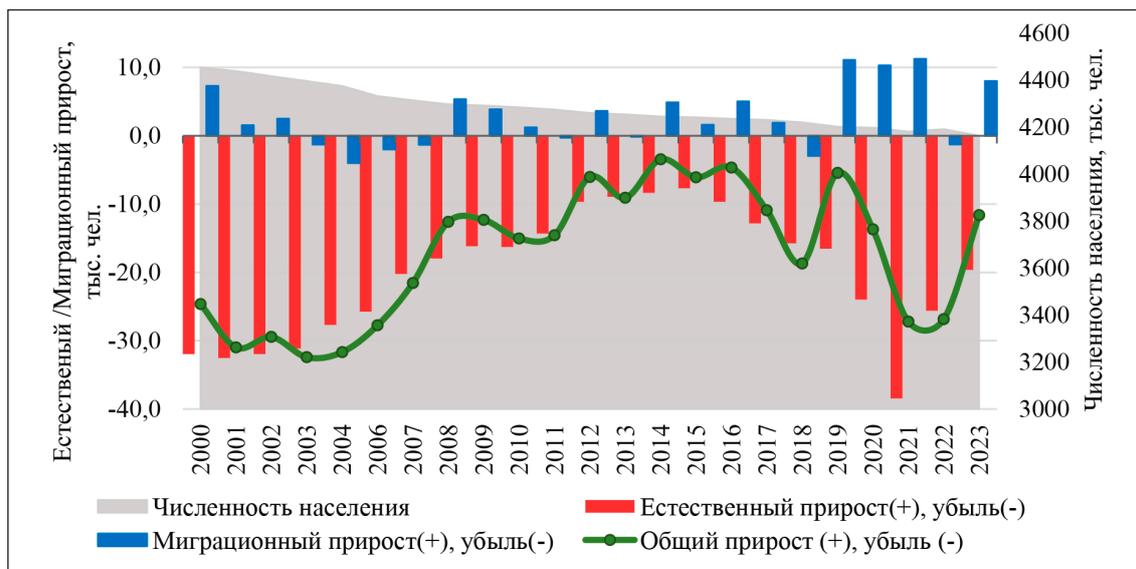


Рис. 2. Динамика показателей прироста и численности населения Ростовской области, тыс. чел., 1989–2023 гг.

Примечание: составлена авторами на основе:

1. Статистический бюллетень «Основные показатели социально-экономического положения городских округов и муниципальных районов Ростовской области в январе – декабре 2023 года»: Стат. сб. / Ростовстат. Ростов н/Д., 2024. 56 с.
2. Статистический сборник «Сравнительные показатели социально-экономического положения городских округов и муниципальных районов Ростовской области. 2015»: Стат. сб. / Ростовстат. Ростов н/Д., 2016. 392 с.
3. Статистический бюллетень «Основные показатели социально-экономического положения городских округов и муниципальных районов Ростовской области в январе – декабре 2020 года»: Стат. сб. / Ростовстат. Ростов н/Д., 2021.

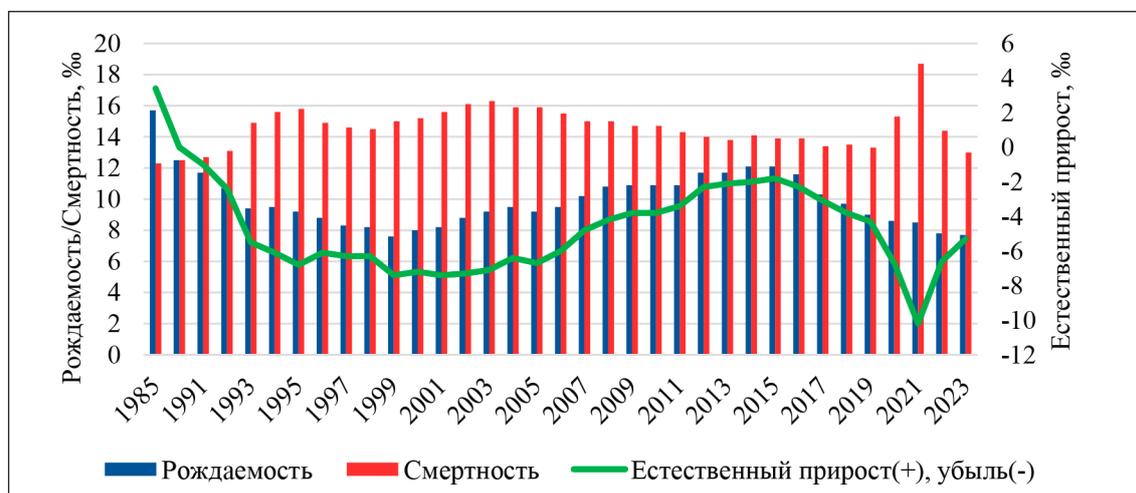


Рис. 3. Изменение показателей рождаемости, смертности и естественного прироста населения в Ростовской области, %, 1985–2023 гг.

Примечание: составлена авторами на основе:

- Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области. 1999–2026. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosstat.gov.ru> (дата обращения: 24.02.2026).
- Статистический сборник «Социально-экономическое положение городских округов и муниципальных районов Ростовской области. 2010»: Стат. сб. / Ростовстат. Ростов н/Д., 2011. 426 с.
- Статистический бюллетень «Основные показатели социально-экономического положения городских округов и муниципальных районов Ростовской области в январе – декабре 2023 года»: Стат. сб. / Ростовстат. Ростов н/Д., 2024. 56 с.

На протяжении более чем трех десятилетий в регионе сохраняется депопуляция (рис. 2, 3).

В период с 1940 по 1990 г. рождаемость превышала смертность, а с 1990 по 1995 г. в Ростовской области наблюдается резкий спад рождаемости при относительно высокой смертности (рис. 4), что приводит к значительной убыли населения (6–7 %). Высокие показатели убыли населения сохраняются на протяжении следующего десятилетия. Далее, в связи с принимаемыми демографическими мерами и стабилизацией социально-экономической ситуации, с 2005 по 2015 г. увеличивается рождаемость и естественный прирост населения при снижении смертности.

Негативная динамика воспроизводства, характерная для второй половины 1990-х – начала 2000-х гг., с 2005 г. стала постепенно улучшаться, рождаемость области почти сравнялась со смертностью, однако уже с 2015 г. отмечается резкое падение рождаемости вплоть до значений, сопоставимых с уровнем 1960-х гг.

*Изменение численности населения.* Значительная естественная убыль при небольшом и нестабильном миграционном приросте определила постоянное сокращение численности населения региона. За период с 2000 по 2023 г. количество жителей области уменьшилось на 65,3 тыс. чел. Для оценки изменений в территориальных образованиях производилось сравнение численности населения за более чем 30 лет, с 1989 по 2023 г.

Основной прирост населения произошел в Ростовской агломерации. В Ростове-на-Дону численность населения увеличилась на 128,1 тыс. чел. (на 12,7%, по сравнению с 1989 г.), в результате как естественного,

так и миграционного прироста. Высокими показателями прироста населения (28–68 %) характеризуются прилегающие к областному центру Батайск, Аксайский, Мясниковский и Азовский районы (рис. 5). Положительную динамику демонстрируют и другие районы агломерации. Неблагоприятная демографическая ситуация сложилась в Новочеркасске и Таганроге, средних промышленных городах. Здесь число жителей сократилось на 26,2 и 48,2 тыс. чел., или на 14 и 16% соответственно.

В Восточном Донбассе, несмотря на реструктуризацию угольной промышленности и закрытие многих шахт, в большинстве городов и районов численность населения удалось сохранить. Но есть и территории, где население значительно уменьшилось, это города Зверево, Гуково, Каменский и Тацинский районы.

В большей части центральных и южных районов изменение численности населения колеблется в пределах  $-10 \div +10\%$ . Существенный прирост населения произошел в Волгодонском районе – 27,4%, а значительное сокращение жителей – в удаленном Песчанокоспском районе.

Наибольшее сокращение численности населения отмечается на севере и юго-востоке региона. Наибольшие потери в количестве жителей (более 30%) отмечаются в Верхнедонском, Кашарском, Милютинском и Советском районах, в то время как в большинстве других муниципальных образований они варьировали в пределах от 15 до 26%. Уровень естественной убыли в сочетании с недостаточной миграцией делает эти районы одними из наиболее уязвимых с демографической точки зрения.

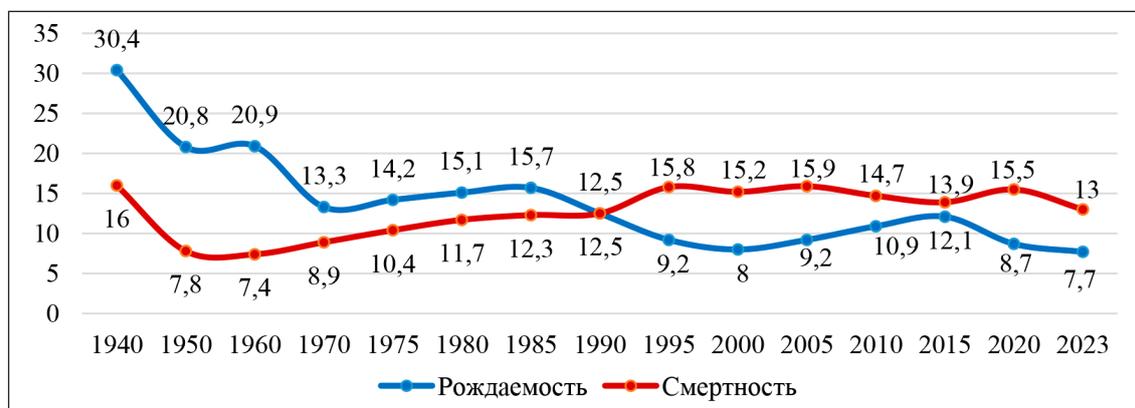


Рис. 4. Изменение коэффициентов рождаемости и смертности в Ростовской области, %, 1940–2023 гг. Примечание: составлен авторами на основе: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области. 1999–2026. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rosstat.gov.ru> (дата обращения: 24.02.2026)

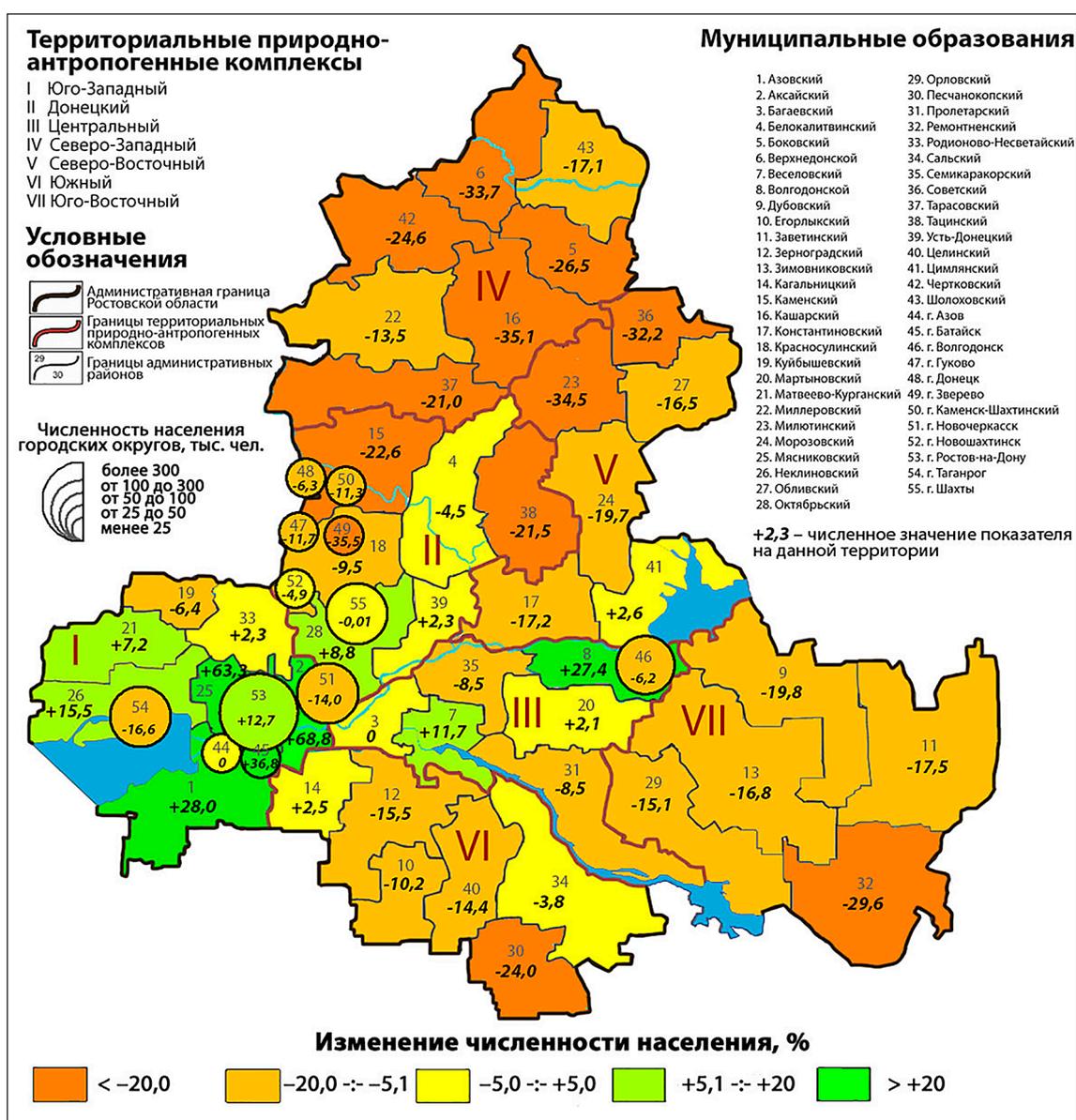


Рис. 5. Изменение численности населения в территориальных образованиях Ростовской области за период с 1989 по 2023 г., %  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

**Трудоспособное население.** Одним из важнейших условий развития любой территории является ее обеспеченность трудовыми ресурсами. Депопуляция может приводить к снижению численности экономически активного населения и дефициту кадров [15]. Самая высокая доля трудоспособного населения Ростовской области сосредоточена в Юго-Западном ТПАК. Наибольшая численность работающего населения приходится на города Ростов-на-Дону, Таганрог, Новочеркасск, Шахты и Волгодонск. Шахтерские города

и районы Донецкого ТПАК характеризуются повышенными показателями трудовых ресурсов (15–25 тыс. чел.).

Аграрно-промышленные центры и ряд сельских районов Ростовской агломерации имеют средние значения данного показателя (10–20 тыс. чел.). В значительной части сельских районов численность трудоспособного населения составляет 5–10 тыс. чел. Наименьшая численность работающего населения (1–3 тыс. чел.) прослеживается на северо-западе и северо-востоке региона.

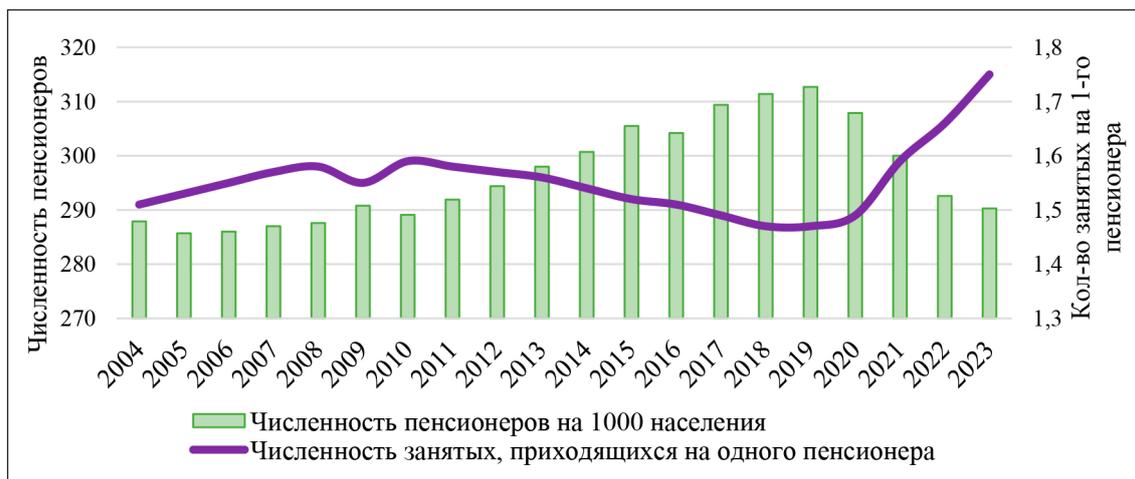


Рис. 6. Динамика численности пенсионеров в расчете на 1000 населения и количества занятых, приходящихся на одного пенсионера, в Ростовской области, ед., 2004–2023 гг.

Примечание: составлен авторами на основе: Федеральная служба государственной статистики. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. 2024: Стат. сб. / Росстат. М., 2024. 852 с.

Пониженная демографическая нагрузка на трудоспособное население наблюдается в Юго-Западном ТПАК (741 чел. на 1000), в том числе в Ростове-на-Дону и Новочеркасске сложились самые низкие для региона показатели (менее 700 ед.). В Ростовской агломерации выделяются территории с умеренными значениями: Батайск, Октябрьский, Мясниковский и Аксайский районы (менее 800 ед.). На большей части области преобладает повышенная нагрузка на трудоспособное население (800–900 ед.).

В результате сложившейся депопуляции и постепенного старения населения в Ростовской области в начале XXI в. отмечалась устойчивая тенденция возрастания пенсионной нагрузки на работающих граждан. В период с 2004 по 2019 г. количество пенсионеров в расчете на 1000 жителей области увеличилось с 285 до 312, в то время как на одного пенсионера приходилось 1,45–1,6 работающих (рис. 6). С 2020 г. ситуация начинает меняться в сторону снижения количества пенсионеров (до 290 на 1000 населения в 2023 г.) и возрастания количества занятых, приходящихся на одного пенсионера (до 1,75) за счет роста экономически активного населения.

На основании анализа демографических показателей и их пространственного распределения в Ростовской области можно выделить территории с различной демографической ситуацией.

1. *Территории с благоприятной демографической ситуацией и ростом численности населения* находятся в Ростовской

агломерации. За рассматриваемый период численность жителей этой зоны возросла от 13% (в Ростове-на-Дону) до 63–69% (в Мясниковском и Аксайском районах), за исключением убыли на 14–17% в Новочеркасске и Таганроге. Следует отметить, что на всей территории преобладает естественная убыль населения, а рост числа жителей обусловлен преимущественно миграционным притоком, за счет экономической развитости, выгоды расположения, близости к областному административному центру, высокой транспортной доступности, больших возможностей трудоустройства в данных районах.

2. *Территории с относительно удовлетворительной демографической ситуацией и незначительной убылью населения.* К ним относится большая часть территориальных образований Донецкого, Центрального и Южного ТПАК, где численность населения менялась в пределах  $-10 \div +10\%$ . В некоторых районах она выросла на 12–27% (Волгодонской, Веселовский), а в ряде районов снизилась на 12–15%. На большей части территорий преобладает естественная убыль и миграционный отток населения.

3. *Территории с неблагоприятной демографической ситуацией и значительной убылью населения* находятся на севере, северо-востоке и юго-востоке Ростовской области. Сокращение численности населения здесь изменяется от 12–20% (Дубовский, Зимовниковский, Заветинский, Орловский)

до 20% (Верхне-Донской, Кашарский, Чертковский, Боковский, Милютинский, Советский). Указанные территории характеризуются слабо развитой транспортной инфраструктурой, нехваткой крупных промышленных комплексов, отсутствием полюсов роста в виде крупных городов, сельским хозяйством, представленным в основном экстенсивными видами производств.

### Заключение

1. На основании анализа демографических показателей и их пространственного распределения в Ростовской области выделяются территории: с благоприятной демографической ситуацией и ростом численности населения – зона Ростовской агломерации; с относительно удовлетворительной демографической ситуацией и незначительной убылью населения – большая часть территориальных образований Донецкого, Центрального и Южного ТПАК; с неблагоприятной демографической ситуацией и значительной убылью – на севере, северо-востоке и юго-востоке Ростовской области.

2. В Ростовской области на протяжении последних десятилетий происходит естественная убыль населения, которая не восполняется в полной мере за счет механического движения населения. Количество жителей растет преимущественно в Ростовской агломерации, обладающей наибольшей миграционной привлекательностью в регионе.

3. Регион характеризуется существенной пространственной диспропорцией демографического развития: при относительно благоприятной и стабильной ситуации на юго-западе, отмечается выраженная депопуляция в северной, северо-восточной и юго-восточной частях Ростовской области.

### Список литературы

1. Грудина Т. Н. Социально-демографическая динамика населения и устойчивое развитие // Социологические исследования. 2022. № 3. С. 153–155. URL: <https://www.socis.isras.ru/article/9047> (дата обращения: 12.01.2026). DOI: 10.31857/S013216250018467-6. EDN: SJLIUQ.

2. Козлова Е. И., Новак М. А. Отражение демографического фактора в региональных программах устойчивого развития (на примере Липецкой области) // Теоретическая и прикладная экономика. 2020. № 1. С. 64–79. URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=32274](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=32274) (дата обращения: 12.01.2026). DOI: 10.25136/2409-8647.2020.1.32274. EDN: FINGWJ.

3. Логинова Е. В., Гузев М. М., Горшкова Н. В. Формирование модели демографически устойчивого социально-экономического развития в регионах России // Logos et Praxis. 2023. Т. 22. № 4. С. 157–169. URL: [\[alno-ekonomicheskogo-razvitiya-v-regionah-rossii\]\(https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskogo-razvitiya-v-regionah-rossii\) \(дата обращения: 12.01.2026\). DOI: 10.15688/lp.jvolsu.2023.4.16.](https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-modeli-demograficheski-ustoychivogo-sotsi-</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

4. Зубаревич Н. В. Социальное развитие регионов России. Проблемы и тенденции переходного периода. М.: Ленанд. 2016. 264 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25833612> (дата обращения: 12.01.2026). EDN: VTIGAP. ISBN 978-5-9710-2755-3.

5. Ткаченко А. А. Задачи пространственного развития России с точки зрения демографических процессов и национальной безопасности // Вестник РАН. 2023. Т. 93. № 2. С. 112–120 URL: <https://elibrary.ru/fdmmip> (дата обращения: 12.01.2026). EDN: FDMMP. DOI: 10.31857/S0869587323020111.

6. Руднева О. С., Соколов А. А. Демографические аспекты устойчивого развития регионов степной зоны России // Society and Security Insights. 2025. № 1. URL: <https://journal.asu.ru/ssi/article/view/17172> (дата обращения: 15.01.2026). DOI: 10.14258/SSI(2025)1-03.

7. Абрамова И. Е., Агеева Н. А. Демографическая политика России как фактор устойчивого развития сельскохозяйственных регионов // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 3. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/03/80302> (дата обращения: 15.01.2026). EDN: YKRDSH.

8. Белокопытов А. В., Данилов А. А. Демографические индикаторы устойчивого развития сельских территорий региона // Продовольственная политика и безопасность. 2025. Т. 12. № 2. С. 407–422. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82649418> (дата обращения: 18.01.2026). DOI: 10.18334/prpb.12.2.123182. EDN: BEEDCU.

9. Кудряшова Е. В., Крючков Г. Г., Провидонова Н. В. Имитационное моделирование социально-демографических процессов развития сельских территорий // АПК: Экономика, управление. 2021. № 4. С. 81–87. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45628011> (дата обращения: 08.01.2026). DOI: 10.33305/214-81. EDN: IGFPQM.

10. Хованский А. Д., Кизицкий М. И., Латун В. В., Строков Д. В. Демографические аспекты устойчивого развития Ростовской области // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2014. № 6. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/197EVN614.pdf> (дата обращения: 15.01.2026). EDN: TTHMCF.

11. Хаванский А. Д., Эртель А. Б., Меринова Ю. Ю., Левченко С. В., Латун В. В., Богачев И. В., Иванченко А. М., Бессмертный И. В., Шпак Н. Н. Эколого-географический атлас Ростовской области. Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. 2024. 156 с. (дата обращения: 09.01.2026). EDN: QRPBPB. ISBN 978-5-9275-4874-3.

12. Хаванский А. Д., Богачев И. В., Эртель А. Б., Меринова Ю. Ю. Современные природно-антропогенные ландшафты и территориальные комплексы Ростовской области // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2025. № 2. С. 114–123. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82495818> (дата обращения: 15.01.2026). DOI: 10.18522/1026-2237-2025-2-114-123. EDN: CZUUFZ.

13. Иванченко А. М. Геоэкологическая оценка современного состояния Ростовской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 1.6.21. Ростов-на-Дону, 2022. 24 с. URL: <https://search.rsl.ru/record/01011296217> (дата обращения: 10.01.2026).

14. Бессмертный И. В., Латун В. В., Меринова Ю. Ю., Хованский А. Д. Демографический потенциал и пространственное развитие Ростовской области // Успехи современного естествознания. 2021. № 3. С. 26–34. URL: <https://natural-sciences.ru/article/view?id=37590> (дата обращения: 15.01.2026). DOI: 10.17513/use.37590. EDN: CSFAMM.

