



ИД «Академия Естествознания»

УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Научный журнал

№ 6 2026



ADVANCES IN CURRENT NATURAL SCIENCES

Scientific journal

No. 6 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	30.06.2026	Дата выхода номера	30.07.2026
Формат	60x90 1/8	Усл. печ. л.	7
Тираж	1000 экз.	Заказ	УСЕ 2026/6

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	Telephone	+7 (499) 705-72-30
Signed for print	30.06.2026	Number issue date	30.07.2026
Format	60x90 1/8	Conditionally printed sheets	7
Circulation	1000 copies	Order	YCE 2026/6

Distribution at a free price

© LLC PH Academy of Natural History

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственные науки (4.1.1 Общее земледелие и растениеводство)

СТАТЬЯ

ВЛИЯНИЕ СОРТОВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И ЖИДКИХ
УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

Тобольнов Д. А., Субботин А. Г., Денисов К. Е. 6

Географические науки (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

СТАТЬИ

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ
РАСТЕНИЕВОДСТВА В ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Егоров Д. А., Юманова У. В., Никонорова И. В. 12

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ
ФОРМ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ХЛОРОФИЛЛА «А» В ВОДАХ
АЗОВСКОГО МОРЯ И ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА В ОСЕННИЙ ПЕРИОД
2025 ГОДА

Подобедова А. В., Решетняк О. С., Михалко А. С., Поважный В. В. 19

КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ
ТАНКЕРНЫХ МОРСКИХ ПЕРЕВОЗОК УГЛЕВОДОРОДОВ
В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пономаренко И. А. 26

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАРШРУТА ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗОКОНДЕНСАТА
В ОСЛОЖНЕННЫХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ QGIS (НА ПРИМЕРЕ КУМЖИНСКОГО И
КОРОВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА)

Румянцев И. С., Губайдуллин М. Г. 35

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОЦЕНКА ПОДЗЕМНОГО СТОКА
СУММЫ ИОНОВ НАТРИЯ И КАЛИЯ (НА ПРИМЕРЕ РЕЧНЫХ
БАССЕЙНОВ СЕВЕРА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ)

Хайруллина Д. Н., Петрова Е. В. 41

Физико-математические науки (1.6.22)

СТАТЬЯ

СРАВНЕНИЕ ДИАПАЗОНОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ
ЮСТИРОВКИ МЕСТА НУЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ

Щукин Г. Г., Борисов Л. А. 50

CONTENTS

Agricultural Sciences (4.1.1 General Agriculture and Plant Growing)

ARTICLE

INFLUENCE OF VARIETY FEATURES, GROWTH REGULATORS
AND LIQUID FERTILIZERS ON SOY PRODUCTIVITY UNDER
IRRIGATION CONDITIONS

Tobolnov D. A., Subbotin A. G., Denisov K. E.6

Geographical sciences (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

ARTICLES

SPATIAL CONCENTRATION OF CROP PRODUCTION IN THE CHUVASH
REPUBLIC

Egorov D. A., Yumanova U. V., Nikonorova I. V.12

SPATIAL DISTRIBUTION OF MINERAL FORMS OF BIOGENIC ELEMENTS
AND CHLOROPHYLL "A" IN THE WATERS OF THE SEA OF AZOV AND
TAGANROG BAY IN THE AUTUMN PERIOD OF 2025

Podobedova A. V., Reshetnyak O. S., Mikhalko A. S., Povazhnyy V. V.19

CLASSIFICATION AND SPATIAL DIFFERENTIATION OF TANKER
SEABORNE TRANSPORTATION OF HYDROCARBONS IN THE ARCTIC
ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Ponomarenko I. A.26

DESIGNING A GAS CONDENSATE TRANSPORTATION ROUTE IN COMPLEX
GEOECOLOGICAL CONDITIONS USING THE QGIS GEOINFORMATION
SYSTEM (CASE STUDY: THE KUMZHINSKOYE AND KOROVINSKOYE
FIELDS IN THE NENETS AUTONOMOUS OKRUG)

Rumyantsev I. S., Gubaydullin M. G.35

SPACE-TIME ASSESSMENT OF UNDERGROUND FLOW OF SODIUM
AND POTASSIUM IONS (USING THE EXAMPLE OF RIVER BASINS
IN THE NORTH OF THE EAST EUROPEAN PLAIN)

Khayrullina D. N., Petrova E. V.41

Physical and mathematical sciences (1.6.22)