15. Колесникова О. А., Маслова Е. В., Окопелых И. В. Проблемы трудовых ресурсов: дефицит, сдвиги в структуре, парадоксы старения // Социально-трудовые исследования. 2022. № 2 (47). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemny-trudovyh-resursov-defitsit-sdvigi-v-strukture-paradoksy-stareniya> (дата обращения: 17.01.2026). DOI: 10.34022/2658-3712-2022-47-2-42-55.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.



## ВЕРОЯТНОСТНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТОКА РЕК В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ БАССЕЙНА РЕКИ ЗЕРАВШАН

Мирзоев В. А., Гайдукова Е. В. ORCID ID 0000-0002-3547-5538,  
Батмазова А. А. ORCID ID 0000-0002-9135-4925

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский государственный гидрометеорологический университет», Санкт-Петербург,  
Российская Федерация, e-mail: oderiut@mail.ru*

В данной статье рассматривается проблема совершенствования методов прогнозирования речного стока в условиях изменения климата и возрастающей антропогенной нагрузки на водные ресурсы. Представлены результаты применения вероятностного подхода, основанного на уравнении Фоккера – Планка – Колмогорова и методе моментов, для оценки и прогноза стока рек водосбора р. Зеравшан (Узбекистан). Исходные данные включали метеорологические наблюдения (8 станций) и гидрологические данные (14 гидрологических постов) в бассейне р. Зеравшан. Климатические прогнозы до 2050 г. были получены с использованием шести моделей Шестого доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата для трех климатических сценариев. Были выполнены две серии статистических расчетов стока – без учета антропогенной нагрузки и с учетом ее в модели. Показано, что учет антропогенной нагрузки в модели позволяет получить корректные прогнозные значения коэффициентов вариации, тогда как без такого учета отклонения достигают необоснованных значений. Полученные результаты могут быть использованы для планирования режимов водопользования в условиях нестационарного климата и разработки мер перспективной адаптации рек бассейна Зеравшан. Предложенная методология может быть рекомендована для других антропогенно нагруженных речных бассейнов в засушливых зонах.

**Ключевые слова:** река Зеравшан, изменение климата, климатические сценарии, вероятностный подход, антропогенная нагрузка

## PROBABILISTIC FORECASTING OF RIVER RUNOFF UNDER CLIMATE CHANGE AND ANTHROPOGENIC LOAD FOR THE ZERAVSHAN RIVER BASIN

Mirzoev V. A., Gaydukova E. V. ORCID ID 0000-0002-3547-5538,  
Batmazova A. A. ORCID ID 0000-0002-9135-4925

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
“Russian State Hydrometeorological University”, Saint Petersburg,  
Russian Federation, e-mail oderiut@mail.ru*

This article presents methods for forecasting river flow in the context of climate change and increasing anthropogenic load on water resources. The article presents the results of the development of a probabilistic probability model based on the Fokker–Planck–Kolmogorov equation and the method of moments for assessing and forecasting river runoff in the Zeravshan River catchment area (Uzbekistan). The initial data were obtained from meteorological observations at eight stations and hydrological data from fourteen hydrological posts in the Zeravshan River basin. Climate forecasts up to 2050 were obtained using six models from the Sixth Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change for three climate scenarios. Two series of statistical runoff calculations were performed: without taking into account the anthropogenic load in the models and with it in mind. It is shown that taking into account the anthropogenic load in the models allows obtaining correct predicted values of the variation coefficients, whereas without such consideration of compliance with the requirements, unfounded results are obtained. The results obtained can be used to plan water use regimes under unstable climate conditions and develop measures for progressive adaptation of the Zeravshan River basin. The proposed methodology may be preferable for other anthropogenically stressed river basins in arid zones.

**Keywords:** Zeravshan River, climate change, climate scenarios, probabilistic approach, anthropogenic load

### Введение

Управление водными ресурсами в условиях изменяющегося климата и высокой антропогенной нагрузки является одной из острых проблем бассейна р. Зеравшан и Узбекистана в целом [1]. Как показывают исследования, страна сталкивается с такими вызовами, как таяние ледников, изменение

режима осадков и рост температур, что требует совершенствования методов анализа и прогноза природных процессов [2].

На региональном уровне анализ гидрометеорологической изученности бассейна р. Зеравшан подтверждает наличие значимых трендов повышения температуры воздуха, в то время как ряды осадков и стока

статистически значимых трендов не имеют, что указывает на сложность и нелинейность происходящих изменений [3, 4]. Детальное изучение режима выпадения осадков в бассейне Среднего Зеравшана показывает их критическую роль как приходной части водного баланса, при этом выявлена их высокая пространственно-временная изменчивость и наличие экстремальных засушливых и многоводных периодов, что напрямую влияет на водообеспеченность территории [5, 6]. Оценка водного баланса всего водосбора свидетельствует о том, что расходная часть (сток и испарение) систематически превышает приходную (осадки), а отрицательная невязка баланса количественно характеризует высокую антропогенную нагрузку, связанную с изъятием воды на ирригацию, промышленные и коммунально-бытовые нужды, которая компенсируется, предположительно, за счет использования грунтовых вод [3]. Эта нагрузка усугубляется климатическими изменениями, которые ведут к увеличению частоты экстремальных засух и наводнений, напрямую влияя на устойчивость сельского хозяйства и водоснабжение [7]. На примере хлопководства доказана прямая экономическая зависимость аграрного сектора от доступных объемов воды: моделирование производственной функции показало, что изменение водообеспеченности приводит к пропорциональному изменению урожайности и чистой прибыли, что позволяет выделить зоны, наиболее благоприятные и, наоборот, рискованные для ведения сельского хозяйства с точки зрения водообеспеченности [8].

Совокупность этих результатов подтверждает, что регион испытывает некоторый дефицит в водных ресурсах. Приведенные выше оценки в основном являются ретроспективными. Для обоснования перспективных режимов водопользования необходим переход к сценарному прогнозированию на основе климатических моделей [9, 10].

**Цель исследования** – анализ эффективности вероятностного метода прогнозирования речного стока с учетом антропогенной нагрузки на речном водосборе с примене-

нием различных климатических сценариев на примере р. Зеравшан.

### Материалы и методы исследования

Одной из задач для апробации вероятностного подхода и климатических сценариев является оценка составляющих водного баланса. Она была проведена в исследовании [3] с использованием суммы годовых осадков, среднегодовой температуры воздуха и среднегодовых расходов воды. Метеорологическая информация бралась за период с 2000 по 2022 г., гидрологическая – за период с 2009 по 2023 г. В исследовании использовались данные по следующим метеорологическим постам: Самарканд, Булунгур, Янгиарык, Пайарык, Окдарье, Нурабад, Кашрабад, Каттакурган. Данные о расходах воды бассейна р. Зеравшан брались по постам, расположенным как на естественных, так и на зарегулированных – в основном на малых и средних – водотоках: 1 – р. Акдарья – кишл. Агалык; 2 – р. Ургутсай – г. Ургут; 3 – р. Аманкутансай – кишл. Аманкутан; 4 – р. Бахмазарсай – кишл. Бахмазар; 5 – р. Биглярсай – кишл. Янги-Акчаб; 6 – р. Зеравшан – Даргомская плотина; 7 – кан. Обводной – Голова, из кан. Даргом; 8 – кан. Правобережный – Голова; 9 – р. Зеравшан – Ак-Карадарьинский вододеливатель; 10 – кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан; 11 – кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан; 12 – кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье; 13 – кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего; 14 – р. Зеравшан – г. Навои.

На рис. 1 показано расположение метеорологических станций и гидрологических постов бассейна р. Зеравшан.

Метод оценивания водных ресурсов на территориях с высокой антропогенной нагрузкой в условиях изменения климата основан на применении вероятностного подхода. Этот подход заключается в статистическом моделировании гидрологических процессов посредством уравнения Фоккера – Планка – Колмогорова (ФПК) и метода моментов [11].

Уравнение ФПК описывает эволюцию плотности вероятности  $p(Q, t)$ :

$$\frac{\partial p(Q, t)}{\partial t} = - \frac{\partial [A(Q, t)p(Q, t)]}{\partial Q} + 0,5 \frac{\partial^2 [B(Q, t)p(Q, t)]}{\partial Q^2}, \quad (1)$$

где  $A$  и  $B$  – коэффициенты сноса и диффузии, определяющиеся физико-статистическими параметрами.

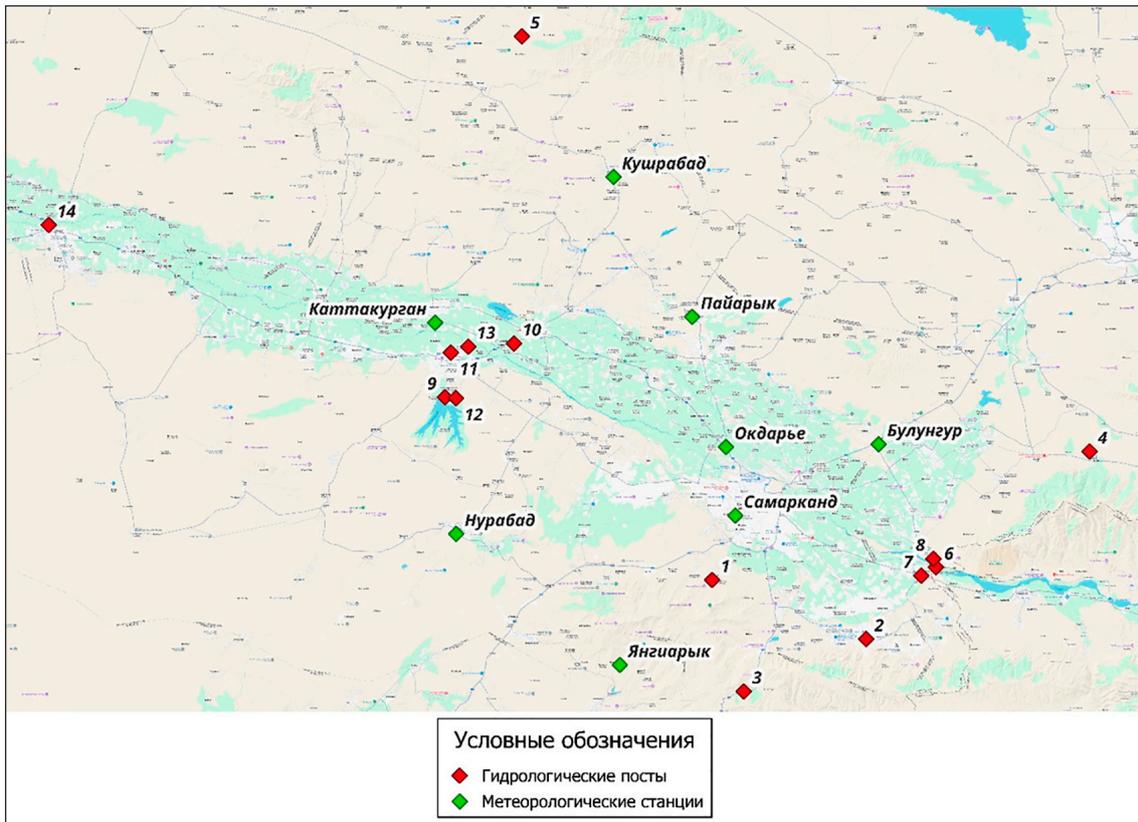


Рис. 1. Карта-схема района исследований

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

На практике пользуются тремя-четырьмя моментами вероятностных распределений, и тогда уравнение (1) аппроксимируется системой дифференциальных уравнений для моментов:

$$\frac{dm_1}{dt} = -(\bar{c} - 0,5G_{\bar{c}})m_1 - 0,5G_{\bar{c}\bar{N}} + \bar{N}, \quad (2)$$

$$\frac{dm_2}{dt} = -2(\bar{c} - G_{\bar{c}})m_2 + 2\bar{N}m_1 - 3G_{\bar{c}\bar{N}}m_1 + G_{\bar{N}},$$

$$\frac{dm_3}{dt} = -3(\bar{c} - 1,5G_{\bar{c}})m_3 + 3\bar{N}m_2 - 7,5G_{\bar{c}\bar{N}}m_2 + 3G_{\bar{N}}m_1,$$

$$\frac{dm_4}{dt} = -4(\bar{c} - 2G_{\bar{c}})m_4 + 4\bar{N}m_3 - 14G_{\bar{c}\bar{N}}m_3 + 6G_{\bar{N}}m_2.$$

Этой системы уравнений достаточно для определения всех расчетных гидрологических характеристик. Решение прогностической задачи разбивается на два этапа: по имеющимся норме стока, коэффициентам вариации и асимметрии находят значения моментов  $m_i$  и по ним вычисляются  $\bar{n}, \bar{N}, G_{\bar{c}}, G_{\bar{N}}, G_{\bar{c}\bar{N}}$ . Затем, меняя в соответствии с климатическим сценарием значения  $c(X, T)$  и  $N(X)$ , находят прогностические значения моментов  $m_i^{пр}$ . По ним вычисляют

ся прогнозные расчетные характеристики, строятся прогнозные распределения  $p^{пр}(Q)$  и находятся обеспеченные значения  $Q_{p\%}^{пр}$ , отличающиеся от фактических учетом климатических изменений.

Вероятностный метод для бассейна р. Зеравшан был скорректирован таким образом, чтобы учесть влияние антропогенной деятельности в условиях климатических изменений. Суть адаптации состоит в модификации расчетной формулы прогнозируемых

осадков  $X_{пр+антр.}$ . Это достигается путем добавления к прогнозируемому значению невязки  $\delta$  и вычитания погрешности  $\epsilon$ , которые вычисляются по уравнению водного баланса для каждого водосбора отдельно [3]:

$$X_{пр+антр.} = X_{пр} + \delta - \epsilon.$$

По Шестому оценочному докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [12] были отобраны различные модели и сценарии для прогноза сумм годовых осадков и среднегодовой температуры для перечисленных метеорологических станций на 2050 г. В табл. 1 представлены климатические модели и их описание.

### Результаты исследования и их обсуждение

С помощью прогнозных значений температур воздуха ( $T_{пр}$ ) и атмосферных осадков ( $X_{пр}$ ) для каждой модели, представлен-

ной в табл. 1, производится расчет по формуле А. Н. Постникова испаряемости ( $E_0$ ) и испарения ( $E_{пр}$ ) по формуле П. Шрайбера. Пример расчета представлен в табл. 2 для метеорологической станции Булунгур.

Анализируя табл. 1 и графики на рис. 2, можно заключить следующее: наиболее высокие средние годовые температуры ожидаются по модели Amon\_CanESM5, климатический сценарий SSP5-8.5, тогда как наилучший сценарий демонстрирует модель Amon\_GISS-E2-1-G (SSP1-2.6). Максимальные суммы годовых осадков характерны для модели Amon\_GISS-E2-1-G при реализации сценария SSP3-7.0, минимальные – для модели Amon\_CanESM5 с вариантом развития SSP1-2.6. Средняя ожидаемая величина повышения температуры составит около 1,7 °C для бассейна р. Зеравшан, что согласуется с выводами Шестого оценочного доклада МГЭИК.

Таблица 1

Климатические модели и их описание

№	Название модели	Описание
1	Amon_GISS-E2-1-G_ssp5-8.5_gn_201501-205012	Сценарий с очень высоким выбросом парниковых газов: выбросы CO <sub>2</sub> утроятся к 2075 г., а глобальная температура увеличится на 1,9–3,0 °C
2	Amon_CanESM5_ssp5-8.5_gn_201501-210012	
3	Amon_CESM2-WACCM_ssp5-8.5_gn_201501-210012	
4	Amon_GISS-E2-1-G_ssp3-7.0_gn_201501-205012	Сценарий с высокими выбросами парниковых газов: выбросы CO <sub>2</sub> удвоятся к 2100 г., а глобальная температура увеличится на 1,7–2,6 °C
5	Amon_CanESM5_ssp3-7.0(1)_gn_201501-210012	
6	Amon_CanESM5_ssp3-7.0_gn_201501-210012	
7	Amon_GISS-E2-1-G_ssp1-2.6_gn_201501-205012	Сценарий с низким уровнем выбросов парниковых газов: выбросы CO <sub>2</sub> сократятся до 0 примерно к 2075 г., а глобальная температура увеличится на 1,3–2,2 °C
8	Amon_CanESM5_ssp1-2.6_gn_201501-210012	

Примечание: составлена авторами на основе источника [12].

Таблица 2

Расчет испарения и испаряемости по климатическим моделям (метеостанция Булунгур)

№	Название модели	$T_{пр}$ , °C	$X_{пр}$ , мм	$E_0$ , мм	$E_{пр}$ , мм
1	Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	16,6	239	1408	237
2	Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	16,2	291	1365	287
3	Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	14,7	235	1208	233
4	Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	18,3	191	1615	190
5	Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	18,2	186	1614	185
6	Amon_CanESM5_ssp585_gn_201501-210012	19,7	235	1823	234
7	Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	16,5	179	1394	178
8	Amon_CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	17,8	264	1557	262

Примечание: составлена авторами на основе источника [12] и полученных данных в ходе исследования.

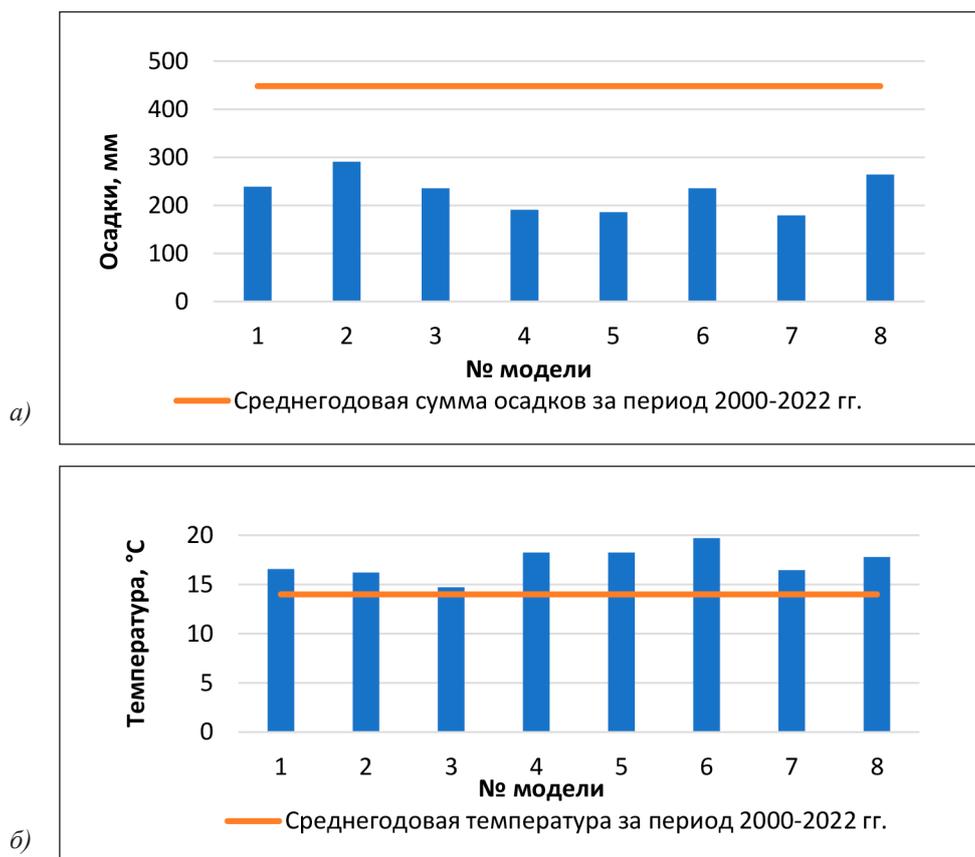


Рис. 2. Ожидаемые изменения сумм годовых осадков (а) и температуры воздуха (б) по различным моделям и сценариям для метеостанции Булунгур  
Примечание: составлена авторами на основе источника [12]

Таблица 3

Расчет и сценарная оценка характеристик без антропогенной нагрузки

Река – пост	Р. Акдарья – кишл. Агалык	Р. Ургутсай – г. Ургут	Р. Бахмазарсай – кишл. Бахмазар	Р. Зеравшан – г. Навои
Параметр				
$Q$ , м <sup>3</sup> /с	1,79	0,49	0,48	19,50
$T$ , °C	13,8	15,0	15,0	15,0
$T_{пр}$ , °C	17,5	17,2	17,2	17,2
$X$ , мм	378	348	348	331
$X_{пр}$ , мм	210	253	253	230
$Cv$	0,50	0,44	0,41	0,23
$Cv_{пр}$	10,55	6,05	4,16	2,12
$Cv$ , %	-1989	-1286	-926	-813
$m_{инр}$ , мм	0,01	0,00	0,01	0,32
$m_{инр}$ , %	99,59	99,29	98,70	98,35

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

В табл. 3 и 4 приведен результат применения вероятностного подхода с учетом климатических изменений, продиктованных сценарием Amon\_GISS-E2-1-G\_

ssp585\_gn\_201501-205012, для прогноза стока некоторых рек бассейна Зеравшана и оценка статистических параметров без учета антропогенной нагрузки и с ее учетом.

Таблица 4

Расчет и сценарная оценка характеристик с антропогенной нагрузкой

Река – пост	Р. Акдарья – кишл. Агалык	Р. Ургутсай – г. Ургут	Р. Бахмазарсай – кишл. Бахмазар	Р. Зеравшан – г. Навои
Параметр				
$Q$ , м <sup>3</sup> /с	1,79	0,49	0,48	19,50
$T$ , °С	13,8	15,0	15,0	15,0
$T_{np}$ , °С	17,3	16,6	16,6	16,6
$X$ , мм	1083	898	622	552
$X_{np}$ , мм	920	789	513	443
$Cv$	0,50	0,44	0,41	0,23
$Cv_{np}$	0,58	0,50	0,50	0,30
$Cv$ , %	-14,8	-13,39	-22,54	-27,99
$m_{np}$ , мм	1,59	0,44	0,39	15,01
$m_{np}$ , %	10,66	11,46	19,22	23,89

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Видно, что рассчитанные коэффициенты вариации без учета влияния антропогенной нагрузки характеризуются существенными отклонениями (табл. 3). Однако вариант расчета с учетом антропогенного фактора показывает приемлемые значения этих показателей (табл. 4).

Подобная тенденция наблюдается и при оценке нормы годового стока. Объяснить это можно, например, тем, что без учета антропогенной нагрузки модель учитывает только естественные, климатические флуктуации. Антропогенная нагрузка (например, регулирование стока, водозабор, сбросы) изменяет структуру шума, подавляя естественную хаотичность системы. Это и соответствует правильной адаптации метода к антропогенно нагруженной территории при изменении климата.

Предлагаемый метод рекомендуется применять на прочих водосборных бассейнах аридной зоны, испытывающих значительную антропогенную нагрузку, при разработке рациональных схем водопользования в условиях меняющегося климата [13–15].

### Заклучение

В результате проведенного исследования выполнена апробация вероятностного подхода на основе уравнения Фоккера – Планка – Колмогорова для прогноза стока рек бассейна Зеравшана с учетом климатических изменений и антропогенной нагрузки. Анализ климатических проекций по шести моделям CMIP6 для трех сценариев (SSP1-2.6, SSP3-7.0, SSP5-8.5) показал, что к 2050 г. среднегодовая температура

на водосборе повысится в среднем на 1,7 °С, что согласуется с выводами Шестого оценочного доклада МГЭИК. При этом наибольший разброс сценариев наблюдается для сумм годовых осадков: от существенного сокращения (модель Amon\_CanESM5, SSP1-2.6) до локальных увеличений (модель Amon\_GISS-E2-1-G, SSP3-7.0).

Расчеты статистических характеристик стока для четырех створов подтвердили критическую важность учета антропогенной нагрузки в прогнозных моделях. В варианте без учета антропогенного фактора прогнозные значения коэффициентов вариации оказались физически некорректными, достигая 4–10 при фактических значениях 0,2–0,5, а отклонения нормы стока составили более 98 %. При включении в модель антропогенной составляющей прогнозные значения коэффициентов вариации вошли в диапазон 0,30–0,58, что соответствует допустимым значениям для рек региона, а снижение нормы стока составило от 10 до 24 %.

Выполненные исследования подтверждают, что вероятностный подход, дополненный учетом антропогенной нагрузки, позволяет получать физически корректные прогнозные оценки стока рек. Методика может быть рекомендована для применения на других антропогенно-нагруженных водосборах аридной зоны при обосновании перспективных режимов водопользования в условиях изменяющегося климата.

### Список литературы

1. Xikmatov F. X. Hydrological regime and water resources of rivers of the Zerafshan basin under climate change // Ori-

ental Journal of Social Sciences. 2024. Vol. 1 (01). P. 1–236. DOI: 10.37547/supsci-conf-01.

2. Мирзоев В., Гайдукова Е. В. Актуальные проблемы анализа и прогноза природных процессов в Узбекистане // Метеорология без границ. Санкт-Петербург: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений. 2025. С. 26–27. EDN: UIXBYT.

3. Мирзоев В. А., Гайдукова Е. В., Семенова Е. К. и др. Оценка водного баланса на антропогенно-нагруженном водосборе реки Зеравшан (Узбекистан) // Proceedings of the Yerevan State University, Geology and Geography. 2025. Vol. 59. Is. 2 (266). P. 412–419. DOI: 10.46991/pysuc.2025.59.2.412.