ARTICLE

COMPARISON OF RANGES OF MECHANICAL AND ELECTRONIC
VERTICAL COLLIMATION ADJUSTMENT OF VARIOUS ELECTRONIC
TOTAL STATIONS

Schukin G. G., Borisov L. A.50

СТАТЬЯ

УДК 633.34: 631.81:631.67
DOI

CC BY 4.0

**ВЛИЯНИЕ СОРТОВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ,
РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ****Тобольнов Д. А., Субботин А. Г., Денисов К. Е.**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова», Саратов, Российская Федерация, e-mail: tobolnow4545@yandex.ru

В статье представлены результаты исследований по оценке параметров развития агроценозов и продуктивности различных сортов сои в условиях Нижневолжского региона. Уникальный биохимический состав зерна сои позволяет использовать ее в различных отраслях. В связи с этим возникает острая необходимость в увеличении урожайности и ее валового сбора. В условиях растущей рыночной стоимости сои крайне актуален поиск эффективных путей повышения ее урожайности и улучшения качества продукции. В характерных для Саратовского Заволжья условиях на орошаемом участке был заложен полевой эксперимент, охватывающий период с 2022 по 2024 г. В результате анализа данных по высоте растений установлено положительное влияние в различной степени изучаемых агрохимикатов и их сочетаний. Наивысший уровень урожайности среди изучаемых сортов сои получен на следующих вариантах: сорт Марина при обработке семян – Альфастим и вегетирующих растений Active – бобовые. На опытных делянках с сортом сои Натали при комплексном применении агрохимикатов Active – бобовые (обработка семян) и Мивал-Агро (обработка посевов). Анализ данных по площади ассимиляционной поверхности показал, что у сорта Марина площадь ассимиляционной поверхности была значительно выше при обработке семян Мивал-Агро. На участке с сортом Натали зафиксированы максимальные значения при совместной обработке семян и посевов препаратом Азафок. Различные сочетания агрохимикатов оказывали положительное влияние на параметры листовой поверхности в различной степени. Оценка продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) выявила наибольшее значение у сорта сои Марина максимальные показатели при одновременном применении препарата Азафок (обработки семян) и препаратом Мивал-Агро (обработки посевов). Для сорта Натали наибольшее значение ЧПФ было получено на варианте с обработкой семян препаратом Active – бобовые в сочетании с обработкой посевов препаратом Альфастим. Дифференцированное применение агрохимикатов оказывает положительное влияние на параметры высоты растений, площади листьев, продуктивности изучаемых сортов сои.

Ключевые слова: соя, ассимиляционная поверхность, продуктивность, урожайность

**INFLUENCE OF VARIETY FEATURES, GROWTH REGULATORS
AND LIQUID FERTILIZERS ON SOY PRODUCTIVITY
UNDER IRRIGATION CONDITIONS****Tobolnov D. A., Subbotin A. G., Denisov K. E.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering
named after N. I. Vavilov”, Saratov, Russian Federation,
e-mail: tobolnow4545@yandex.ru*

The article presents the results of research on the assessment of the parameters of agrocenosis development and the productivity of various soybean varieties in the conditions of the Lower Volga region. The unique biochemical composition of soybean grain allows it to be used in various industries. Therefore, there is an urgent need to increase its yield and gross harvest. In the context of the growing market value of soybeans, it is crucial to find effective ways to increase its yield and improve its quality. A field experiment was conducted in the irrigated area of the Saratov Volga region, covering the period from 2022 to 2024. As a result of the analysis of data on the height of plants, a positive effect was established in varying degrees of the studied agrochemicals and their combinations. The highest level of yield among the studied soybean varieties was obtained on the following variants: variety Marina when processing seeds – Alfastim and vegetative plants Active – legumes. In the experimental plots with the Natalie soybean variety, the complex application of agrochemicals Active – legumes (seed treatment) and Mival – Agro (crop treatment) was used. The analysis of data on the area of the assimilation surface showed that the area of the assimilation surface was significantly higher in the Marina variety when the seeds were treated with Mival-Agro. In the plot with the Natalie variety, the maximum values were recorded when the seeds and crops were treated with Azafok. Different combinations of agrochemicals had a positive effect on the parameters of the leaf surface to varying degrees. The assessment of photosynthesis productivity (PPF) revealed the highest values for the soybean variety Marina, with maximum indicators achieved by simultaneous application of Azafok (seed treatment) and Mival-Agro (crop treatment). For the variety Natalie, the highest PPF values were obtained in the variant with seed treatment with Active – legumes in combination with crop treatment with Alfastim. The differentiated application of agrochemicals has a positive effect on the plant height, leaf area, and productivity of the studied soybean varieties.