4. Норматов И. Ш., Шарофзода Ф. А., Норматов П. И., Ашуров М. Пространственное распределение метеорологических условий бассейна реки Зеравшан и их корреляция со стоком реки Зеравшан // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2023. № 3 (389). С. 125–138. DOI: 10.37162/2618-9631-2023-3-125-138.

5. Ниязов Д. Б., Калашникова О. Ю., Мирзохонова С. О. Прогноз стока реки Зеравшан в период половодья по данным наземных наблюдений // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2020. Т. 20. № 8. С. 105–110. EDN: GVYAAI.

6. Мирзоев В. А., Гайдукова Е. В. Атмосферные осадки как приходная часть водного баланса среднего Зеравшана // Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции (Иркутск, 2024). Иркутский государственный университет. 2024. С. 149–153. EDN: VDDWLM.

7. Мирзоев В. А., Гайдукова Е. В. Изменения климата и окружающей среды в бассейне реки Зеравшан (Узбекистан) // Системы контроля окружающей среды – 2024: Доклады Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук в рамках научно-технического сотрудничества Россия-АСЕАН-БРИКС. Севастополь: ИП Куликов А. С., 2024. С. 88. EDN: MDPIRM.

8. Мирзоев В. А., Тихонова А. М., Гайдукова Е. В. Учет водных ресурсов в производственной функции хлопковод-

ства Узбекистана // Инженерная гидрология – 2025: Коллективная монография по материалам международной конференции. Казань: ООО «Бук», 2025. С. 84–87. EDN: VDRDFC.

9. Climate Change and Hydrology in Central Asia: A Survey of Selected River Basins // Regional Environmental Centre for Central Asia. 2019. URL: <https://zoinet.org/wp-content/uploads/2018/01/Climate-Hydrology-CA-Final-WEB.pdf> (дата обращения: 23.10.2025).

10. Олимов К. З., Саидов И. И. Методика и методология по разработке бассейнового плана по управлению водными ресурсами реки Зеравшан // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2019. № 3 (176). С. 101–111. EDN: LBCJQL.

11. Коваленко В. В., Викторова Н. В., Гайдукова Е. В., Громова М. Н., Хаустов В. А. Методические рекомендации по оценке обеспеченных расходов проектируемых гидротехнических сооружений при неустановившемся климате. СПб.: Издательство РГТМУ, 2010. 51 с. ISBN 978-5-86813-276-6. EDN: RYRVGJ.

12. IPCC Sixth Assessment Report [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> (дата обращения: 01.05.2025).

13. Концепция развития водного хозяйства на 2020–2030 годы / Указ президента Узбекистана // Министерство водного хозяйства республики Каракалпакстан. [Электронный ресурс]. URL: <https://krminwater.uz/ru/19/02/2020/73/> (дата обращения: 08.01.2025).

14. Обобщающий отчет «Водосбережение в странах Центральной Азии: Опыт прошлого и ориентиры на будущее» // Рабочая группа МКВК по направлению «Водосбережение». URL: <http://icwc-aral.uz/pdf/synthesis-report-watersaving.pdf> (дата обращения: 19.10.2024).

15. Хайдаров А. Использование водных ресурсов узбекистанского сегмента бассейна реки Зеравшан: аналитический обзор // Центральноазиатский журнал исследований водных ресурсов. 2020. № 6 (2). С. 48–64. DOI: 10.29258/sajwr/2020-r1.v6-2/48-64.rus.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.



## КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ АГРОЛАНДШАФТОВ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ И ИХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

**Мулендеева А. В. ORCID ID 0000-0002-9852-9804,  
Никонова И. В. ORCID ID 0000-0001-9250-1918**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», Чебоксары,  
Российская Федерация, e-mail: alena-mulendeeva@yandex.ru*

В статье представлены результаты геоэкологической оценки и типологизации агроландшафтов Чувашской Республики. Актуальность исследования обусловлена высокой степенью распаханности территории (73 % сельскохозяйственных угодий) и прогрессирующими процессами деградации почв, что требует перехода к дифференцированным системам землепользования. Целью данного исследования является кластерный анализ агроландшафтов Чувашской Республики и их геоэкологическая оценка. Исходные данные получены из материалов крупномасштабных почвенно-агрохимических обследований. Для типологизации 21 муниципального округа применен иерархический кластерный анализ (метод Варда) по девяти показателям, включающим эрозионные характеристики (доля эродированной пашни, смыв), агрохимические свойства (содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия, доля кислых почв) и лимитирующие факторы (переувлажнение, каменистость). В результате кластеризации выделено четыре геоэкологических типа территорий: 1) Северный – зона критической деградации; 2) Центральный – зона эрозионного риска со средними показателями, повышенной кислотностью и каменистостью; 3) Западный – зона переувлажнения; 4) Юго-Восточный – зона высокого потенциального плодородия с критическим дефицитом фосфора и калия. Установлено, что 77,9 % пашни республики подвержено эрозии, а значительная часть площадей (41,5 %) испытывает дефицит калия. Для каждого кластера научно обоснованы приоритетные мероприятия: от противозерозионной организации территории и гидромелиорации до сбалансированного внесения удобрений и известкования. Полученные результаты могут служить основой для корректировки региональных программ повышения плодородия почв и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

**Ключевые слова:** агроландшафт, геоэкология, деградация почв, эрозия, кластерный анализ, Чувашская Республика, плодородие, адаптивно-ландшафтное земледелие

## CLUSTER ANALYSIS OF AGRICULTURAL LANDSCAPES OF THE CHUVASH REPUBLIC AND THEIR GEOECOLOGICAL ASSESSMENT

**Mulendeeva A. V. ORCID ID 0000-0002-9852-9804,  
Nikonova I. V. ORCID ID 0000-0001-9250-1918**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
“Chuvash State University named after I. N. Ulyanov”, Cheboksary,  
Russian Federation, e-mail: alena-mulendeeva@yandex.ru*

The article presents the results of a geoecological assessment and typologization of agricultural landscapes in the Chuvash Republic. The relevance of the study is determined by the high degree of plowing in the territory (73 % of agricultural land) and progressive soil degradation processes, necessitating a transition to differentiated land use systems. The aim of this study is a cluster analysis of the agricultural landscapes of the Chuvash Republic and their geoecological assessment. The initial data were obtained from materials of large-scale soil and agrochemical surveys. For the typologization of 21 municipal districts, hierarchical cluster analysis (Ward's method) was applied using nine indicators, including erosion characteristics (share of eroded arable land, soil wash-off), agrochemical properties (humus content, mobile forms of phosphorus and potassium, share of acidic soils), and limiting factors (waterlogging, stoniness). The clustering resulted in the identification of four geoecological types of territories: 1) The Northern zone – an area of critical degradation; 2) The Central zone – an area of erosion risk with average indicators, increased acidity, and stoniness; 3) The Western zone – a waterlogging area; 4) The Southeastern zone – an area of high potential fertility with a critical deficiency of phosphorus and potassium. It was established that 77.9 % of the republic's arable land is subject to erosion, and 41.5 % of the areas experience potassium deficiency. Priority measures have been scientifically substantiated for each cluster, ranging from anti-erosion territorial organization and hydro-melioration to balanced fertilizer application and liming. The obtained results can serve as a basis for adjusting regional programs aimed at increasing soil fertility and designing adaptive landscape farming systems.

**Keywords:** agricultural landscape, geoecology, soil degradation, erosion, cluster analysis, Chuvash Republic, fertility, adaptive landscape farming

### Введение

С позиций геоэкологии почва является центральным звеном, связующим абиотические и биотические компоненты ландшафта. Согласно учению В. И. Вернадского о биосфере, почва является ключевым звеном в биогеохимическом цикле элементов, а ее деградация ведет к нарушению устойчивости агроэкосистем [1]. Классические работы В. В. Докучаева заложили основы понимания зональности почвообразования [2], однако современные антропогенные факторы часто нивелируют природные закономерности. В связи с этим управление плодородием требует ландшафтно-адаптивного подхода [3], рассматривающего агроэкосистемы как часть единого геоэкологического каркаса территории. Методология типизации агроландшафтов с точки зрения их устойчивости освещена в работах коллектива авторов Н. В. Долгополовой, А. Ю. Черемисинова и В. В. Джафарова и т. д. [4–6].

Современные исследования направлены на поиск экологически обоснованных подходов к повышению устойчивости агроландшафтов [7] и выбор репрезентативных показателей для мониторинга плодородия [8]. Большое значение приобретает разработка региональных методов оценки состояния агроландшафтов [9]. Действенным механизмом их улучшения является в том числе и создание лесозащитных полос, которые выполняют противэрозионную функцию и повышают биоразнообразие [10].

Для Чувашской Республики характерна острая проблема деградации почв [11]. В условиях, когда распаханность территории достигает 73 % [12], эрозионные процессы значительно осложняют геоэкологическую ситуацию, вызывая трансформацию геохимических барьеров и потерю гумуса. Комплексная агроэкологическая оценка землепользования [13] является необходимым условием для разработки стратегий сохранения почвенного плодородия.

**Цель исследования** – кластерный анализ агроландшафтов Чувашской Республики и их геоэкологическая оценка с выработкой практических рекомендаций.

### Материалы и методы исследования

Объектом исследования послужили агроландшафты Чувашской Республики общей площадью 1005 тыс. га. Исходные данные получены из материалов крупномасштабных почвенно-агрохимических обследований, выполненных Чувашским филиалом ФГБУ «Агрохимическая служба России».

Методология исследования включала: сравнительно-географический метод – для выявления зональных различий; картографический метод – для визуализации пространственного распределения параметров; статистический анализ вариации показателей эрозии и агрохимии по муниципальным образованиям; кластерный анализ для классификации территорий по совокупности признаков деградации.

Кластеризация проводилась иерархическим агломеративным методом Варда (Ward's method) с использованием квадрата евклидова расстояния. Для приведения показателей к единой безразмерной шкале все переменные были стандартизированы (z-преобразование) по формуле

$$Z_{ij} = (x_{ij} - x_j) / s_j,$$

где  $Z_{ij}$  – стандартизированное значение  $j$ -го показателя для  $i$ -го объекта (муниципального округа);  $x_{ij}$  – исходное значение  $j$ -го показателя для  $i$ -го объекта;  $x_j$  – среднее арифметическое значение  $j$ -го показателя;  $s_j$  – стандартное отклонение  $j$ -го показателя.

Для верификации результатов использован метод  $k$ -средних с заданным числом кластеров, который позволил уточнить состав кластеров и рассчитать средние значения показателей. Расчеты выполнены в пакетах Statistica 12.0 и IBM SPSS Statistics 23.

Для перехода к количественной оценке была создана база данных по 21 муниципальному округу Чувашской Республики (далее – м. о. ЧР). Для анализа отобраны 9 показателей, наиболее полно характеризующих геоэкологическое состояние агроландшафтов: 1) эрозионные характеристики: доля эродированной пашни ( $X_1$ , %), среднегодовой смыв почвы с пашни ( $X_2$ , т/га); 2) качественная оценка почв: балл бонитета ( $X_3$ ); 3) агрохимические свойства: доля кислых почв с  $pH < 5,5$  ( $X_4$ , %), доля почв с низким содержанием подвижного фосфора ( $X_5$ , %), доля почв с низким содержанием обменного калия ( $X_6$ , %), средневзвешенное содержание гумуса ( $X_7$ , %); 4) лимитирующие факторы: доля переувлажненных земель ( $X_8$ , %), доля каменистых почв ( $X_9$ , %).

### Результаты исследования и их обсуждение

В структуре земельного фонда Чувашской Республики преобладают земли сельскохозяйственного назначения – 55,26 % [14, 15]. По данным мониторинга, 88,4 % сельскохозяйственных угодий (831,1 тыс. га) относятся к эрозионно опасным. Из них фактически эродировано 492,2 тыс. га (52,4 %).

Таблица 1

Состав кластеров и средние значения показателей

Показатель	Кластер 1 (Северный – зона критической деградации)	Кластер 2 (Центральный – зона эрозионного риска)	Кластер 3 (Западный – зона переувлажнения)	Кластер 4 (Юго-Восточный – зона высокого потенциального плодородия)	Среднее по Чувашской Республике
Х1. Эродировано пашни, %	86,6	77,3	55,7	84,8	77,9
Х2. Среднегодовой смыв, т/га	11,0	7,7	7,3	4,2	8,0
Х3. Бонитет, балл	41,9	45,0	43,0	50,0	43,0
Х4. Кислые почвы, %	36,6	39,4	42,8	38,4	37,9
Х5. Низкий P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	13,0	17,0	15,0	30,2	18,2
Х6. Низкий K <sub>2</sub> O, %	52,6	36,9	25,2	38,9	41,5
Х7. Гумус, %	2,5	3,8	4,5	6,2	4,0
Х8. Переувлажненные, заболоченные, %	6,1	7,4	18,2	6,8	9,6
Х9. Каменистые, %	0,7	1,1	0,0	0,4	0,6

Примечание: составлена авторами на основе на основе источников [14, 15].

Наиболее критическая ситуация наблюдается в районах с высокой плотностью овражно-балочной сети (> 2 км/км<sup>2</sup>), таких как Чебоксарский, Ядринский и Канашский. Среднегодовой смыв почвы по республике составляет 8,00 т/га, что превышает допустимые нормы для устойчивого земледелия (2–5 т/га). Максимальные значения зафиксированы в Чебоксарском (13,73 т/га) и Мариинско-Посадском (12,88 т/га) районах.

На основе комплексной оценки методом кластерного анализа авторами были выделены четыре группы муниципальных округов, различающихся по геоэкологическим показателям (табл. 1, рисунок).

*Кластер 1 (Северный – зона критической деградации)* расположен в пределах Приволжской возвышенности с сильно расчлененным рельефом и высокой плотностью овражно-балочной сети. Включает Аликовский, Козловский, Красноармейский, Мариинско-Посадский, Моргаушский, Чебоксарский, Ядринский м. о. ЧР. Для кластера характерны наиболее острые геоэкологические проблемы: максимальная доля эродированной пашни (86,6 %), наивысший смыв (11 т/га), самое низкое содержание гумуса (2,5 %) и бонитет (41,9 балла). Критическим является крайне низкое содержание обменного калия в почве (менее 100 мг/кг), доля которого в кластере составляет 52,6 %. Кислотность средняя (36,6 %), фосфором почвы

обеспечены лучше (13,0 % низкого P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Каменистость 0,7 %, но внутри кластера выделяются районы с повышенной каменистостью (Козловский – 2,9 %).

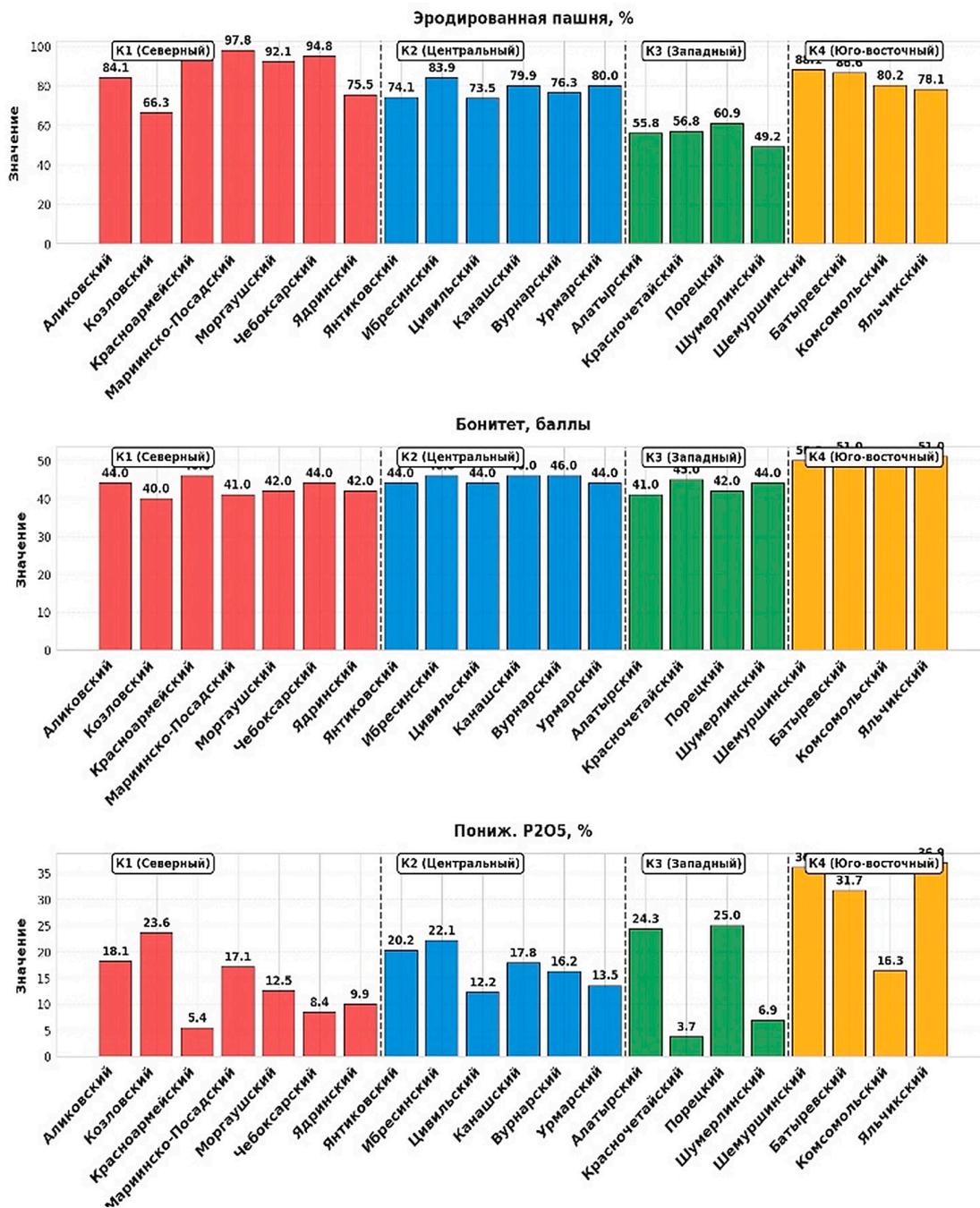
Высокая интенсивность эрозионных процессов обусловлена максимальными для республики показателями горизонтального расчленения рельефа и плотностью овражно-балочной сети. Так, в Моргаушском, Чебоксарском и Ядринском округах доля сильноэродированных земель достигает 9–16 % от всех сельскохозяйственных угодий, а среднегодовой смыв почвы с пашни стабильно превышает 11 т/га, достигая в Чебоксарском м. о. ЧР 13,7 т/га, что является максимальным показателем по республике. Преобладают дерново-подзолистые и серые лесные почвы.

*Кластер 2 (Центральный – зона эрозионного риска)* характеризуется средними показателями: доля эродированной пашни – 77,3 %, смыв – 7,7 т/га, бонитет – 45 баллов, гумус – 3,8 %. Включает Вурнарский, Канашский, Урмарский, Цивильский, Ибресинский и Янтиковский м. о. ЧР. Геоэкологическую специфику кластера определяют повышенная доля кислых почв (39,4 %), умеренный дефицит фосфора (17,0 %) и калия (36,9 %).

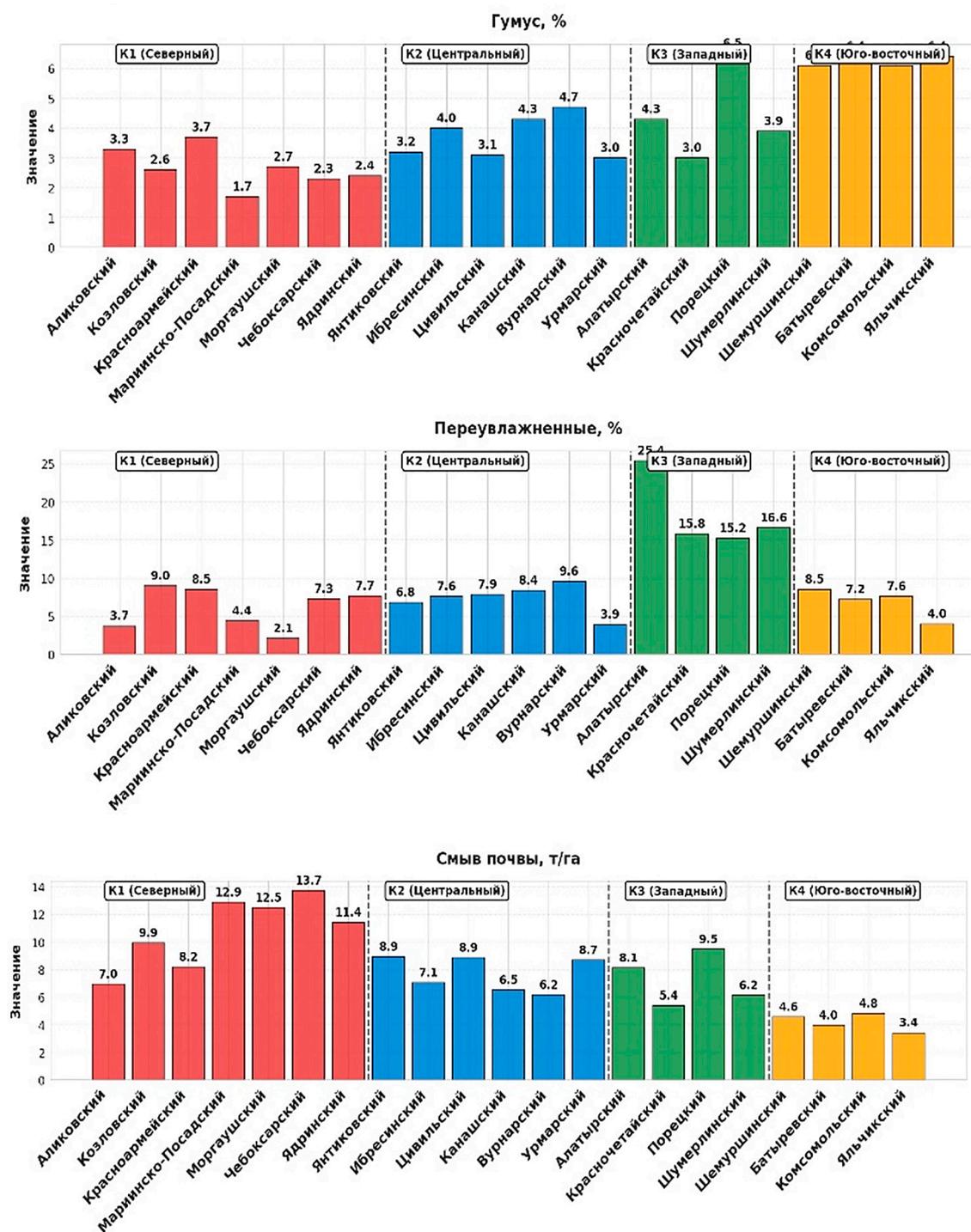
Наблюдается повышенный показатель каменистости почв (1,1 %), которая ярко выражена на локальном уровне: в Урмарском и Янтиковском округах доля каменистых

почв составляет 2,9 и 2,2 % соответственно. Динамика агрохимических показателей неустойчива, что указывает на несбалансированность систем земледелия. Например, в Канашском муниципальном округе отмечено снижение кислотности, но падение содержания фосфора и гумуса; в Урмарском – рост калия, но снижение фосфора. Кластер представляет собой переходную зону от серых лесных почв к черноземам.

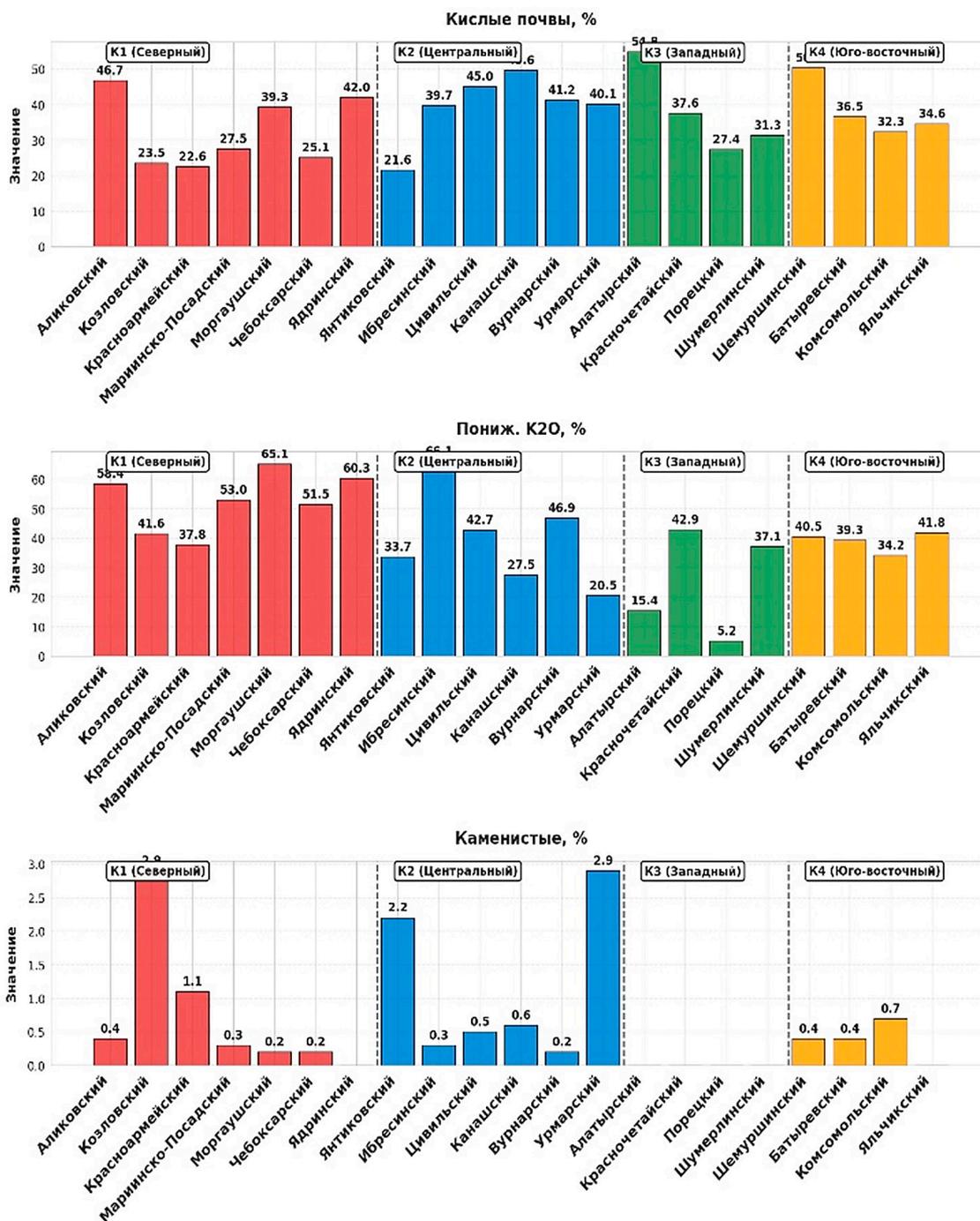
*Кластер 3 (Западный – зона переувлажнения)* охватывает долины рек Суры и Алатыря в пределах Алатырского, Красночетайского, Порецкого и Шумерлинского м. о. ЧР. Здесь преобладают дерново-подзолистые, аллювиальные и серые лесные почвы. Переувлажнение имеет преимущественно пойменный характер: около 80 % всех переувлажненных земель Чувашии (73,5 тыс. из 86,3 тыс. га) сосредоточены именно здесь.



Показатели кластерного анализа муниципальных округов Чувашской Республики  
Примечание: составлен авторами на основе источников [14, 15]



Показатели кластерного анализа муниципальных округов Чувашской Республики (продолжение)  
Примечание: составлен авторами на основе источников [14, 15]



Показатели кластерного анализа муниципальных округов Чувашской Республики (окончание)  
 Примечание: составлен авторами на основе источников [14, 15]

Таблица 2

## Приоритетные мероприятия по кластерам

Кластер	Приоритетные мероприятия	Ожидаемые результаты
Кластер 1 (Северный – зона критической деградации)	1. Противозерозионная организация территории: контурная вспашка, буферные лесополосы, залужение крутых склонов, террасирование. 2. Создание водорегулирующих лесных полос. 3. Внесение повышенных доз калийных и органических удобрений. 4. Известкование кислых почв. 5. Минимальная и нулевая обработка почвы на склонах	Снижение смыва почвы, повышение содержания калия и гумуса, уменьшение кислотности, сокращение эродированных площадей
Кластер 2 (Центральный – зона эрозионного риска)	1. Сбалансированное внесение минеральных удобрений по результатам агрохимического обследования. 2. Известкование кислых почв (39,4 % площади). 3. Удаление камней или подбор культур, устойчивых к каменистости. 4. Почвозащитные севообороты с многолетними травами. 5. Локальное применение противозерозионных мер на участках со смывом > 8 т/га.	Повышение продуктивности пашни, выравнивание агрохимических показателей, снижение кислотности и каменистости
Кластер 3 (Западный – зона переувлажнения)	1. Гидротехнические мелиорации: осушение закрытым дренажем, двустороннее регулирование водного режима. 2. Известкование кислых почв (42,8 % площади). 3. Подбор влаголюбивых культур (многолетние травы, кормовые культуры). 4. Ограничение вспашки на переувлажненных участках, переход на минимальную обработку. 5. Противозерозионные меры на приречных склонах (в Порецком муниципальном округе)	Улучшение водно-воздушного режима, повышение урожайности, сокращение площадей кислых почв, снижение смыва
Кластер 4 (Юго-Восточный – зона высокого потенциального плодородия)	1. Внесение фосфорных и калийных удобрений в дозах, компенсирующих вынос (с учетом картограмм). 2. Применение органических удобрений для поддержания гумусного состояния. 3. Известкование при снижении pH < 5,5. 4. Мониторинг содержания гумуса и элементов питания	Стабилизация и повышение содержания P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> и K <sub>2</sub> O, сохранение высокого гумуса, предотвращение закисления

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Кластер отличается минимальной долей эродированной пашни (55,7 %), но максимальной долей переувлажненных (18,2 %) и кислых почв (42,8 %). Смыв близок к среднему (7,3 т/га), гумус выше среднего (4,5 %). Обеспеченность калием – наилучшая (лишь 25,2 % низкокалийных почв), каменистые почвы практически отсутствуют. Однако геоэкологическая обстановка неоднородна: на приречных склонах Порецкого муниципального округа интенсивность смыва почвы достигает 9,5 т/га, что создает локальные очаги эрозионной опасности.

*Кластер 4 (Юго-Восточный – зона высокого потенциального плодородия)* приурочен к лесостепной зоне с черноземами оподзоленными и выщелоченными и серыми лесными почвами. Включает Батыревский, Комсомольский, Шемуршинский, Яльчикский м. о. ЧР. Муниципальные округа кластера обладают высоким природным плодородием (максимальный бонитет 50 баллов и содержание гумуса 6,2 %) и минимальными показателями смыва (4,2 т/га).

Однако высокая распаханность и интенсивное земледелие привели к обеднению почв фосфором и калием: доля почв с низким содержанием P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> максимальна (30,2 %), а дефицит K<sub>2</sub>O значителен (38,9 %).

Выявленная пространственная дифференциация отражает зональные и провинциальные закономерности почвенного покрова Чувашии, а также особенности рельефа и хозяйственного использования. Предложенная типология уточняет и расширяет существующие схемы природно-сельскохозяйственного районирования [14] за счет количественного учета агрохимических показателей и эрозионных процессов, что позволяет перейти от общих рекомендаций к адресным программам.

Анализ региональных исследований, включая работы А. О. Елизарова и Р. Н. Ушакова (2022) [16, 17], подтверждает универсальность этого подхода. Применение кластерного, дискриминантного анализа и метода главных компонент доказывает, что многомерная статистика служит эффектив-

ным средством поиска оптимальной структуры свойств агроландшафтов.

*Практические рекомендации.* На основе проведенного анализа для каждого кластера предложены приоритетные направления мероприятий (табл. 2).

### Заключение

Земельные ресурсы Чувашской Республики находятся в состоянии устойчивого напряженного функционирования. Ключевыми лимитирующими факторами являются водная эрозия (охват 52,4 % пашни) и дисбаланс элементов питания (дефицит калия на 41,5 % площадей). Гумусовый фонд стабилен, но структурно неблагополучен: более 60 % пашни имеет недостаточное содержание органического вещества.

Методом иерархического кластерного анализа выделены четыре кластера Чувашской Республики, различающихся по комплексу геоэкологических показателей: Северный – зона критической деградации (критическая эрозия и дефицит калия); Центральный – зона эрозионного риска (средние показатели с повышенной кислотностью и каменистостью); Западный – зона переувлажнения (минимальная эрозия, но максимальное переувлажнение и кислотность); Юго-Восточный – зона высокого потенциального плодородия (высокий природный потенциал при дефиците фосфора и калия).

Выявленная дифференциация обуславливает необходимость применения адресных подходов к управлению земельными ресурсами. Для стабилизации геоэкологической ситуации необходимы: в Северном кластере – противозерозионные мероприятия и внесение калийных удобрений; в Западном – гидромелиорация и известкование; в Юго-Восточном – восполнение дефицита фосфора и калия; в Центральном – сбалансированное применение удобрений, известкование и мелиорация каменистых почв.

Полученные результаты могут служить геоэкологической основой для разработки региональных программ повышения плодородия почв, проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и рационального распределения средств государственной поддержки.

### Список литературы

1. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. М: Айрис Пресс, Рольф, 2002. 573 с. ISBN 5-7836-0532-8.
2. Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. СПб.: Лань, 2014. 107 с. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. [Электронный ресурс]. URL: [\[lanbook.com/book/52675\]\(http://lanbook.com/book/52675\) \(дата обращения: 01.03.2026\). ISBN 978-5-507-40831-3.](https://e-</a></li>
</ol>
</div>
<div data-bbox=)

3. Кирушин В. И. Состояние и проблемы развития адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2021. № 2. С. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10201. EDN: MGWARX.
4. Долгополова Н. В., Батраченко Е. А., Малышева Е. В. Влияние эрозионных процессов на устойчивость агроландшафтов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 11–16. EDN: CELGBE.
5. Черемисинов А. Ю., Черемисинов А. А. Устойчивость агроландшафтов и их элементов // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2018. № 1 (6). С. 39–44. EDN: YNQQGD.
6. Джафаров В. В., Кутавин И. А. Современные методики формирования и оценки устойчивости агроландшафтов // Московский экономический журнал. 2025. Т. 10. № 1. С. 236–249. EDN: SZXXAS.
7. Гулянов Ю. А. Обзор экологически обоснованных подходов к повышению устойчивости полевых агроландшафтов в постцелинных регионах России // Вопросы степеведения. 2023. № 2. С. 91–105. EDN: ZSPJNP.
8. Польшкина И. В. Репрезентативные показатели мониторинга плодородия земель и управления устойчивостью агроландшафтов // Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 4 (67). С. 122–129. EDN: YTFMPD.
9. Беляков А. М. Методы исследования и оценка состояния агроландшафтов сухостепной зоны Волгоградской области // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2018. Т. 4 (70). № 3. С. 100–106. EDN: YTABSP.
10. Белоченко И. С. Лесозащитные полосы как фактор улучшения агроландшафтов и повышения их локального биоразнообразия // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2019. Т. 15. № 3. С. 42–54. EDN: NYGEBL.
11. Мулендеева А. В. Ландшафтно-экологическая оценка состояния земель сельскохозяйственного назначения Чувашской Республики на основе многофакторного анализа и кластеризации // Естественнонаучные исследования в Чувашии. 2026. № 12. С. 149–159. EDN: TJHDWL.
12. Мулендеева А. В., Никонорова И. В., Ильин В. Н. Анализ экологической устойчивости агроландшафтов муниципальных округов Чувашской Республики // Успехи современного естествознания. 2024. № 6. С. 27–33. DOI: 10.17513/use.38279. EDN: LOUUIY.
13. Дунец А. Н., Латышева О. А., Мягкий П. А., Татаринцев В. Л., Татаринцев Л. М. Агроэкологическая оценка сельскохозяйственного землепользования и мероприятия по его охране // Вестник КрасГАУ. 2019. № 9 (150). С. 11–18. EDN: FEGACO.
14. Атлас земель сельскохозяйственного назначения Чувашской Республики: атлас-монография / гл. ред. С. Э. Дринев. Чебоксары. 2007. 184 с. ISBN 978-5-91225-019-4.
15. Миронов А. А., Автономов А. Н., Александров А. Н., Гаврилов О. Е., Гуменюк А. Е., Дмитриев А. В., Дороница К. А., Житова Е. Н., Ильин В. Н., Казаков Н. А., Карганова Н. Г., Карягин Ф. А., Китарева М. А., Мулендеева А. В., Никонорова И. В., Сытина Т. Ф., Шлемпа О. А. Экологический атлас Чувашской Республики: атлас-монография. Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова. 2024. 240 с. ISBN 978-5-7677-3854-0. EDN: SWIVEX.
16. Ушаков Р. Н., Ушакова Т. Ю., Ручкина А. В., Абдулаязнова К. В., Бобраков Ф. Ю. Оценка и оптимизация плодородия агросерой почвы методами многомерного статистического анализа // Агрохимия. 2022. № 12. С. 69–78. DOI: 10.31857/S0002188122120134. EDN: WROYQI.
17. Елизаров А. О., Ушаков Р. Н. Оценка устойчивости плодородия чернозема, выщелоченного методами многомерной статистики // Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета им. П. А. Костычева. 2022. Т. 14. № 1. С. 5–18. DOI: 10.36508/RSATU.2022.77.33.001. EDN: NDUOMQ.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

## СТАТЬЯ

УДК 528.5  
DOI 10.17513/use.38491



CC BY 4.0

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ  
ПОРТАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ПРЕДНАМЕРЕННЫХ  
РАДИОПОМЕХ НА ИЗМЕРЕНИЯ ПО СИГНАЛАМ  
ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ**

**Куприянов А. О. ORCID ID 0009-0008-9222-5579,  
Павлов С. М. ORCID ID 0009-0007-7200-4739,  
Шамрова А. Д. ORCID ID 0009-0003-0403-3037**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный университет геодезии и картографии», Москва,  
Российская Федерация, e-mail: pavsem-geod@yandex.ru*

В условиях роста несанкционированного применения устройств подавления спутниковых сигналов возрастает уязвимость геодезических измерений, основанных на использовании глобальных навигационных спутниковых систем. Целью исследования является количественная оценка влияния стационарного источника преднамеренных радиопомех на качество измерений спутниковой геодезической аппаратуры. Проведены полевые эксперименты с применением портативного подавителя сигналов и геодезического приемника на расстояниях от 50 до 190 м при пятиминутных сеансах подавления и восстановления. Проанализированы параметры отношения сигнал/шум, количество отслеживаемых спутников, углы возвышения и индексы многолучевости. Установлено, что фактическая зона полного подавления позиционирования достигала 110 м, превышая заявленный производителем радиус в 11 раз. Выявлена выраженная частотная избирательность: на частоте L1 происходил практически полный срыв слежения за спутниками на расстояниях до 130 м, тогда как на частоте L2 до 90 % спутников сохраняли устойчивое отслеживание даже на расстоянии 190 м. Зафиксированы задержки срыва слежения до 90 с после включения подавителя и аномальные всплески отношения сигнал/шум. Спутники с углами возвышения выше 75° демонстрировали повышенную устойчивость к помехам. Полученные результаты позволяют количественно оценить уязвимость геодезической аппаратуры к преднамеренным помехам и обосновать выбор помехоустойчивых частотных диапазонов для критически важных измерений.

**Ключевые слова:** ГЛОНАСС, радиоподавление навигационных сигналов, jamming, маскирующая помеха, спутниковая геодезическая аппаратура

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE IMPACT OF A PORTABLE  
INTENTIONAL JAMMING SOURCE ON GLOBAL NAVIGATION  
SATELLITE SYSTEMS SIGNAL MEASUREMENTS**

**Kypriyanov A. O. ORCID ID 0009-0008-9222-5579,  
Pavlov S. M. ORCID ID 0009-0007-7200-4739,  
Shamrova A. D. ORCID ID 0009-0003-0403-3037**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
“Moscow State University of Geodesy and Cartography”,  
Moscow, Russian Federation, e-mail: pavsem-geod@yandex.ru*

Amid the growing unauthorized use of satellite signal jamming devices, the vulnerability of geodetic measurements based on global navigation satellite systems is increasing. The study aims to quantitatively assess the impact of a stationary source of intentional radio interference on the measurement quality of satellite geodetic equipment. Field experiments were conducted using a portable jammer and a geodetic receiver at distances ranging from 50 to 190 meters with five-minute jamming and recovery sessions. Parameters analyzed included signal-to-noise ratio, number of tracked satellites, elevation angles, and multipath indices. It was found that the actual zone of complete positioning suppression reached 110 meters, exceeding the manufacturer-declared radius by a factor of eleven. Pronounced frequency selectivity was observed: at the L1 frequency, tracking of satellites was almost completely lost at distances up to 130 meters, whereas at the L2 frequency up to 90 % of satellites maintained stable tracking even at 190 meters. Tracking loss delays of up to 90 seconds after jammer activation and anomalous signal-to-noise ratio spikes were recorded. Satellites with elevation angles above 75 degrees demonstrated increased interference resistance. The results enable quantitative assessment of geodetic equipment vulnerability to intentional interference and justify the selection of interference-resistant frequency bands for critical measurements.

**Keywords:** GLONASS, radio jamming of navigation signals, jamming, masking interference, satellite geodetic equipment

### Введение

В настоящее время методы измерений на основе воздушного и мобильного лазерного сканирования, батиметрической съемки и аэрофотосъемки требуют непрерывного кинематического определения координат с использованием глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Несмотря на применение комбинированных инерциально-спутниковых систем (ИНС/ГНСС), при полной потере навигационных сигналов точность позиционирования быстро деградирует: к первой минуте автономной работы инерциальной подсистемы средняя квадратическая погрешность достигает 0,75 м [1]. Такая ограниченная временная устойчивость делает системы уязвимыми перед преднамеренными помехами, создаваемыми устройствами подавления («глушилками»), работающими непрерывно в течение десятков секунд и более. В гражданском обороте в Российской Федерации и за рубежом наиболее распространены устройства, генерирующие маскирующую шумовую помеху, которая затрудняет прием навигационного сигнала и измерение его параметров [2].

В технической и военной литературе помехи данного типа часто называют маскирующими. В зависимости от соотношения спектров помехи и полезного сигнала маскирующие помехи подразделяются на прицельные, заградительные и прицельно-заградительные [3–5].

При подавлении сигналов ГНСС, требующих охвата широкого диапазона частот, наиболее эффективным средством является маскирующая заградительная помеха. Следует отметить, что данный метод не требует точной информации о параметрах целевой системы. Вместе с тем центральные частоты различных типов спутниковых сигналов ГНСС являются общедоступными и опубликованы в открытых источниках [6–8].

По состоянию на январь 2026 г. в Российской Федерации отсутствует четко регламентированная законодательная база, запрещающая или ограничивающая свободную продажу устройств подавления сигналов. Вследствие этого зафиксировано множество случаев несанкционированного применения подобных устройств, повлекших за собой негативные последствия для функционирования критически важной инфраструктуры.

В этих условиях остро встает вопрос о необходимости проведения комплексных исследований для оценки характера, последствий и масштабов угрозы, обусловленной массовым использованием средств

подавления спутниковой навигационной и геодезической аппаратуры.

Для оценки влияния преднамеренного радиочастотного излучения на функционирование спутниковой геодезической аппаратуры (СГА) были спланированы и проведены полевые экспериментальные исследования.

**Цель исследования** – количественная оценка влияния стационарного подавителя сигнала на качество измерений по сигналам ГНСС, выполняемых СГА. В рамках работы определена зависимость между параметрами помехи (мощность излучения, расстояние до источника) и характеристиками полученных наблюдений (количество доступных спутников, соотношение сигнал/шум), а также выявлены характерные эффекты и аномалии во временных рядах измерений.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и выполнены следующие задачи:

- 1) разработан план экспериментального исследования в сценарии с неподвижным подавителем и его последовательным приближением к СГА;
- 2) разработана методика проведения экспериментов;
- 3) выполнены полевые экспериментальные исследования;
- 4) выполнены обработка и анализ полученных данных.

### Материалы и методы исследования

Для проведения экспериментального исследования была разработана методика воздействия преднамеренных маскирующих помех на спутниковую геодезическую аппаратуру (СГА), имитирующая реальные условия эксплуатации в условиях подавления сигналов ГНСС:

1. Источник помех расположен в плоскости горизонта антенны СГА с вертикальным превышением не более 1 м.
2. Воздействие помех на расстояниях до 190 м с дискретностью 10 м.
3. Сеанс глушения и восстановления сигнала должен равняться 5 мин.
4. Определение расстояния от спутниковой геодезической аппаратуры до подавителя помех выполнялось с помощью оптического дальномера АМО HUNTER 500.
5. Закрепление точек осуществлялось посредством закрепления временных геодезических знаков.

В качестве источника заградительных помех использовался подаватель сигналов EaglePro Метель-PRO, технические характеристики устройства представлены в табл. 1, внешний вид устройства – на рис. 1.

Таблица 1

Технические характеристики подавителя сигнала EaglePro Метель-PRO

Характеристика	Значение
Заявленный радиус действия	10 м
Габариты	135x76x35 мм
Количество каналов	6
Заявленные подавляемые частоты	GSM 925 – 965 МГц, DCS/PHS 1805 МГц – 1880 МГц, 3G 2110 МГц – 2170 МГц, GPS и ГЛОНАСС 1500 МГц – 1610 МГц, 4G 2620 МГц – 2690 МГц, WiFi и Bluetooth 2400 – 2500 МГц
Тип помех	Непрерывный
Тип сигнала	Маскирующий, заградительный

Примечание: составлена авторами на основе данных, указанных в сопроводительной документации к устройству

Таблица 2

Технические характеристики спутниковой геодезической аппаратуры Altus APS-3

Характеристика	Значение
Количество каналов	136
Принимаемые сигналы от навигационных систем	GPS L1/L2/L2C, ГЛОНАСС L1/L2, SBAS
Режимы измерений	Автономный, статика, кинематика в реальном времени (RTK), дифференциальный кодовый (DGPS), навигация с дифференциальными поправками (SBAS)
ОЕМ модуль	AsteRx2

Примечание: составлена авторами на основе данных, указанных в паспорте устройства



Рис. 1. Подавитель сигналов EaglePro Метель-PRO  
Примечание: фото авторов

В качестве СГА использовался Altus APS-3, основные технические характеристики устройства представлены в табл. 2.

Для определения типовых эффектов и аномалий, возникающих при включении подавителя спутниковых сигналов на тех или иных расстояниях до СГА, была разработана следующая методика.

Методика предусматривает последовательное включение и выключение подавителя сигналов с интервалом в 5 мин, в различных точках установки подавителя сигнала (рис. 2).

Для обработки и анализа измерительной информации, полученной с приемника ГНСС, использовалось следующее программное обеспечение:

1) программа анализа влияния глушения и подмены радионавигационных сигналов на результат наблюдений ГНСС [9];

2) программа анализа качества измерительной информации ГНСС измерений [10].

Обработка измерительной информации включала анализ следующих параметров: отношения сигнал/шум ( $C/N_0$ ), индексов многолучевости, кодовых псевдодальностей и измерений несущей фазы, а также статуса слежения за спутниками и количества доступных навигационных сигналов.

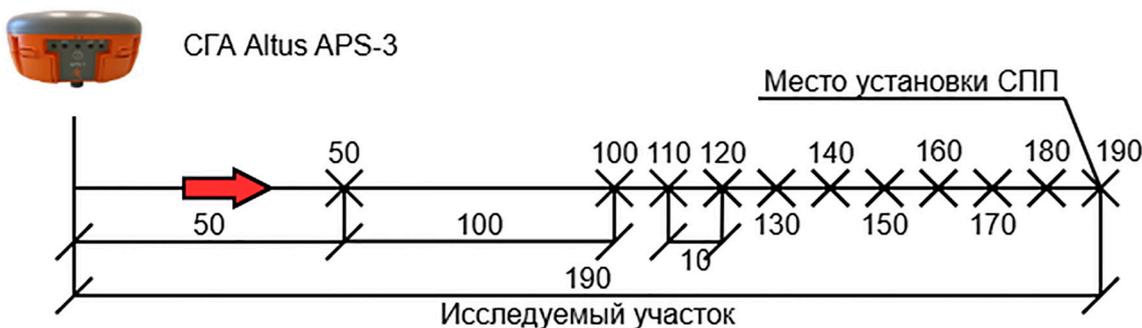


Рис. 2. Схема проведения эксперимента  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

### Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный анализ экспериментальных исследований позволил выявить ряд эффектов и аномалий, связанных с влиянием подавляющего сигнала на работу СГА. Рассмотрим наиболее значимые из них в контексте проведенных методик и условий полевых испытаний:

Наиболее уязвимой для подавления сигнала оказалась несущая L1 обеих группировок (GPS/ГЛОНАСС): на расстояниях до 110 м наблюдалась полная или почти полная потеря слежения (0–20 % сохра-

ненных спутников; рис. 3). В то же время сигналы на частотах L2 и ее модификациях (L2C, L2L, L2W) продемонстрировали значительно большую устойчивость. Уже на расстоянии 100 м по частоте L2 сохранялось более 40 % спутников с возможностью частичного восстановления в течение сеанса, а по коду L2L – более 70 % без признаков срыва. На расстояниях 140–190 м доля стабильно отслеживаемых спутников достигала 50–90 %. Данная асимметрия может объясняться применением более помехоустойчивых кодов на L2 (длинные кодовые последовательности, узкополосная корреляционная обработка).

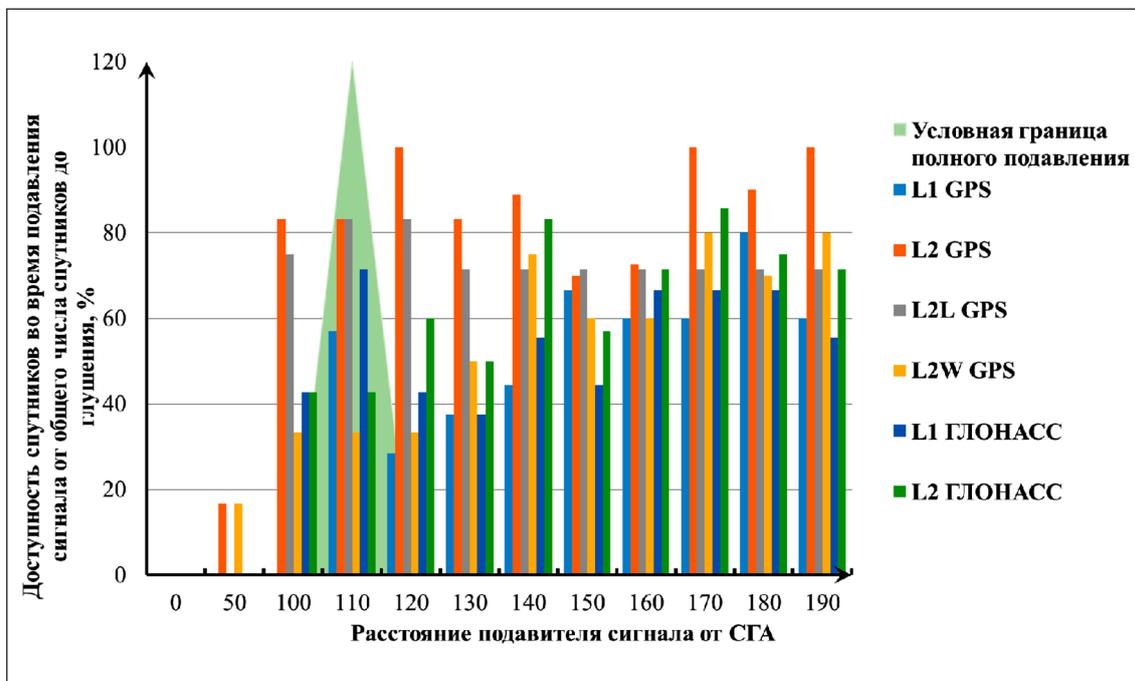


Рис. 3. Схема проведения эксперимента  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

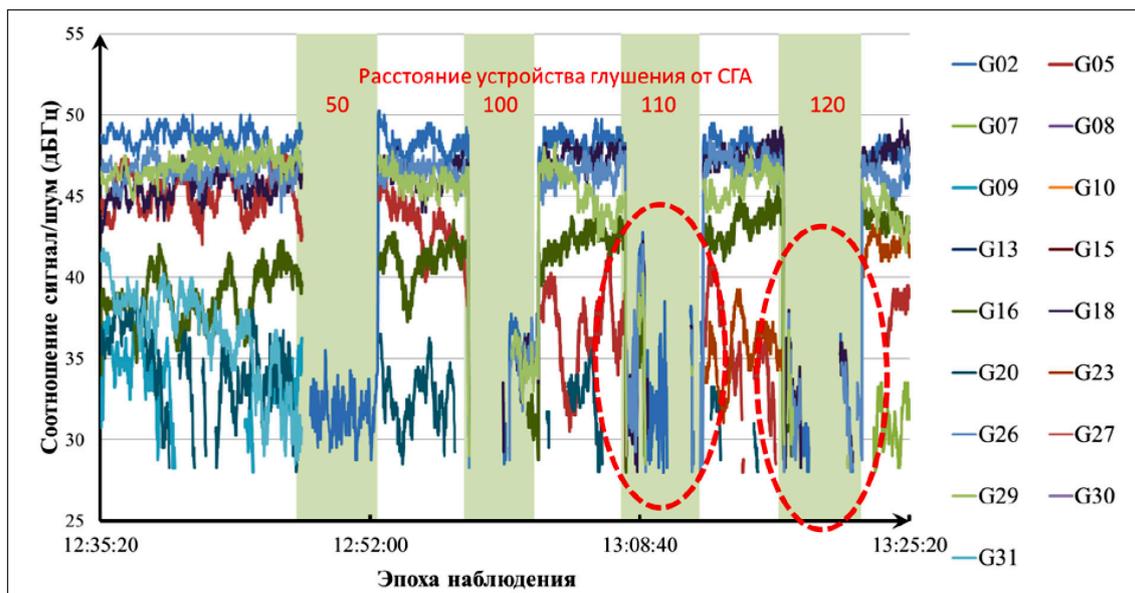


Рис. 4. Соотношение сигнал/шум частоты L1 спутниковой группировки GPS  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

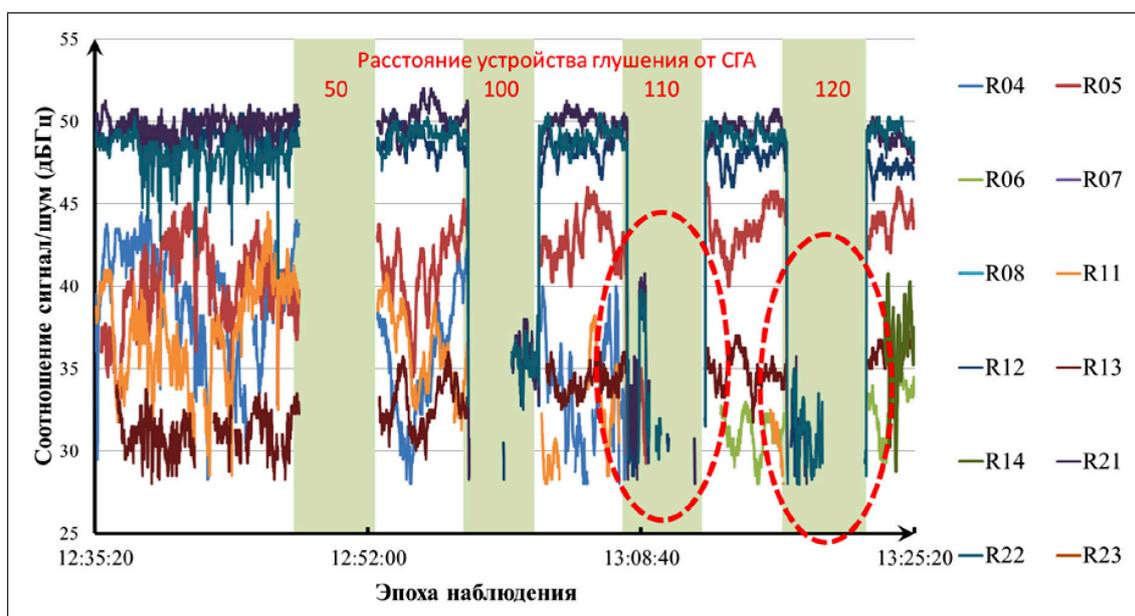


Рис. 5. Соотношение сигнал/шум частоты L1 спутниковой группировки GPS  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

При этом следует отметить, что не всегда происходит мгновенный срыв наблюдения за навигационным сигналом у СГА при включении подавителя. На расстояниях 100–120 м зафиксированы случаи, когда приемник продолжал отслеживать спутник в течение 30–90 с после начала воздействия помехи (спутники G02, G18 группировки GPS, рис. 4), после чего происходил срыв с последующим восстановлением сигнала.

Данное поведение объясняется инерционностью алгоритмов отслеживания сигнала в приемнике. При кратковременном ухудшении отношения сигнал/шум система продолжает удерживать сигнал за счет экстраполяции его параметров на основе предыдущих измерений, пока накопленная ошибка не превысит допустимый предел [11, 12]. Аналогичный эффект наблюдался для ГЛОНАСС (рис. 5).

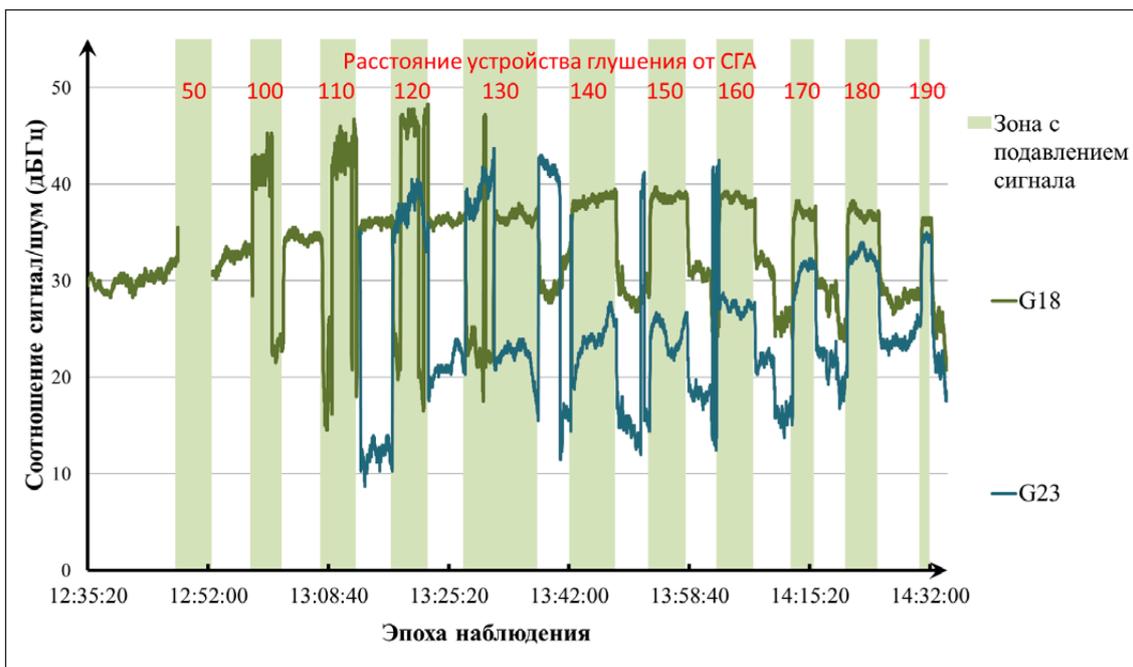


Рис. 6. Соотношение сигнал/шум частоты L2 спутниковой группировки GPS  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

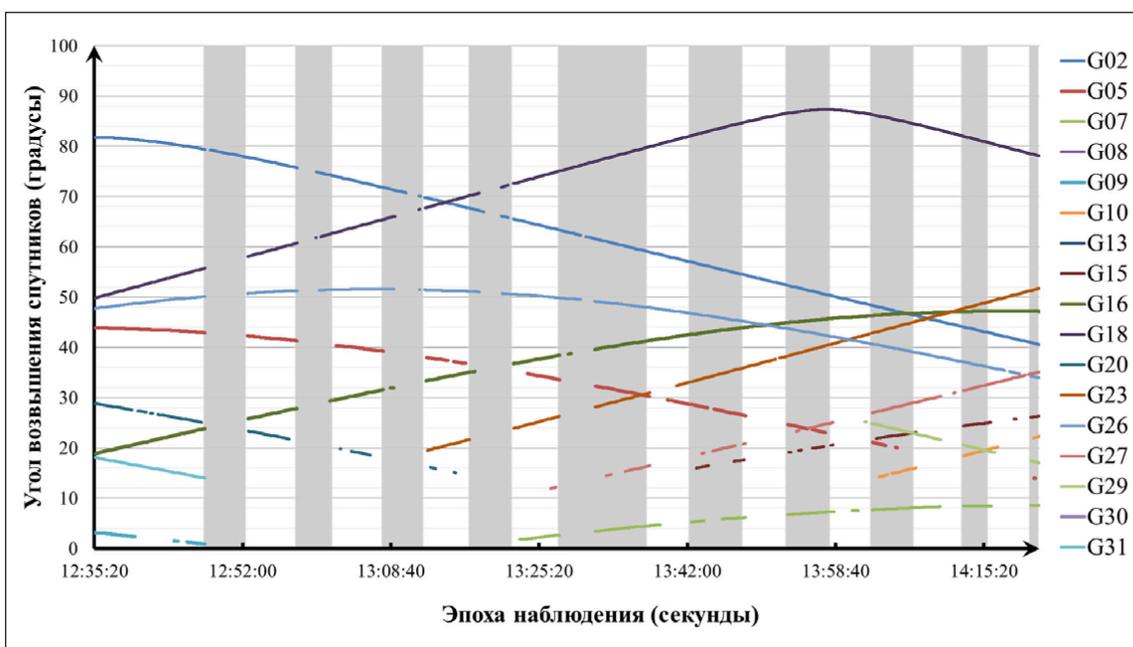


Рис. 7. Углы возвышения спутников по частоте L1 спутниковой группировки GPS  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

На расстояниях 100–190 м зафиксированы кратковременные возрастания SNR в момент активного подавления (рис. 6). Данный эффект может интерпретироваться как результат когерентного суммирования полезного сигнала и помехи в узкополос-

ном фильтре приемника. При определенном соотношении фаз и частотных настроек помеха временно усиливает амплитуду результирующего колебания, что регистрируется как рост SNR. Подобные явления описаны в литературе как «конструктивная интерфе-

ренция помехи» и представляют угрозу для систем обнаружения подавления на основе мониторинга SNR [13, 14].

В условиях воздействия заградительной помехи спутники с большими углами возвышения демонстрируют повышенную устойчивость приема: сигнал сохраняется в течение более длительного времени после начала по-

давления, а вероятность его восстановления в ходе сеанса оказывается выше по сравнению со спутниками, расположенными на низких углах (рис. 7, 8). В качестве иллюстрации можно привести пример спутника G02 группировки GPS, который сохранял устойчивый прием на расстоянии 50 м от источника помехи при угле возвышения свыше  $75^\circ$ .

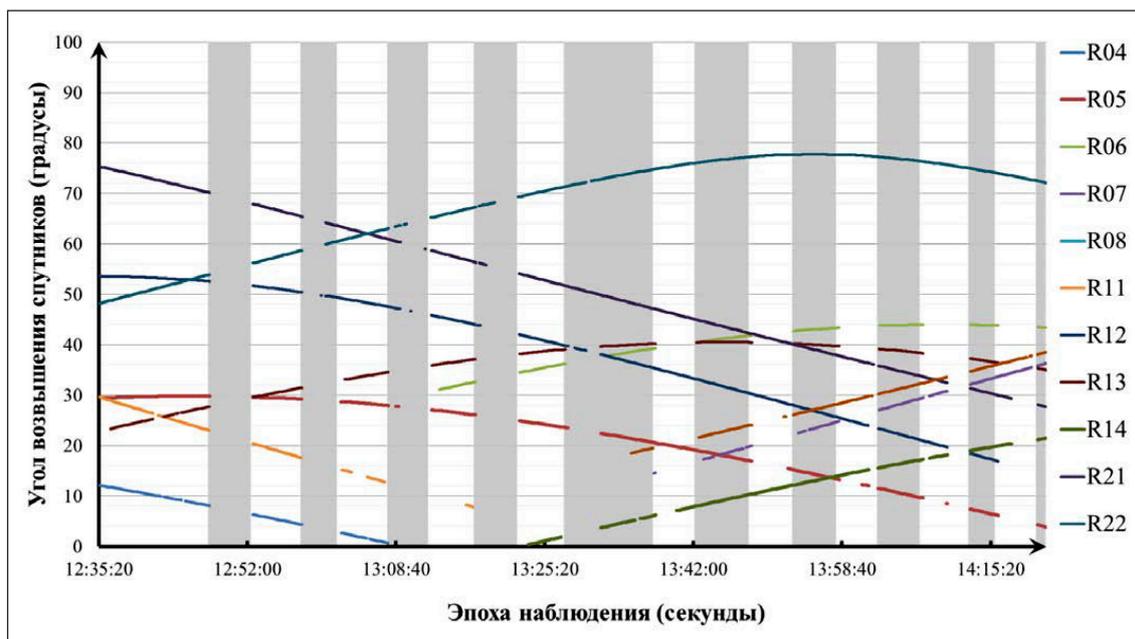


Рис. 8. Углы возвышения спутников по частоте L1 спутниковой группировки ГЛОНАСС  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

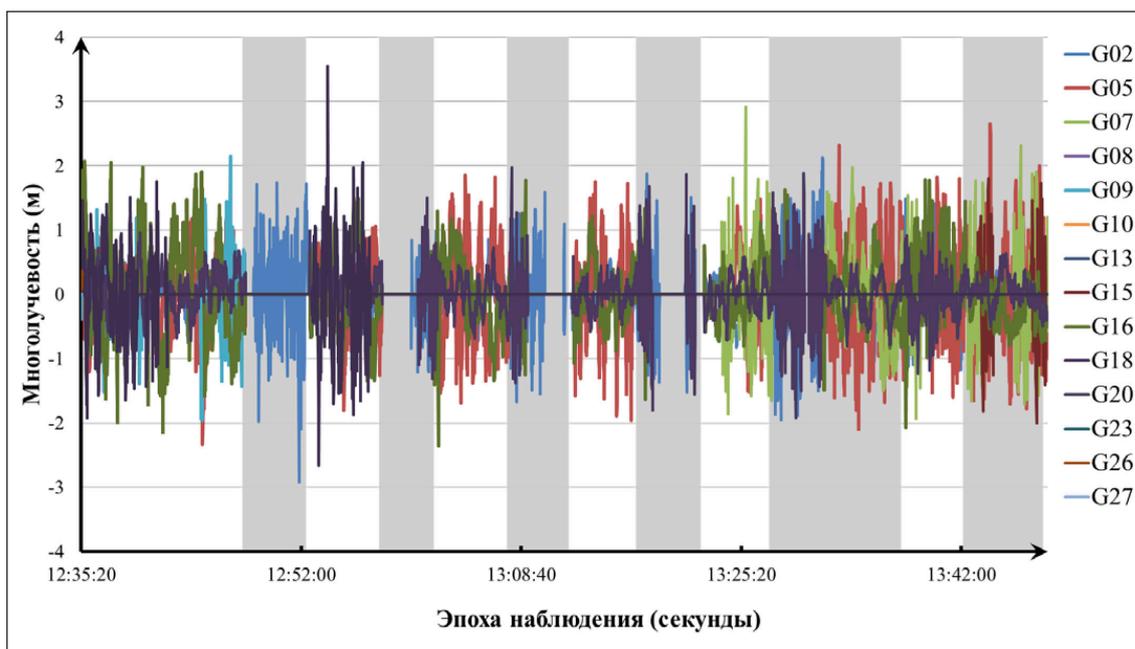


Рис. 9. Многолучечность спутников по частоте L1 спутниковой группировки GPS  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

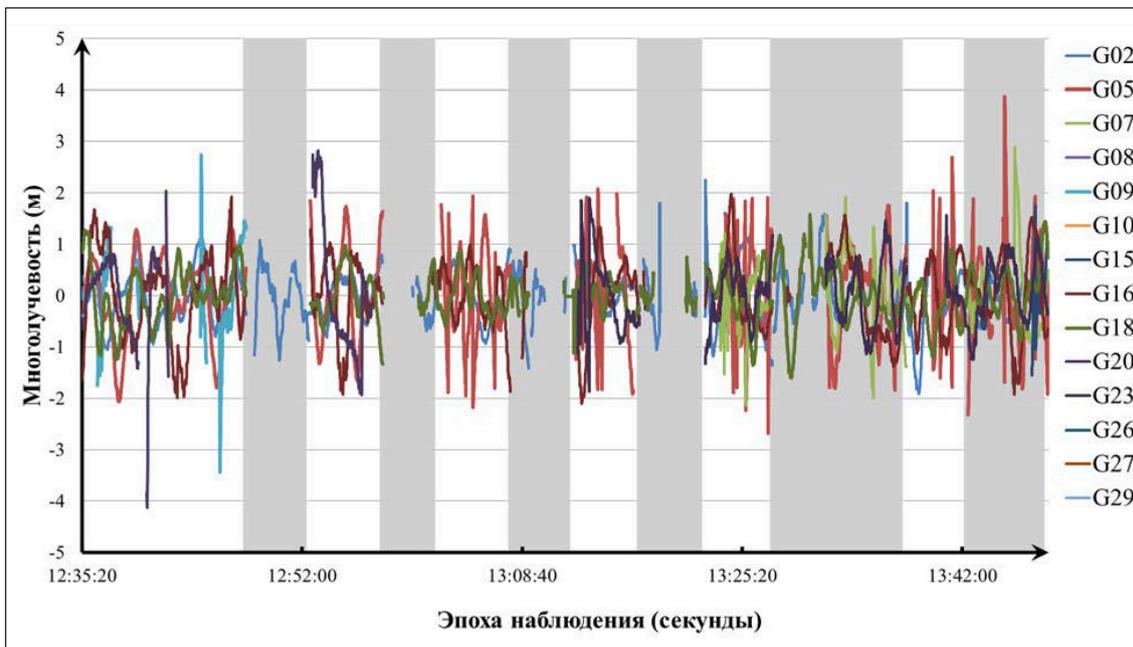


Рис. 10. Углы возвышения спутников по частоте L2 спутниковой группировки GPS  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

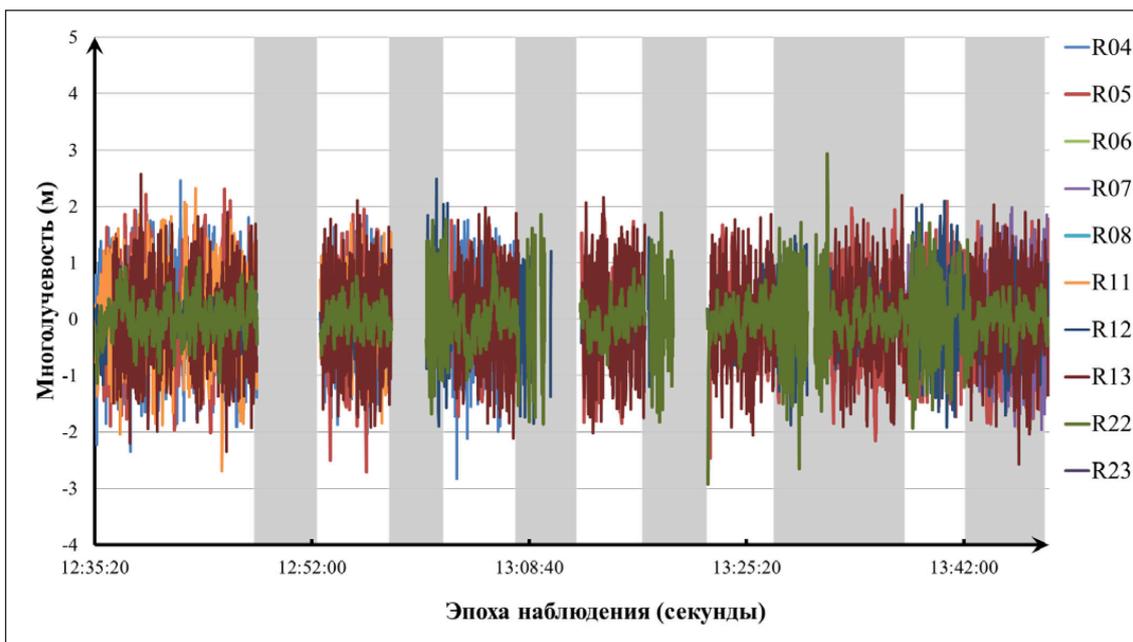


Рис. 11. Многолучечность спутников по частоте L1 спутниковой группировки ГЛОНАСС  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Выявленная особенность открывает возможность повышения надежности геодезических измерений в условиях преднамеренного подавления за счет планирования сеансов наблюдений в периоды, когда максимальное количество спутников находится на высоких углах возвышения. Такой

подход позволяет частично компенсировать влияние помехи за счет использования спутников с наибольшим запасом по отношению сигнал/шум.

Повышенная устойчивость спутников в зенитной области объясняется следующими факторами. Во-первых, при нахождении

спутника вблизи зенита путь радиоволны через атмосферу минимален, что снижает поглощение и рассеяние сигнала в тропосфере и ионосфере. Во-вторых, диаграмма направленности антенны СГА обеспечивает максимальный коэффициент усиления в направлении зенита, что приводит к увеличению уровня принимаемого сигнала по сравнению с низкими углами возвышения. В-третьих, вероятность многолучевого распространения в зенитной области минимальна вследствие отсутствия препятствий над горизонтом. Совокупность этих факторов формирует запас по отношению сигнал/шум, что повышает помехоустойчивость приема.

В условиях воздействия заградительной помехи наблюдается ухудшение качества оценки параметров многолучевости. На графиках многолучевости (рис. 9–11) фиксируются два характерных эффекта:

- увеличение амплитуды отклонений измеренных значений по сравнению с условиями свободного приема;

- разрежение точек данных – снижение плотности отсчетов во времени, указывающее на нестабильность работы алгоритмов оценки.

Данные эффекты сопровождаются снижением отношения сигнал/шум и искажением формы корреляционной функции под воздействием широкополосной помехи. При загрязнении спектра сигнала корреляционные пики теряют четкость и приобретают асимметрию, что снижает точность оценки многолучевости, основанной на анализе формы этих пиков [15, 16].

### Выводы

Проведено экспериментальное исследование влияния заградительной помехи на прием сигналов ГНСС спутниковой геодезической аппаратурой при варьировании расстояния между подавителем и приемником в диапазоне 50–190 м. На основе полученных данных сформулированы следующие выводы:

1. Устройство подавления, заявленное производителем как имеющее радиус действия 10 м, обеспечило полное подавление позиционирования на расстояниях до 110 м и частичное подавление – до 190 м. Фактическая зона поражения превысила заявленную в 11 раз.

2. Выявлена выраженная частотная избирательность подавления.

3. На частоте L1 (GPS/ГЛОНАСС) наблюдалась потеря 40–100 % спутников на расстояниях 50–130 м.

4. На частотах L2/L2C/L2L/L2W сохранилось 43–100 % спутников уже на расстоянии 100 м, а на 140–190 м – 50–90 %.

5. Зафиксирована нелинейная динамика реакции приемника: срыв слежения происходил с задержкой 30–90 с после включения подавителя, с последующим восстановлением сигнала у отдельных спутников без изменения геометрии сценария.

6. На расстояниях 100–190 м зарегистрированы кратковременные аномальные всплески отношения сигнал/шум (до +8 дБ), что может снижать эффективность систем обнаружения подавления, основанных на мониторинге данного параметра.

7. При подавлении наблюдалась систематическая деградация оценки многолучевости: увеличение амплитуды отклонений, разреживание точек данных и полное прекращение расчета на частотах L2L/L2W при резких скачках уровня сигнала.

8. Спутники с углами возвышения выше 75° продемонстрировали повышенную устойчивость к подавлению (пример: спутник G02 GPS L1 сохранял прием на расстоянии 50 м). Это открывает возможность частичной компенсации влияния помехи за счет планирования сеансов наблюдений в периоды максимального количества спутников на высоких углах возвышения.

Полученные результаты позволяют количественно оценить уязвимость геодезической аппаратуры к преднамеренным помехам и обосновать выбор частотных диапазонов для критически важных измерений. Для установления количественных метрик зависимости устойчивости приема от угла возвышения, а также для анализа влияния диаграммы направленности антенны подавителя на зону поражения необходимы дополнительные исследования.

### Список литературы

1. Куприянов А. О., Кузнецов Д. А., Морозов Д. А. Экспериментальная оценка точности позиционирования комбинированной навигационной спутниковой системы при прерывании навигационных сигналов // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотоъемка. 2021. Т. 65. № 4. С. 402–411. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47408024> (дата обращения: 24.02.2026). DOI: 10.30533/0536-101X-2021-65-4-402-411. EDN: OCFGGQ.

2. Бирненко Д. О., Хекерт Е. В., Савельев В. Г. Помехи ГНСС как угроза для безопасности // Эксплуатация морского транспорта. 2018. № 4. С. 9–12. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36865910> (дата обращения: 24.02.2026).

3. Коломенский К. Ю. Методы подавления помех при приеме сигналов глобальных навигационных спутниковых систем на основе обработки сигналов во временной, частотной и частотно-временной областях // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2025. Т. 28. № 4. С. 6–24. URL: <https://re.eltech.ru/jour/article/view/1048> (дата обращения: 24.02.2026). DOI: 10.32603/1993-8985-2025-28-4-6-24.

4. Европейское агентство по авиационной безопасности (EASA). Бюллетень по информированию о безопасности: сбои и искажения сигналов глобальной навигационной спутниковой системы, приводящие к ухудшению связи, навигации и наблюдения: бюллетень по информированию о безопасности SIB № 2022-02R3 от 05 июля 2024 г. Rev. 3. ЕС. 2024. 6 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://ad.easa.europa.eu/ad/2022-02R3> (дата обращения: 24.02.2026).
5. Осипов А. С. Военно-технические основы построения средств и комплексов РЭП. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2013. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=2134567> (дата обращения: 24.02.2026). ISBN 978-5-7638-2736-1.
6. Интерфейсный контрольный документ навигационного космического аппарата ГЛОНАСС (ред. 5.1). М.: ЦНИИМАШ, 2008. 80 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/> (дата обращения: 24.02.2026).
7. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. 4-е изд. М.: Радиотехника, 2010. 800 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=1567890> (дата обращения: 24.02.2026). ISBN 978-5-88070-251-0.
8. IS-GPS-200M (Interface Specification GPS. Navstar Space Segment/Navigation User Segment). 2023. 324 p. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gps.gov/technical/icwg/IS-GPS-200M.pdf> (дата обращения: 24.02.2026).
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025691473 Российская Федерация. Программа анализа влияния глушения и подмены радионавигационных сигналов на результат наблюдений ГНСС: заявл. 28.10.2025; опубл. 14.11.2025 / А. О. Куприянов, Д. Е. Лева, Д. А. Морозов и др.; заявитель «Московский государственный университет геодезии и картографии». [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=84128671> (дата обращения: 24.02.2026). EDN: YJKPK.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025690576 Российская Федерация. Программа анализа качества измерительной информации ГНСС измерений: заявл. 28.10.2025; опубл. 10.11.2025 / А. О. Куприянов, Д. А. Морозов, Д. Е. Лева и др.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии». [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=84127124> (дата обращения: 24.02.2026). EDN: THAMJU.
11. Kaplan E. D., Hegarty C. (eds.). Understanding GPS/GNSS: principles and applications. Artech House, 2017. 993 p. ISBN 978-1-63081-058-0.
12. Borre K., Akos D. M., Bertelsen N., Rinder P., Jensen S. H. A software-defined GPS and Galileo receiver: a single-frequency approach. Boston, MA: Birkhäuser Boston, 2007. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.researchgate.net/publication/321619503\\_A\\_Software-Defined\\_GPS\\_and\\_Galileo\\_Receiver\\_A\\_Single-Frequency\\_Approach](https://www.researchgate.net/publication/321619503_A_Software-Defined_GPS_and_Galileo_Receiver_A_Single-Frequency_Approach) (дата обращения: 24.02.2026).
13. Groves P. D., Jiang Z., Rudi M., Strode P. A Portfolio Approach to NLOS and Multipath Mitigation in Dense Urban Areas // Proceedings of the 26th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2013), Nashville, TN. 2013. P. 3231-3247. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ion.org/publications/abstract.cfm?articleID=11264> (дата обращения: 24.02.2026).
14. Strode P. R. R., Groves P. D. GNSS multipath detection using three-frequency signal-to-noise measurements // GPS Solutions. 2016. Vol. 20. Is. 3. P. 399–412. URL: [https://www.researchgate.net/publication/273900673\\_GNSS\\_multipath\\_detection\\_using\\_three-frequency\\_signal-to-noise\\_measurements](https://www.researchgate.net/publication/273900673_GNSS_multipath_detection_using_three-frequency_signal-to-noise_measurements) (дата обращения: 24.02.2026). DOI: 10.1007/s10291-015-0449-1
15. Kubo N., Kobayashi K., Furukawa R. GNSS multipath detection using continuous time-series C/N0 // Sensors. 2020. Vol. 20. Is. 14. P. 4059. URL: [https://www.researchgate.net/publication/343128648\\_GNSS\\_Multipath\\_Detection\\_Using\\_Continuous\\_Time-Series\\_CN0](https://www.researchgate.net/publication/343128648_GNSS_Multipath_Detection_Using_Continuous_Time-Series_CN0) (дата обращения: 24.02.2026). DOI: 10.3390/s20144059.
16. Gamba M. T., Motella B., Pini M. Statistical test applied to detect distortions of GNSS signals // 2013 International Conference on Localization and GNSS (ICL-GNSS). IEEE. 2013. P. 1–6. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.researchgate.net/publication/261488819\\_Statistical\\_test\\_applied\\_to\\_detect\\_distortions\\_of\\_GNSS\\_signals](https://www.researchgate.net/publication/261488819_Statistical_test_applied_to_detect_distortions_of_GNSS_signals) (дата обращения: 24.02.2026). DOI: 10.1109/ICL-GNSS.2013.6577244.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

## СТАТЬЯ

УДК 630\*23:630\*453:630\*581  
DOI 10.17513/use.38492



CC BY 4.0

**ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ  
В НАРУШЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ  
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «КРАСНОЯРСКИЕ СТОЛБЫ»**

**Данилюк Д. Я. ORCID ID 0009-0000-4552-2118,  
Вайс А. А. ORCID ID 0000-0003-4965-3670,  
Андропова А. А. ORCID ID 0000-0001-7079-0819,  
Соклаков Н. А. ORCID ID 0009-0005-9785-2107**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика  
М. Ф. Решетнева», Красноярск, Российская Федерация, e-mail: danya\_091102@mail.ru*

Цель работы – оценка лесовозобновления участков, поврежденных уссурийским полиграфом. Исследование проводилось на семи пробных площадях. Согласно данным лесоустройства, повреждения пихтовых древостоев на данной территории возникли в 2012 г. Инвазивному нарушению подверглись две группы по породному составу: пихтово-кедровые и пихтово-березовые насаждения. Доминирующее количество подроста на участках представлено пихтовым подростом, березы от 2 до 3 ед., кедр представлен единично. В дальнейшей оценке участвовал весь подрост. Максимальное количество подроста наблюдалось в пихтаче разнотравно-осочковом и крупнотравно-папоротниковом. Встречаемость подроста на всех участках равномерная. Состояние и размерные параметры подроста во многом зависят от интенсивности повреждения полиграфом (23–82 %). Интенсивность повреждения оказала опосредованное влияние на количественную и качественную характеристику подроста. Скорее всего, прямое влияние на формирование и развитие подроста оказывают условия произрастания. Размещение подроста как групповое, так и одиночное. Агрегация также имеет определенное влияние на состояние подроста. Групповое расположение в большей степени наблюдается у сомнительной подроста как пихты, так и березы. В целом на территории доминирует подрост последующей генерации.

**Ключевые слова:** лесовозобновление, подрост, пихтовые насаждения, встречаемость, обилие, густота

**ASSESSMENT OF NATURAL FOREST  
REGENERATION IN DEGRADED STANDS  
OF THE “KRASNOYARSK STOLBY” NATIONAL PARK**

**Danilyuk D. Ya. ORCID ID 0009-0000-4552-2118,  
Vays A. A. ORCID ID 0000-0003-4965-3670,  
Andronova A. A. ORCID ID 0000-0001-7079-0819,  
Soklakov N. A. ORCID ID 0009-0005-9785-2107**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
“Siberian State University named after M. F. Reshetnev”, Krasnoyarsk,  
Russian Federation, e-mail: danya\_091102@mail.ru*

The aim of this study is to assess forest regeneration in areas damaged by the Ussurian polygraf. The research was conducted on 7 sampling plots. According to forestry data, damage to the fir stands in this area occurred in 2012. Two groups of stands were affected by the invasive disturbance: fir–cedar and fir–birch stands. The dominant amount of saplings on these sites is represented by fir saplings, with birch present at 2 to 3 individuals, and cedar represented only by a few trees. The entire sapling layer was included in the assessment. The highest number of saplings was observed in the mixed herbaceous–fir and large herbaceous fern types. The occurrence of saplings was fairly uniform across all sites. The condition and size parameters of the saplings largely depended on the severity of damage caused by the polygraf (23–82%). The intensity of damage had an indirect influence on the quantitative and qualitative characteristics of the saplings. It is most likely that the growth conditions directly affect the formation and development of the saplings. Saplings are arranged both in groups and individually, with some degree of aggregation also influencing their condition. Group arrangements are more common among uncertain saplings of both fir and birch. Overall, the regenerating layer in the area is dominated by subsequent generation saplings.

**Keywords:** forest regeneration, juveniles, fir stands, encounter rate, abundance, stand density

**Введение**

Инвазионный дальневосточный короед – уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera, Scolytidae) оказывает негативное воздействие на темно-

хвойные леса [1]. Инвайдер изменил структуру и строение насаждений на значительной площади. При этом влияние вредителя на ценозы носит фрагментарный и очаговый характер [2]. История происхождения

и распространения полиграфа представлена в ряде научных публикаций [3, 4]. Особенности распространения и механизм воздействия короеда в Сибири описан в трудах [5–7].

Согласно данным С. А. Кривец, полиграф во вторичном ареале встречается в насаждениях различного состава, но с полным или частичным участием пихты. При этом ареал распространения достаточно широк [8].

Особенно насущная проблема воспроизводства лесных ресурсов Сибири – это повышение эффективности естественного лесовозобновления и реализация потенциала лесных экосистем к самовосстановлению. Оно принимает особое значение в условиях распространения нового инвазивного вида, уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus Blandf*), массовое размножение которого вызвало деградацию пихтовых древостоев, образование сухостоев и затронуло подчиненные ярусы [1].

Важной составляющей воздействия полиграфа уссурийского является его влияние на подрост пихты. Устойчивость молодого подпологового поколения различных категорий крупности описана в ряде исследований [9, 10]. Авторы приходят к выводу о временной ограниченности влияния полиграфа на подрост, после инвазивного воздействия наблюдается удовлетворительная возобновительная способность ценоза.

Уссурийский полиграф вызывает отпад взрослых и молодых деревьев, что приводит к изменению уровня инсоляции и формированию очагов как открытого, так и закрытого типа. В живом напочвенном покрове наблюдается смена групп от таежного мелкотравья к разнотравью и сорнотравью. При

этом растет плотность и размеры травяно-кустарникового покрова [11–13].

**Цель исследования** – оценка лесовозобновления участков, поврежденных уссурийским полиграфом на территории национального парка «Красноярские столбы».

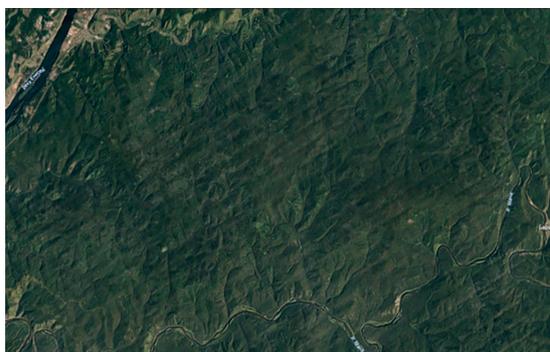
#### Материалы и методы исследования

Национальный парк «Красноярские столбы» расположен вблизи г. Красноярск (рис. 1). Основной лесообразующей породой территории является пихта. Вспышка инвайдера в 2012–2014 гг. сформировала очаги различной площади и месторасположения.

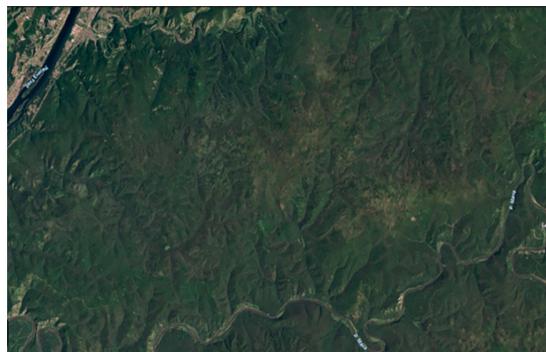
Исследование проводилось на семи пробных площадях (кварталы 31, 46, 47 и 48). Согласно данным лесоустройства, повреждения пихтовых лесов на данной территории возникли в 2012 г. Как показывают космические снимки, катастрофических изменений в лесной экосистеме не выявлено. Однако на локальном уровне пихтовые насаждения повреждены, очаги полиграфа встречаются на всей территории национального парка.

В течение полевого сезона проведена оценка поврежденных полиграфом насаждений чистых и смешанных пихтовых древостоев при вспомогательном участии березы повислой (*Betula pendula* Roth) и сосны сибирской кедровой (*Pinus sibirica*). Насаждения разновозрастные и представлены различными поколениями пихты. Уровень нарушенности зависел от интенсивности воздействия инвайдера.

Темнохвойные насаждения с преобладанием пихты сибирской (*Abies sibirica*) относятся к пихтачам разнотравных, зеленомошниковых и крупнотравных групп.



Снимок 2010 г.



Снимок 2020 г.

Рис. 1. Территория национального парка «Красноярские столбы» до (2010 г.) и после (2020 г.) воздействия полиграфа

Примечание: составлен авторами на основе космических снимков Landsat (Google Earth Pro)

На лесных участках до воздействия полиграфа наблюдалась полнота, равная и больше 1,0, что свидетельствует о плотном кроновом пространстве, способствующем усилению конкуренции за свет, воду и питательные вещества.

Учет деревьев на нарушенных участках проводился на основе оптимизированной методики, разработанной научными сотрудниками Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН совместно с Институтом биогеохимии им. Макса Планка (г. Йена, Германия) [14]. Пробная площадь состояла из трех концентрических кругов с целью полного перечета деревьев в них в зависимости от диаметра дерева. Диаметр первого круга – 3,5 м, второго – 7,5 м и третьего – 15,0 м. На пробе проводилась таксация древесного яруса, учет подроста и подлеска. Разбивка площади на местности осуществлялась по сторонам света. Учет подроста выполнялся на четырех учетных площадках, расположенных

в северном, восточном, южном и западном направлениях. Размер – 2\*2 м. Подрост характеризовался следующими морфологическими признаками: видовая принадлежность, возраст, высота и категория жизненного состояния.

На всех исследуемых участках наблюдался отпад по запасу древостоя. Кроме этого, выявлена высокая захламленность, значительное количество сухостоя и валежа (рис. 2).

### Результаты исследования и их обсуждение

При перечете деревьев выявлено, что инвазивному нарушению подверглись две разные по составу группы: пихтово-кедровые и пихтово-березовые насаждения. На участках наблюдалась высокая инсоляция из-за низкой полноты и активного зарастания крупнотравными видами (рис. 2).



Рис. 2. Участки (№ 1, 2) разной степени повреждения полиграфом  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Таблица 1

Характеристика подроста и степень повреждения насаждений

Номер пробной площади	Состав	Тип леса	Количество подроста, шт*га <sup>-1</sup>			Итого количество подроста, шт*га <sup>-1</sup>	Степень повреждения насаждения, %
			пихта	береза	кедр		
1	10П	Поскт	11875	–	–	11875	41
2	10П+Е,К	Поскт	18125	–	–	18125	42
3	8П2Б	Поскт	11875	2500	–	14375	23
4	7ПЗБ+К	Пртос	21875	11250	–	39375	49
5	9П1К	Посзм	7500	2500	–	10000	82
6	9П1К	Пкзм	19375	–	1875	21250	67
7	9П1К	Пктп	23750	–	1875	25625	81

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

В табл. 1 представлена таксационно-лесо-водственная характеристика подроста, а также степень повреждения насаждений по запасу древесины от уссурийского полиграфа. Степень воздействия инвайдера на древесный компонент менялась от 23 до 81 %.

Доминирующее количество подроста на участках представлено пихтовым подростом, подрост березы от 2 до 3 ед., подрост кедра представлен единично. В дальнейшей оценке участвовал весь подрост.

По густоте все участки делят на следующие категории: редкий; средний; густой; очень густой. Ранее проведенные нами исследования показали, что на территории доминирует очень густой и густой подрост [2].

Количественная представленность по элементам леса имела следующий вид. У подрост пихты редкого нет; средней густоты – 6,6 % (ПП № 5); густого – 20,8 % (ПП № 1, 3); очень густого – 72,7 % (ПП № 2, 4, 6, 7). Густота березового подрост определена как средняя – 30,8 % (ПП № 3, 5) и густая – 69,2 % (ПП № 4). Кедровый подрост имел редкую густоту – 100 % (ПП № 6, 7). Максимальное количество подрост наблюдалось в пихтаче разнотравно-осочковом и крупнотравно-папоротниковом (ПП № 4,7).

Далее для участков определено количество и размещение подрост [15]. Подрост равномерно занимает все участки. Число жизнеспособного подрост пихты менялось от 15 до 100 %, сомнительная категория представлена от 17 до 72 %.

Жизнеспособный подрост характеризовался как групповой (30 %), так и одиночной агрегацией (25 %). Размещение сомнительного подрост пихты имеет следующую структуру: 11 % – одиночно, 23 % – группами. Если не учитывать состояние, тогда 92 % – групповое размещение, а 8 % – одиночное расположение подрост. Второстепенная порода, береза, располагается на территории одиночно и группами (11 %). Подрост кедра встречается редко и одиночно на 5 % площади.

Состояние подрост зависело от степени повреждения насаждения полиграфом (23–82 %) (рис. 3).

Максимальное число подрост пихты и березы сомнительного состояния установлено на ПП № 2, 4 со степенью повреждения более 40 %.

Интенсивность повреждения оказала опосредованное влияние на количественную и качественную характеристику подрост. Скорее всего, прямое влияние на формирование и развитие подрост оказывают условия произрастания. Размещение также имеет определенное влияние на состояние подрост. Групповое размещение в большей степени наблюдается у сомнительного подрост как пихты, так и березы. Жизнеспособный подрост пихты занимает чуть более половины – 61 % территории, в то время как сомнительный подрост – 39 %. Можно констатировать, что воздействие полиграфа не остановило восстановительную способность пихтовой формации, но жизнеспособность подрост пихты и березы ухудшилась.

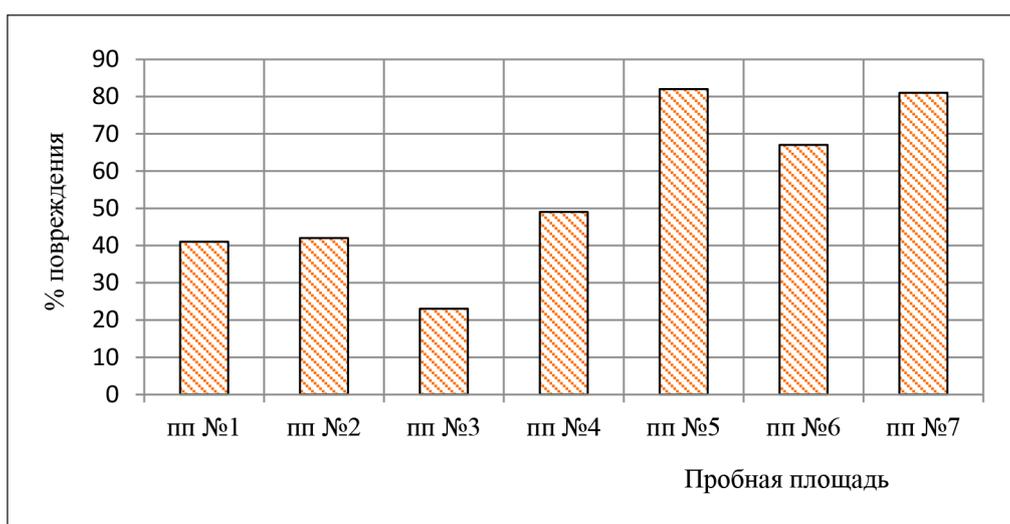


Рис. 3. Процент повреждения пихтовых насаждений  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

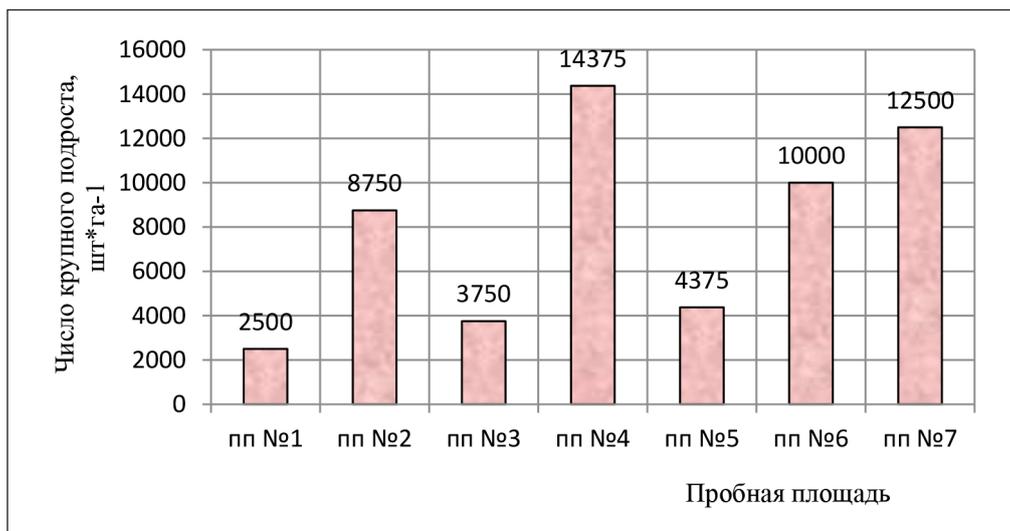


Рис. 4. Количество крупного подроста на лесных участках  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Таблица 2

Статистическая оценка возрастной и размерной структуры подроста

Номер пробной площади	Возраст		Высота	
	Средний, лет	Коэффициент варьирования, %	Средняя, М	Коэффициент варьирования, %
Пихтовый жизнеспособный подрост				
1	10±1	14,3	0,5±0,12	24,1
2	11±2	17,0	1,2±0,18	14,9
3	10±1	7,3	0,9±0,15	17,1
4	13±1	5,3	1,3±0,11	8,7
5	12±1	6,3	1,1±0,15	13,4
6	13±1	4,9	1,0±0,10	9,4
7	12±1	4,8	1,1±0,08	7,6
Пихтовый сомнительный подрост				
1	10±1	12,6	0,7±0,22	29,0
2	8±1	7,0	0,9±0,11	12,6
3	9±1	7,7	0,8±0,17	21,5
4	12±1	5,0	1,1±0,09	8,4
7	15±0	1,2	1,4±0,10	7,1
Кедровый жизнеспособный подрост				
7	9±1	3,6	0,5±0,11	20,9
Кедровый сомнительный подрост				
6	8±1	10,2	0,8±0,15	22,5
Березовый сомнительный подрост				
3	2±0	5,8	0,4±0,03	15,2
4	2±0	10,2	0,3±0,06	20,9

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования. Статистические оценки получены при уровне доверительной вероятности 95,4 %. Средние параметры достоверны и надежны, так как  $t_f > t_{ст}$ . Точность опыта по возрасту 0,4–6,3 %, высоте 1,4–13,0 %.

На следующем этапе изучена возрастная и размерная структура подроста. При оценке подроста произведено разделение на категории возраста: всходы – до 1 года (3,7 %), самосев – до 5 лет (29,3 %), подрост – более 5 лет (67 %). Это показывает, что в целом на территории доминирует подрост последующей генерации, до воздействия полиграфа сформировалась третья часть подроста (предшествующая генерация). В табл. 2 представлена статистическая оценка возраста и высоты подроста.

Средний возраст пихты 8–15 лет, кедр 8–9 лет, береза 2 года. Изменчивость указывает на высокую однородность данных по возрасту (1,2–17,0 %).

По размерным параметрам подрост соответствовал следующей структуре: преобладает средний (выше 55 %), далее крупный (около 43 %) и мелкий (меньше 2 %).

Средняя высота подроста пихты составила 0,5–1,4 м; березового подроста 0,2–0,5 м; кедр 0,5–0,8 м. Вариабельность достаточно низкая (7,1–24,1 %).

Для оценки лесовозобновления выполнен количественный анализ подроста высотой более 1,0 м (рис. 4). При количестве крупного подроста более 2500 шт\*га<sup>-1</sup> можно констатировать успешность восстановительного процесса [15, 16]. Можно отметить, что максимальное число крупного подроста отмечено на участках с максимальной степенью повреждения полиграфом (№ 4, 6, 7).

На исследуемой территории недостаточное количество подроста березы и кедр, поэтому диаграмма построена только по пихтовому подросту. Установлено, что на всех участках естественное возобновление является успешным, а восстановление удовлетворительным.

### Выводы

По результатам выполненных исследований получены следующие выводы.

– После воздействия уссурийского полиграфа интенсивность повреждения менялась от 23 до 82 %.

– Инвазивному нарушению подверглись две группы: пихтово-кедровые и пихтово-березовые насаждения. На участках наблюдалась высокая инсоляция из-за низкой полноты и активного зарастания крупнотравными видами.

– Доминирующее количество подроста на участках представлено пихтовым подростом, подрост березы от 2 до 3 ед., подрост кедр представлен единично. В дальнейшей оценке участвовал весь подрост. Он имеет

высокую густоту на 17 % участках и очень большую густоту на 83 % территории. Густота березового подроста определена как средняя – 30,8 % и густая – 69,2 %. Кедровый подрост имел редкую густоту – 100 %. Максимальное количество подроста наблюдалось в пихтаче разнотравно-осочковом и крупнотравно-папоротниковом.

– Подрост расположен равномерно по всей площади. Число жизнеспособного и сомнительного подроста практически одинаково.

– Состояние подроста зависело от степени повреждения насаждения полиграфом (23–82 %). Интенсивность повреждения опосредованно влияет на количественную и качественную характеристику подроста. Скорее всего, прямое влияние на формирование и развитие подроста оказывают условия произрастания.

– Подрост характеризуется групповым и одиночным расположением. Размещение в определенной степени оказывает влияние на состояние подроста. Групповая агрегация выявлена у сомнительного подроста как пихты, так и березы.

В целом на территории доминирует подрост последующей генерации, до воздействия полиграфа сформировалась третья часть подроста (предшествующая генерация).

На 42,8 % участков подрост превышает 1,5 м, что свидетельствует о наличии достаточно значительного числа крупного подроста.

Таким образом, поврежденные полиграфом уссурийским древостой обладают высоким потенциалом естественного хвойного возобновления, где в видовом составе преобладает молодое поколение *Abies sibirica*, способное в будущем сформировать близкие к коренному типу насаждения.

### Список литературы

1. Кривец С. А., Керчев И. А., Бисирова Э. М., Пашенова Н. В., Демидко Д. А., Петько В. М., Баранчиков Ю. Н. Уссурийский полиграф в лесах Сибири (распространение, биология, экология, выявление и обследование поврежденных насаждений): метод. пособие. Томск, 2015. 48 с. EDN: OOXCDN. ISBN 978-5-9907381-0-2.
2. Данилюк Д. Я., Андропова А. А., Соклаков Н. А., Немич В. Н. Воздействие уссурийского полиграфа на подрост пихты сибирской территории национального парка «Красноярские столбы» // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2025. № 68. С. 140–146. EDN: HHATAH.
3. Лямцев Н. И. Динамика очагов уссурийского полиграфа в лесах России // Фитосанитария. Карантин растений. 2024. № S4-2 (20). С. 59–60. EDN: FREJXR.
4. Жила С. В., Фуряев И. В., Ковалева Н. М. Оценка запасов лесных горючих материалов в поврежденных полиграфом уссурийским пихтовых древостоях Красноярского края // Сибирский лесной журнал. 2023. № 6. С. 76–84. DOI: 10.15372/SJFS20230608.

5. Бисирова Э. М., Кривец С. А. Динамика состояния древостоев пихты сибирской, поврежденных уссурийским полиграфом *Polygraphus proximus* Blandf. в Томской области // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2018. № 44. С. 118–140. DOI: 10.17223/19988591/44/7.
6. Куренцов А. И. Короеды Дальнего Востока СССР / под ред. проф. Н. Я. Кузнецова; АН СССР, Дальневосточ. им. акад. В. Л. Комарова горнотаж. ст. М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1941. 233 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://e-heritage.ru/Book/10070884> (дата обращения: 06.02.2026).
7. Кривец С. А., Бисирова Э. М., Керчев И. А., Пац Е. Н., Чернова Н. А. Трансформация таежных экосистем в очаге инвазии полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Западной Сибири // Российский журнал биологических инвазий. 2015. Т. 8. № 1. С. 41–63. EDN: TZKLWH.
8. Шабалина О. М., Безкорвайная И. Н., Баранчиков Ю. Н. Изменение нижних ярусов фитоценозов пихтовых лесов в очагах массового размножения уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* Blandf.) на территории Красноярского края // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017. № 2 (356). С. 67–84. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.2.67.
9. Дебков Н. М. Природный потенциал возобновления в пихтовых лесах, поврежденных в ходе инвазии уссурийского полиграфа // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7. № 1 (25). С. 58–68. EDN: YKVTOB.
10. Дебков Н. М. Повлияет ли уссурийский полиграф на ход лесообразовательного процесса пихтовых лесов Томской области? // IX Чтения памяти О. А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах: материалы международной конференции (г. Санкт-Петербург, 23–25 ноября 2016 г.) / Под редакцией Д. Л. Мусолина, А. В. Селиховкина. СПб.: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова, 2016. С. 25. EDN: XBPGDL.
11. Чернова Н. А. Трансформация напочвенного покрова пихтовых лесов Томской области под влиянием уссурийского полиграфа // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: материалы VI Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Антонины Васильевны Положий (г. Томск, 24–26 октября 2017 г.). Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. С. 121–122. DOI: 10.17223/9785946216371/39.
12. Пац Е. Н., Чернова Н. А. Изменение жизненности подроста в ходе инвазии уссурийского полиграфа в пихтовые леса Томской области // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2013. Т. 3. № 4. С. 55–59. EDN: QITYUH.
13. Коваль Ю. Н. Полиграф уссурийский и его влияние на лесопатологическую обстановку ЗАТО Железногорск // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2020. № 7 (25). С. 90–96. EDN: SJDFIQ.
14. Schulze E.-D., Heimann M., Harrison S., Holland E., Lloyd J. Global Biogeochemical Cycles in the Climate System. Jena: Academic Press. 2010. 345 p.
15. Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления / Зарегистрирован Минюстом России 11 февраля 2022 г. Регистрационный № 67240. [Электронный ресурс]. URL: [http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=602894380&rdk=&firstDoc=1&link\\_id=0&intel-search](http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=602894380&rdk=&firstDoc=1&link_id=0&intel-search) (дата обращения: 06.02.2026).
16. Иванова Г. А., Конрад С. Г., Макрае Д. Д., Безкорвайная И. Н., Богородская А. В., Жила С. В., Иванов В. А., Иванов А. В., Ковалева Н. М., Краснощекова Е. Н., Кукавская Е. А., Орешков Д. Н., Перевозникова В. Д., Самсонов Ю. Н., Сорокин Н. Д., Тарасов П. А., Цветков П. А., Шишкин А. С. Воздействие пожаров на компоненты экосистемы среднетаежных сосняков Сибири / отв. ред. М. Д. Евдокименко. Новосибирск: Наука, 2014. 232 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://cat.gpntb.ru/?id=EC/ShowFull&irbDb=ESVODT&bid=50cef300ff23901ecfd2d834ebce84b5> (дата обращения: 06.02.2026). ISBN 978-5-02-019163-1.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Исследование проводилось в рамках государственного задания, установленного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, для реализации проекта FEFE-2024-0029 «Динамика восстановления таежных лесов Центральной Сибири, нарушенных энтомофагами» коллективом научной лаборатории «Лесных экосистем».

**Financing:** The research was carried out as part of the state assignment established by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for the implementation of project FEFE-2024-0029 “Dynamics of Taiga Forest Recovery in Central Siberia Affected by Insect Pests” by the team of the Forest Ecosystems Laboratory.

СТАТЬЯ

УДК 550.812  
DOI 10.17513/use.38493



CC BY 4.0

**ПЕРСПЕКТИВЫ НАРАЩИВАНИЯ РЕСУРСНОЙ  
БАЗЫ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ЮГРЕ  
ЗА СЧЕТ НЕФТЕПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ  
АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

**<sup>1</sup>Кузьменков С. Г., <sup>1</sup>Нанишвили О. А., <sup>2</sup>Новиков М. В., <sup>3</sup>Захарова Л. м.**

<sup>1</sup>*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Югорский государственный университет», Ханты-Мансийск, Российская Федерация, e-mail: o\_nanishvili@ugrasu.ru;*

<sup>2</sup>*Департамент недропользования и природных ресурсов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, Ханты-Мансийск, Российская Федерация;*

<sup>3</sup>*Автономное учреждение «Научно-аналитический центр рационального недропользования имени В. И. Шпилемана», Тюмень, Российская Федерация*

Для удержания добычи на уровне 210–216 млн т в год в Югре до 2030 г. и на перспективу, все большую актуальность приобретает подготовка «новой» нефти в пределах нераспределенного фонда недр арктических территорий, ресурсный потенциал которых оценен преимущественно по историческим геолого-геофизическим данным. В Ханты-Мансийском автономном округе – Югре к таковым отнесен Белоярский муниципальный район, в пределах которого выделена Сергинско-Казымская поисковая зона. Целью настоящей работы является определение основных направлений наращивания ресурсной базы в пределах Сергинско-Казымской поисковой зоны и выявление первоочередных нефтегазоносных комплексов для поиска и подготовки в них запасов нефти промышленных категорий. Объектом исследования являются практически не исследованные глубоким бурением нефтегазоносные комплексы нераспределенного фонда недр, в которых прогнозируется выявление и подготовка запасов «новой» нефти, а также выявленные и локализованные ресурсы углеводородного сырья и залежи нефти распределенного фонда недр. Ретроспективный анализ исторических фондовых геолого-геофизических данных, материалов тематических и аналитических исследований показал, что Сергинско-Казымская поисковая зона обладает значительными территориями, перспективными на поиск и открытие новых месторождений, и является первоочередным объектом подготовки запасов промышленных категорий в Югре за счет усиления поисково-разведочного бурения. В работе даны рекомендации по наращиванию поисково-разведочного бурения и подготовке запасов промышленных категорий в юрском и доюрском нефтегазоносных комплексах на конкретных поисковых объектах. Выполнение рекомендаций позволит не только обеспечить долгосрочную устойчивость экономического развития рассматриваемой территории, но и заместить выбывающие энергетические мощности в районах максимальной нефтедобычи с минимальными уровнями финансовых затрат.

**Ключевые слова:** арктическая зона, нераспределенный фонд недр, ретроспективный анализ, запасы «новой» нефти, нефтегазоносные комплексы, лицензирование фонда недр

**PROSPECTS FOR INCREASING THE HYDROCARBON  
RESOURCE BASE IN YUGRA THROUGH PROMISING  
OIL FACILITIES IN THE ARCTIC TERRITORIES**

**<sup>1</sup>Kuzmenkov S. G., <sup>1</sup>Nanishvili O. A., <sup>2</sup>Novikov M. V., <sup>3</sup>Zakharova L. M.**

<sup>1</sup>*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Yugra State University”, Khanty-Mansiysk, Russian Federation, e-mail: o\_nanishvili@ugrasu.ru;*

<sup>2</sup>*Department of Subsoil Use and Natural Resources of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra, Khanty-Mansiysk, Russian Federation;*

<sup>3</sup>*Autonomous Institution Scientific and Analytical Center for Rational Subsoil Use named after V. I. Shpilman, Tyumen, Russian Federation*

To maintain production at the level of 210–216 million tons per year in Yugra until 2030 and beyond, increasing importance is being placed on the development of “new” oil within the unallocated subsoil fund of Arctic territories, whose resource potential has been assessed primarily on the basis of historical geological and geophysical data. Within the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, the Beloyarsky municipal district has been classified as such a territory, within which the Serginsko-Kazym exploration zone has been delineated. The purpose of this article is to determine the principal directions for expanding the resource base within the Serginsko-Kazym exploration zone and to identify priority petroleum-bearing complexes for exploration and preparation of commercially recoverable oil reserves. The object of the research comprises largely unexplored petroleum complexes of the unallocated subsoil fund that have not been investigated by deep drilling and in which the discovery and appraisal of “new” oil reserves are forecast, as well as identified and localized hydrocarbon resources and oil accumulations within the allocated subsoil fund. A retrospective analysis of archival geological and geophysical data, along with thematic and analytical studies, has shown that the Serginsko-Kazym exploration

zone possesses significant prospective areas for the search and discovery of new fields and represents a priority target for the preparation of industrial-category reserves in Yugra through intensified exploration drilling. The article provides recommendations for increasing exploration drilling and for preparing commercial-category reserves within the Jurassic and pre-Jurassic petroleum complexes at specific exploration targets. Implementation of these recommendations will not only ensure the long-term stability of economic development in the territory under consideration but will also compensate for declining energy capacities in regions of maximum oil production while maintaining minimal financial expenditure.

**Keywords:** arctic zone, unallocated subsoil fund, retrospective analysis, “new” oil reserves, petroleum complexes, subsoil licensing

### Введение

В рамках мероприятий, посвященных Дню работников нефтяной и газовой промышленности, 2 сентября 2025 г. в Ханты-Мансийске под председательством губернатора Ханты-Мансийского автономного округа – Югры Р. Н. Кухарука состоялось отраслевое совещание на тему «О плане мероприятий по реализации Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года в части нефтяной и газовой отраслей» [1].

Было отмечено, что Югра является и еще долгие годы останется регионом, где добывается и в перспективе будет добываться более 40 % общероссийской нефти. По итогам совещания были обозначены внутренние и внешние вызовы, тормозящие подготовку «новой» нефти за счет геологоразведочных работ. Среди первых преобладают:

- увеличение доли трудноизвлекаемых запасов в общем объеме добычи;
- снижение эффективности геолого-технологических мероприятий повышения нефтеотдачи пласта;
- практически полное отсутствие лицензирования фонда недр, особенно в окраинных районах с доказанной нефтегазоносностью осадочного чехла.

В работе [2] отмечено, что для восполнения ресурсной базы запасами «новой» нефти объемы геологоразведочных работ (ГРР) следует увеличить до уровня, позволяющего компенсировать добычу, при этом сменив парадигму ГРР на перенос основных их объемов на окраинные территории Югры. С учетом льгот и преференций, которые с принятием постановления Правительства РФ от 16 ноября 2021 г. № 1946 [3] и Югры будут предоставляться потенциальным недропользователям, первоочередным объектом для полномасштабного проведения ГРР следует считать Сергинско-Казымскую поисковую зону.

**Цель исследования** – оценка состояния и перспектив наращивания ресурсной базы углеводородного сырья в пределах Сергинско-Казымской поисковой зоны за счет

проведения тематических работ и поисково-разведочного бурения (ПРБ).

### Материалы и методы исследования

По состоянию на 2025 г. выявленность начальных суммарных ресурсов (НСР) нефти (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>) по округу составляет 68,4 %, при этом 38 %, или более 13 млрд т извлечено из недр. На невыявленные ресурсы в сумме категорий D<sub>0</sub>, D<sub>н</sub>, D<sub>1</sub> и D<sub>2</sub> приходится 31,6 % от НСР, при этом 21 % от НСР нефти округа приходится на объем недр за пределами участков с долгосрочными лицензиями [4, 5].

По приуроченности к различным комплексам пород в структуре ресурсов и запасов установлено увеличение вклада отложений юрского НГК и уменьшение роли меловых НГК [6, 7]. Такая же закономерность наблюдается и в пределах территории нераспределенного фонда недр (НРФН) (рис. 1). Перспективы открытия залежей в доюрском комплексе пород для исследуемой территории проблематичны [8, 9].

В работах [4–6] в качестве определяющих развитие геологической отрасли в округе выделены 4 поисковые зоны (кластера), среди которых наиболее перспективной на нефть и газ является Сергинско-Казымская поисковая зона (рис. 2).

В пределах зоны (таблица) открыто 14 месторождений, 9 из которых находятся в распределенном фонде недр [10]. Всего на балансе Государственной комиссии по запасам (ГКЗ) числится 31 залежь нефти и 1 газонефтяная залежь.

Из таблицы следует, что из всего перечня открытых в пределах Сергинско-Казымской поисковой зоны месторождений, требующих доразведки без проведения дополнительных тематических и сейсмических работ, можно выделить только Остапенковское и Бобровское, на которых проведены сейсмические работы 3D [10].

Остапенковское месторождение, открытое в 2005 г., расположено на территории Белоярского и Октябрьского административных районов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (рис. 2).

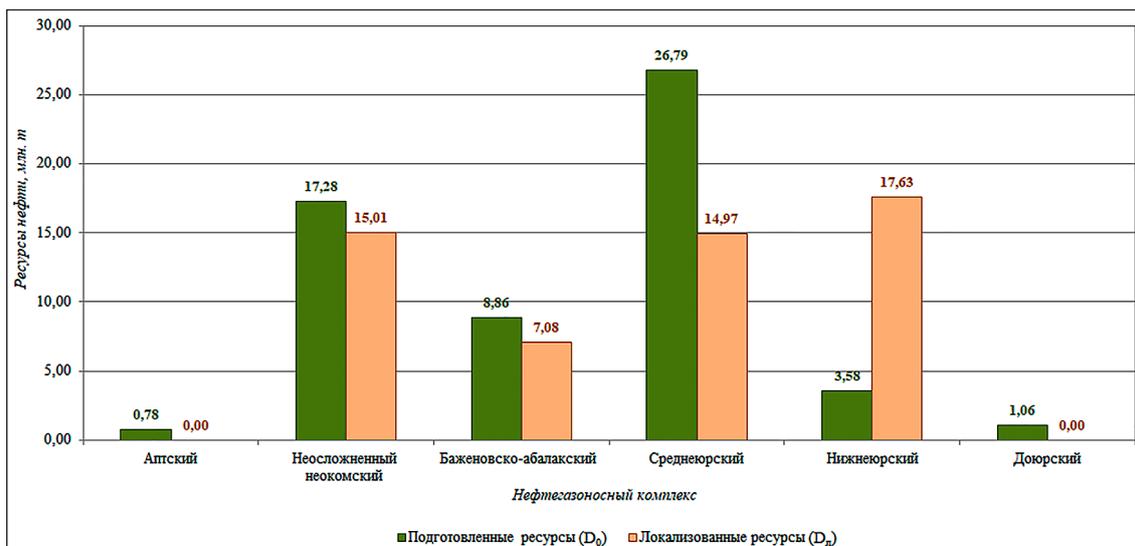


Рис. 1. Приуроченность ресурсов нефти к нефтегазоносным комплексам  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Краткая характеристика месторождений,  
открытых в пределах Сергинско-Казымской поисковой зоны

Месторождение	Год открытия	Продуктивный пласт/ Результаты испытания	Примечание/Рекомендации
Средне-Лыхминское*		Ю <sub>2</sub> /3,4 м <sup>3</sup> /сут.	РФН / Необходима доразведка залежи
Каремпостское**	1986	Ю <sub>10</sub> /3,4 м <sup>3</sup> /сут.	НРФН / Необходима доразведка залежи
Кислорское*	1993	Ю <sub>2</sub> /9,9 м <sup>3</sup> /сут. (в-0,1); Ю <sub>3</sub> /10 м <sup>3</sup> /сут.; Ю <sub>4</sub> /6 м <sup>3</sup> /сут.	НРФН / Необходима доразведка залежей
Западно-Яганокуртское**	1999	ЮК <sub>1</sub> /5,6 м <sup>3</sup> /сут.; ЮК <sub>2-3</sub> /5,2 м <sup>3</sup> /сут.; ЮК <sub>10</sub> /6,0 м <sup>3</sup> /сут.	НРФН / Необходима доразведка залежей
Южно-Амнинское*		ЮК <sub>1</sub> /9,3 м <sup>3</sup> /сут.; Ю <sub>2</sub> /6,5 м <sup>3</sup> /сут.; Ю <sub>3</sub> /9,5 м <sup>3</sup> /сут.	НРФН / Необходима доразведка залежей
Змановское**	2002	ЮК <sub>1</sub> /18 м <sup>3</sup> /сут.; Ю <sub>2</sub> /16,9 м <sup>3</sup> /сут.; Ю <sub>3</sub> /9,75 м <sup>3</sup> /сут.; Ю <sub>4</sub> /7,05 м <sup>3</sup> /сут.	НРФН / Необходима доразведка залежей
Южно-Октябрьское**	2002	Ю <sub>0</sub> /20,7 м <sup>3</sup> /сут.; Ю <sub>4</sub> /5,72 м <sup>3</sup> /сут.; Ю <sub>5</sub> /9,45 м <sup>3</sup> /сут.	НРФН / Необходима доразведка залежей
Окраинное*	2002	Ю <sub>2</sub> /9,6 м <sup>3</sup> /сут.; Ю <sub>3</sub> /13 м <sup>3</sup> /сут.	РФН / Необходима доразведка залежей
Торъёшское*	2004	ВК <sub>1</sub> /14 м <sup>3</sup> /сут., (нефти 4,5 м <sup>3</sup> /сут.)	РФН / Необходима доразведка залежи
Октябрьское*	2004	Ю <sub>3</sub> /6,4 м <sup>3</sup> /сут.	НРФН / Необходима доразведка залежи
Остапенковское*	2005	ЮК <sub>2</sub> /6,8 м <sup>3</sup> /сут.	РФН / Месторождение находится в разведке
Южно-Лыхминское	2006	Ю <sub>2</sub> /5,7 м <sup>3</sup> /сут. – нефть; Ю <sub>10</sub> <sup>2-3</sup> /30,5 тыс. м <sup>3</sup> /сут. – газ	НРФН / Месторождение находится в разведке
Бобровское*	2007	ЮК <sub>2</sub> /6,3 м <sup>3</sup> /сут.	РФН / Месторождение находится в разведке
Алексеевское*	2014	Ю <sub>2</sub> /4,7 м <sup>3</sup> /сут.; Ю <sub>10</sub> /9 м <sup>3</sup> /сут.	РФН / Необходима доразведка залежей

\* – распределенный фонд недр; \*\* – нераспределенный фонд недр

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

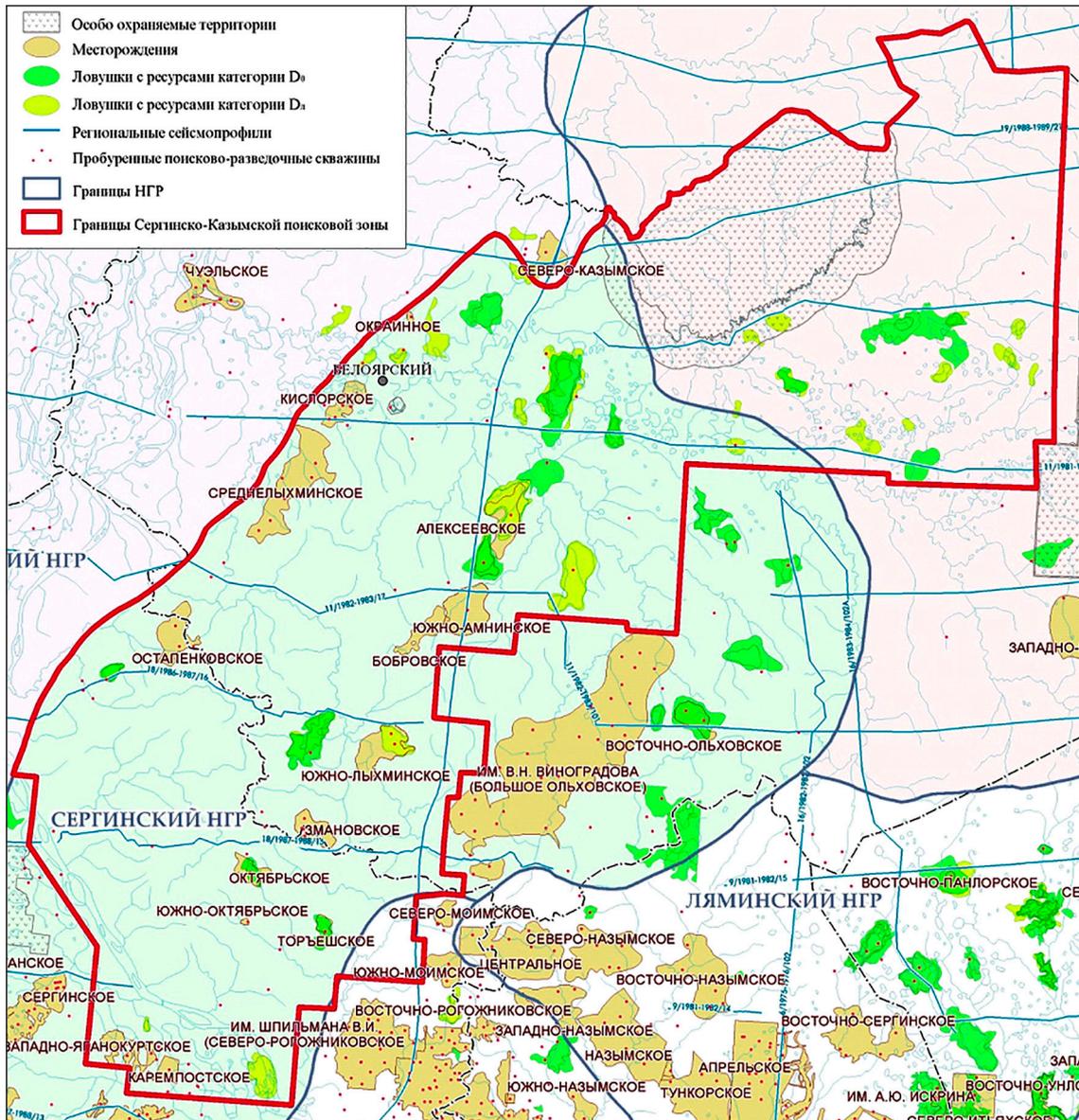


Рис. 2. Обзорная схема Сергинско-Казымской поисковой зоны  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Первооткрывательница месторождения – скважина 7, пробуренная в присводовой части Верхнелыхминской структуры – 3. На глубине 2717 м скважина вскрыла отложения доюрского возраста, представленные корой выветривания (КВ) по эффузивам кислого состава, при испытании которой был получен фильтрат бурового раствора. При испытании пласта ЮК<sub>2</sub> в эксплуатационной колонне в интервале глубин 2198–2212 м получен приток безводной нефти дебитом 6,8 м<sup>3</sup>/сут.

Бобровское месторождение нефти открыто в 2007 г. бурением поисковой скважины 4, при испытании которой из пласта ЮК<sub>2</sub> (а. о. – 2275–2286 м) получен приток безводной нефти дебитом 6,3 м<sup>3</sup>/сут. По дан-

ным ГИС в интервале 2371–2378 м, в пласте ЮК<sub>0</sub> прогнозируется приток газа.

Отметим, что указанные месторождения, открытые единичными скважинами, обладают значительной ресурсной базой, однако большая часть запасов нефти относится к категории С<sub>2</sub> и только 8–10% поставленных на официальный Государственный баланс запасов (ГКЗ) отнесены к категории С<sub>1</sub>, что указывает на необходимость дополнительного разведочного бурения с целью перевода запасов категории С<sub>2</sub> в промышленные категории. Это позволит уточнить геологическое строение открытых залежей и провести поиск новых в нижнеюрском и доюрском комплексах пород.

При подготовке статьи авторами был проведен ретроспективный анализ состояния геолого-геофизической изученности территории, ресурсной базы углеводородов основных нефтегазоперспективных комплексов и лицензирования фонда недр.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Сергинско-Казымская поисковая зона расположена, согласно оценке НАЦ РН им. В. И. Шпильмана, на среднеперспективных на нефть (от 20 до 60 тыс. т/км<sup>2</sup>) землях, а нефтяной потенциал извлекаемых ресурсов нефти в ее пределах по категориям D<sub>0</sub> + D<sub>л</sub> + D<sub>1</sub> + D<sub>2</sub> определен в объеме более 1,2 млрд т. Оценка ресурсов подготовленных (D<sub>0</sub>) и локализованных (D<sub>л</sub>) сейсморазведкой перспективных ловушек в пределах зоны в разрезе нефтегазоносных комплексов (НГК) представлена на рис. 3.

Большинство выявленных и/или подготовленных к опoisкованию нефтеперспективных объектов (62 из 73) относятся к юрскому НГК [10, 11].

По степени перспективности нефтегазоносные комплексы условно можно подразделить следующим образом:

- основным и регионально нефтеносным является среднеюрский НГК, в пределах которого подготовленные (D<sub>0</sub>) и локализованные (D<sub>л</sub>) ресурсы составляют более 37 %;
- значительный нефтепоисковый интерес представляет верхнеюрский (баженовско-абалакский) НГК, ресурсная база которого в сумме категорий D<sub>0</sub> + D<sub>л</sub> превышает 15 %;
- нижнеюрский НГК, так же как и верхнеюрский, является наименее изученным как ПРБ, так и сейсморазведкой. Каких-ли-

бо косвенных поисковых сейсмогеологических признаков нефтегазоносности для этого комплекса не выявлено;

– в непосредственной близости от Сергинско-Казымской поисковой зоны на Большом Ольховском месторождении в неокомском неосложненном комплексе (пласт AC<sub>3</sub>) открыты две залежи нефти структурного и структурно-литологического типа. Отметим, что на момент открытия залежей (1986 г.) геологического прогноза зон развития и формирования пластов этой группы в пределах Краснотеннинской НГО не было. Ресурсная база данного НГК на рассматриваемой территории составляет 28 % от общего объема подготовленных и выявленных ресурсов в сумме категорий D<sub>0</sub> + D<sub>л</sub>;

– в аптском НГК в пределах Сергинско-Казымской поисковой зоны на Торьёшском месторождении открыта одна нефтяная залежь, однако отложения викуловской свиты следует считать потенциально нефтегазоносными практически на всей ее территории. Наиболее перспективной в отношении поисков залежей углеводородов в пласте ВК<sub>1+2</sub> является Бобровская группа поднятий;

– к перспективным на открытие новых залежей нефти можно отнести и доюрские отложения [12], которые еще в далеком 1996 г. А. А. Трофимук назвал «золотой подложкой Западной Сибири». В Югре по состоянию на 01.01.2025 в доюрском комплексе на 56 месторождениях открыто более 150 залежей УВ, из них 130 – нефтяные, остальные – газовые, газоконденсатные, газонефтяные, нефтегазоконденсатные. В рассматриваемой зоне в этом комплексе пород пока открыта только одна нефтяная залежь на Западно-Вандмторском месторождении, примыкающем к ней с юга.

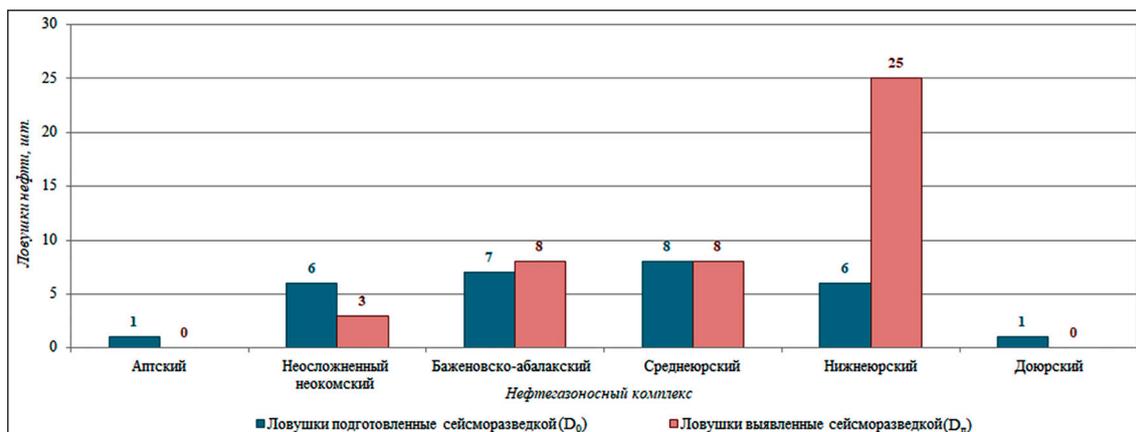


Рис. 3. Оценка ресурсов подготовленных (D<sub>0</sub>) и локализованных (D<sub>л</sub>) сейсморазведкой перспективных ловушек в пределах Сергинско-Казымской поисковой зоны в разрезе нефтегазоносных комплексов  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Таким образом, анализ состояния ресурсной базы углеводородного сырья позволяет сделать вывод о том, что перспективы открытия залежей «новой» нефти в пределах Сергинско-Казымской поисковой зоны связаны с основными нефтесодержащими резервуарами юрской части разреза осадочного чехла Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, в том числе и содержащие трудноизвлекаемые запасы (ТриЗ) в абалак-баженовском и среднеюрском НГК.

Перспективы обнаружения залежей в нижнемеловом и особенно в доюрском комплексах пород пока остаются неясными.

В пределах Сергинско-Казымской поисковой зоны поисковым бурением вскрыты единичные скважины, заложение которых в основном было обосновано по историческим материалам сейсморазведки 2D 12- и 24-кратного перекрытия с плотностями сети сейсмических наблюдений не выше  $0,7 \text{ км/км}^2$ , что явно недостаточно для рационального размещения разведочных скважин.

Основные залежи нефти сосредоточены в юрском НГК (рис. 4), а на официальный баланс ГКЗ поставлены запасы промышленных категорий  $A + B_1 + B_2$  только в среднеюрских отложениях.



Рис. 4. Доля запасов нефти различных категорий в разрезе основных НГК  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Отметим, что подготовленные к разработке запасы этих категорий составляют

в сумме менее 10 %, то есть все открытые залежи требуют значительных объемов разведочного бурения, для эффективного размещения объемов которого необходимо, как представляется, провести тематические работы, включающие переинтерпретацию данных ГИС и комплексную переобработку материалов сейсморазведки с применением современных обрабатывающих комплексов.

В пределах Сергинско-Казымской поисковой зоны подготовку «новой» нефти необходимо развивать по двум направлениям – лицензирования НРФН и доразведки открытых месторождений.

Лицензирование фонда недр. Как было отмечено выше, нефтяной потенциал извлекаемых ресурсов нефти Сергинско-Казымской поисковой зоны по категориям  $D_0 + D_л + D_1 + D_2$  определен в объеме более 1,2 млрд т, при этом только 113,04 млн т из них локализованы и/или подготовлены к поисковому бурению сейсморазведочными работами. Общей чертой всех месторождений, открытых в пределах зоны, является их крайне низкая изученность и практически полное, за редким исключением, отсутствие современных сейсмических исследований 2D–3D.

Отметим также, что оценка ресурсной базы нефти проведена по «историческим» сейсмическим данным прошлого века 2D преимущественно 12-кратного перекрытия и результатов стандартных геофизических исследований при поисковом бурении, проведенных только в открытом стволе скважин, что позволяет отнести к проведенной оценке с определенной долей недоверия.

По оценке НАЦ РН им. В. И. Шпилемана, проведенной в 2025 г., наибольший поисковый интерес представляет Помутская группа структур и Северо-Октябрьский и Казымский перспективные участки. Степень изученности объектов различна, о чем свидетельствует соотношение ресурсов по категориям. Суммарные извлекаемые ресурсы категорий  $D_0 + D_л + D_1 + D_2$ , утвержденных Роснедрами и предложенных Правительством Югры на 2025–2026 гг. на геологическое изучение, поиск, разведку и добычу углеводородного сырья участков недр, составляют более 55 млн т, причем только 20 млн т из них относятся к категориям  $D_0 + D_л$ , то есть они сосредоточены в пределах подготовленных сейсморазведкой к опоскованию нефтеперспективных структур.

Представляется, что истощение запасов «легкой» нефти и увеличение доли ТриЗ

в основных нефтедобывающих районах Югры, а также отнесение Сергинско-Казымской поисковой зоны к арктической зоне, в пределах которой потенциальному недропользователю будут предоставлены определенные федеральные, региональные и муниципальные льготы, будет способствовать активизации недропользователей к приобретению новых участков недр именно в Белоярском муниципальном районе.

Главной задачей постановки и проведения разведочного бурения в пределах Сергинско-Казымской поисковой зоны является доизучение открытых единичными скважинами месторождений и прирост запасов нефти промышленных категорий в их пределах. Проведенный в процессе подготовки статьи анализ состояния открытых залежей показал, что соотношение запасов категорий  $B_2 + C_2$  составляет более 92 % от всего объема поставленных на официальный баланс ГКЗ запасов, а категории  $A$ ,  $B_1$  и  $C_1$  – не превышают 8 %.

Учитывая, что практически все открытые запасы Сергинско-Казымской поисковой зоны относятся к категориям  $B_2 + C_2$ , в рамках разведочного бурения необходимо реализовать следующие задачи:

- осуществить разведочное бурение в соответствии с подготовленными и утвержденными проектами;
- по результатам бурения определить перспективы нефтеносности прогнозируемых ловушек в пластах  $BK_{1-2}$ ,  $AC_3$ ,  $Ю_0$ ,  $ЮК_1$ ,  $Ю_2$ ,  $Ю_3$ ,  $Ю_4$ ,  $Ю_5$ ,  $Ю_{10}$  (шеркалинская свита),  $KB + Pz$  (зона разуплотнения доюрского основания);
- при получении промышленных притоков нефти из продуктивных отложений осу-

ществить перевод запасов категорий в сумме  $B_2 + C_2$  в запасы категорий  $B_1$  и  $C_1$ ;

- по данным лабораторных исследований керна и по материалам промысловой геофизики уточнить фильтрационно-емкостные свойства продуктивных пластов и подсчетные параметры открытых залежей нефти;
- провести подсчет запасов углеводородов выявленных ранее и вновь открытых залежей по промышленным категориям и поставить их на официальный баланс ГКЗ.

Говоря о роли сейсморазведки при прогнозировании нефтеперспективных объектов и обосновании постановки ПРБ, отметим, что она была, есть и останется основой при выборе глубины и точек заложения поисковых скважин [13]. В качестве примера на рис. 5 представлен сейсмический образ

зоны возможного развития кор выветривания (КВ) на одном из участков Остапенковского ЛУ. Аналогичные аномалии сейсмических полей явились основанием для проведения разведочного бурения на Рогожниковском, Ханты-Мансийском и Западно-Варьганском месторождениях.

Отметим, что за последние годы программные комплексы, а также методики по обработке и интерпретации сейсморазведочных данных значительно усовершенствовались, что положительно сказывается и на информативности переобработанных материалов [13].

Выполнение тематических и опытно-методических работ с привлечением всего объема доступной геолого-геофизической информации, включая и «историческую», является ключевым условием геологически обоснованного выбора объектов лицензирования в пределах слабо изученных территорий.

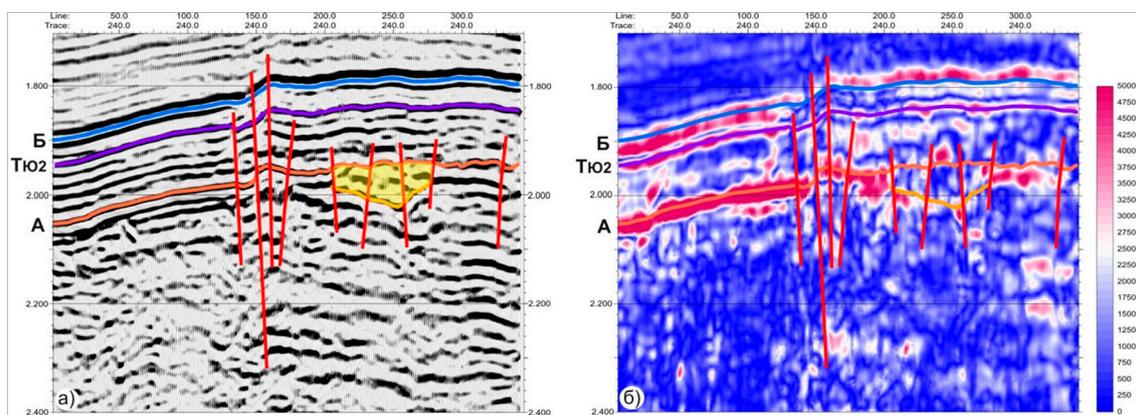


Рис. 5. Отображение зоны возможного разуплотнения коры выветривания в поле: отраженных волн (а) и энергий отраженных волн (б)

Примечание: составлен авторами на основе источника [14]

При этом результаты комплексирования позволяют обосновать первоочередные площади проведения ГРП и нефтегазоперспективные объекты в их пределах, что в итоге снижает основные геологические риски и повышает качество геологического прогнозирования.

На всероссийском совещании «Приоритетные регионы нефтегазопоисковых работ и прогноз прироста запасов углеводородов», прошедшем в начале декабря 2025 г. во ВНИГНИ, руководитель Роснедр Олег Казанов отметил, что поисковые работы в текущих экономических условиях имеют стратегическое значение. При этом «особое внимание следует уделить тесному взаимодействию государственных институтов и недропользователей при выборе объектов для геологоразведочных работ и лицензирования на ранних стадиях».

Детализируя заявленное, генеральный директор ЗапСибНИИГГ Василий Морозов обозначил в качестве приоритетного направления концентрацию геологоразведочных исследований на малоизученных территориях периферийных зон Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, а одним из «перспективных объектов для дальнейших исследований является доюрский комплекс [9, 15]. Комплексирование всей доступной геолого-геофизической информации в рамках таких работ позволяет обосновать нефтегазоперспективные интервалы и площади, снижает основные геологические риски и повышает качество геологического прогнозирования».

Учитывая вышеизложенное, можно констатировать, что, предлагаемая в качестве первоочередного объекта лицензирования фонда недр НРФН и усиления ГРП на уже открытых, но недоразведанных месторождениях, территория Сергинско-Казымской поисковой зоны как по ресурсам, так и запасам нефти является приоритетной в Югре.

Говоря о привлекательности Сергинско-Казымской поисковой зоны с точки зрения экономических преференций и льгот, отметим, что территория Белоярского муниципального района, в пределах которой расположена рассматриваемая в статье зона, распоряжением Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2021 г. № 1946 [3] отнесена к районам Крайнего Севера, или Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ).

Для резидентов АЗРФ, осуществляющих свою деятельность на территории муниципального образования (МО), включая геоло-

горазведку и добычу нефти в суровых природно-климатических условиях, предусмотрены и/или планируются федеральные, региональные и муниципальные льготы:

- увеличение сроков геологического изучения участка недр с 5 до 7 лет;
- изменение ставки налога на прибыль организаций;
- уменьшение суммы налога на добычу полезных ископаемых при добыче отдельных видов твердых полезных ископаемых на новых месторождениях;
- налог на добавленную стоимость (0 % ставка по налогу на НДС);
- налог на имущество организаций;
- земельный налог (0 % ставка первые 5 лет);
- субсидии на инфраструктуру.

### Выводы

Рассмотрев состояние ресурсной базы углеводородного сырья Сергинско-Казымской поисковой зоны и проблем лицензирования фонда недр в ее пределах, можно сделать следующие выводы:

1. Ресурсная база углеводородного сырья периферийных зон Ханты-Мансийского автономного округа – Югры обладает значительным ресурсным потенциалом для сохранения уровней добычи нефти в объемах, определенных энергетической стратегией Югры на период до 2050 г.

2. Для подготовки запасов «новой» нефти в пределах этих зон необходимо усиление лицензирования фонда недр и расширение географии геологоразведочных работ, включая сейсморазведку современных модификаций и разведочное бурение на уже открытых месторождениях нефти.

3. Анализ результатов поискового бурения на месторождениях Сергинско-Казымской поисковой зоны показал, что основные перспективы наращивания запасов нефти в пределах арктических территорий Югры следует связывать с средне-, нижнеюрскими и, возможно, неокомскими и доюрскими комплексами пород.

4. Предоставление федеральных, региональных и муниципальных льгот и преференций должно послужить мощным стимулом для начала масштабных геологоразведочных работ с целью подготовки к реальному промышленному освоению недр Белоярского муниципального образования.

### Список литературы

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года: утверждена распоряжением Прави-

тельства Российской Федерации от 12 апреля 2025 г. № 908-р // Министерство энергетики Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <https://minenergo.gov.ru/upload/iblock/d6a/Energostrategiya-RF-do-2050-goda.pdf> (дата обращения: 07.02.2026).

2. Кузьменков С. Г., Лобова Г. А., Нанишвили О. А., Новиков М. В., Захарова Л. М., Захарова В. А. Проблемы и основные направления развития геологоразведочных работ на нефть и газ в Югре (Ханты-Мансийский автономный округ) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2025. Т. 336. № 5. С. 120–131. DOI: 10.18799/24131830/2025/5/5130.

3. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении перечня районов Крайнего Севера и местностей, приравненных к районам Крайнего Севера в целях предоставления государственных гарантий и компенсаций для лиц, работающих и проживающих в этих районах и местностях»: утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2021 г. № 1946 // КонтурНорматив. [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=406673> (дата обращения: 10.02.2026).

4. Олейник Е. В., Кузьменков С. Г., Новиков М. В., Оксенюк Е. Е., Захарова Л. М., Икон Е. В., Поповская В. Г. Ресурсная база углеводородов территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и пути ее развития // Георесурсы. 2023. Т. 25. № 1. С. 60–66. DOI: 10.18599/grs.2023.1.7.

5. Кузьменков С. Г., Нанишвили О. А., Новиков М. В., Захарова Л. М., Захарова В. А. Состояние и перспективы развития ресурсной базы Югры // Успехи современного естествознания. 2024. № 12. С. 133–139. DOI: 10.17513/use.38360. EDN: QCUULO.

6. Конторович А. Э., Лившиц В. Р., Бурштейн Л. М., Курчиков А. Р. Оценка начальных и прогнозных (перспективных и прогнозируемых) геологических и извлекаемых ресурсов нефти Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции и их структуры // Геология и геофизика. 2021. Т. 62. № 5. С. 711–726. DOI: 10.15372/GiG2020196. EDN: XEYAUW.

7. Конторович В. А., Бурштейн Л. М. Современное состояние и ресурсный потенциал Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции // Бурение и нефть. 2025. № 12. URL: [https://burneft.ru/archive/issues/detail.php?ELEMENT\\_ID=119566](https://burneft.ru/archive/issues/detail.php?ELEMENT_ID=119566) (дата обращения: 07.02.2026). DOI: 10.62994/2072-4799.2025.54.38.001.

8. Исаев В. И., Лобова Г. А., Коржов Ю. В., Кузина М. Я., Кудряшова Л. К., Сунгурова О. Г. Стратегия и основы технологии поисков углеводородов в доюрском основании Западной Сибири: монография // Томский политехнический уни-

верситет. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2014. 112 с. ISBN 978-5-4387-0418-8. EDN: SOGBOL.

9. Бембель С. Р., Бембель Р. М., Карпов Д. О. Перспективы открытия и вовлечения в разработку продуктивных интервалов доюрского комплекса Западной Сибири // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2024. № 5 (167). С. 11–22. DOI: 10.31660/0445-0108-2024-5-11-22. EDN: BGCEVL.

10. Мариненкова Н. Л., Мясникова Г. П., Солопахина Л. А., Анафонова С. В. Характеристика объектов поиска и прогноза нефти и газа в Сергинском нефтегазоносном районе ХМАО-Югры // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО: Девятая научно-практическая конференция (г. Ханты-Мансийск, 10–12 апреля 2006 г.). Ханты-Мансийск: ИздатНаукаСервис, 2006. С. 99–112. EDN: WAVABP.

11. Балина Т. О., Сидорова Н. Ю., Лац С. А., Савенко В. А. Построение зональной геологогеофизической модели Северо-Сергинской зоны с целью изучения региональных особенностей формирования отложений осадочного чехла и оценки перспектив нефтегазоносности // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2024. Т. 19. № 4. URL: [https://www.ngtr.ru/rub/2024/30\\_2024.html](https://www.ngtr.ru/rub/2024/30_2024.html) (дата обращения: 23.03.2026). EDN: VOLIOD.

12. Белозеров В. Б., Силкин Г. Е. Критерии переоценки перспектив нефтегазоносности коллекторных зон фундамента Юго-Востока Западной Сибири // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333. № 2. С. 7–16. DOI: 10.18799/24131830/2022/2/3559. EDN: JJJUWS.

13. Бембель С. Р., Бембель Р. М. Применение современных технологий сейсморазведки при уточнении нефтегазоносности доюрского комплекса Западной Сибири // Современные технологии нефтегазовой геофизики: материалы докладов международной научно-практической конференции (г. Тюмень, 25–26 апреля 2025 г.). Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2025. С. 5–9. EDN: TDOFEO.

14. Бирюкова О. Н., Коноваленко М. В. Перспективы нефтеносности доюрских образований в пределах Ханты-мансийско-Фроловской поисковой зоны // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. № 2. С. 51–58. DOI: 10.33619/2414-2948/111/06. EDN: LMFUUK.

15. Олейник Е. В., Икон Е. В., Попова Н. Л. Результаты и перспективные направления поисково-разведочных работ на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Геология нефти и газа. 2023. № 2. С. 17–36. DOI: 10.31087/0016-7894-2023-2-17-36.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.