Keywords: soybean, assimilation surface, productivity, yield

Введение

Развитие технологий в современном производстве продуктов питания позволяет использовать значительное количество растениеводческого сырья из выращиваемых полевых культур в Нижневолжском регионе [1–3]. Среди них выделяется соя, обладающая рядом полезных свойств и качеств. Ценность культуры заключается в биохимическом составе – она содержит значительное количество белка и жира в семенах, витаминов и др. [4–6]. В современных условиях соя играет существенную роль в мясоперерабатывающей и масложировой промышленности, в кормопроизводстве, кроме того, продукты переработки сои находят применение в лакокрасочной и фармацевтической промышленности. Растущий спрос на зерно сои вызывает необходимость в получении значительных объемов этой культуры [7–9]. Анализ биологических особенностей культуры показывает ее высокую отзывчивость на повышенные температуры и достаточное количество влаги в почве. По агроклиматическим условиям территория Саратовского Левобережья характеризуется высокими термическими ресурсами и дефицитом влаги, в связи с этим эффективное производство зерна сои возможно за счет внедрения орошения, выращивания более продуктивных сортов, а также применения агрохимикатов [10–12]. Всесторонняя оценка различных сортов сои и агрохимикатов на темно-каштановых почвах Саратовского Левобережья является актуальным направлением исследований [13–15].

Цель исследования – изучить влияние сортовых особенностей и агрохимикатов на параметры развития агроценозов сои и ее продуктивность в условиях Нижневолжского региона.

Материалы и методы исследования

Базой для проведения исследований являлся орошаемый участок учебного хозяйства УНПО «Поволжье», расположенного в южной части Энгельсского района Саратовской области. В рамках исследования были использованы два сорта сои (Марина и Натали), рекомендованные к возделыванию по восьмому (Нижневолжскому) региону. Для каждого из этих сортов были предусмотрены следующие варианты применения агрохимикатов: Контроль (без применения); обработка семян (ОС) водой; Альфастим, ВЭ (регистрант: ООО «ПОЛИДОН Агро», Россия), водная эмульсия (ВЭ) обработка семян (ОС) (20 мл/т);

Мивал-Агро (регистрант: ООО «АГРОСИЛ», Россия), кристаллический порошок (КРП) ОС (15 г/т); Азафок (регистрант: АО «Щелково Агрохим», Россия), ВЭ: ОС (3 л/т); Active-бобовые (регистрант: ООО «АГРОХИМ ТЕХНОЛОГИЯ», Россия), ВЭ ОС (1,5 л/т); Контроль: ОС и обработка посевов (ОП) водой; Альфастим, ВЭ ОС и ОП (20 мл/га); Мивал-Агро, КРП ОС и ОП (15 г/т); Азафок, ВЭ ОС и ОП (3 л/га); Active-бобовые, ВЭ ОС и ОП (1,5 л/га); Альфастим, ВЭ ОС + Азафок, ВЭ ОП (20 мл/га + 3 л/га); Альфастим, ВЭ ОС + Active-бобовые, ВЭ ОП (20 мл/т + 1,5 л/га); Мивал-Агро, КРП ОС + Азафок, ВЭ ОП (15 г/т + 3 л/га); Мивал-Агро, КРП ОС + Active-бобовые, ВЭ ОП (15 г/т + 1,5 л/га); Азафок, ВЭ ОС + Альфастим, ВЭ ОП (3 л/т + 20 мл/га); Азафок, ВЭ ОС + Мивал-Агро, КРП ОП (3 л/т + 15 г/га); Active-бобовые, ВЭ ОС + Альфастим, ВЭ ОП (1,5 л/т + 20 мл/га); Active-бобовые, ВЭ ОС + Мивал-Агро, КРП ОП (1,5 л/т + 15 г/га) [16].

Исследование проводилось в полевых условиях на специально выделенном опытном участке с орошением, где используется фронтальная дождевальная машина «Зимматик». Эксперимент охватывал период с 2022 по 2024 г., а закладка опытных делянок была выполнена во второй декаде мая.

Период исследований характеризовался значительными колебаниями погодных условий, включая вариации температурного режима и уровня осадков. Так, за период с мая по сентябрь в 2022 г. выпало 184,4 мм осадков, в 2023 г. – 179,8 мм, а в 2024 году – лишь 52,6 мм. Суммарная температура за тот же период составила 3068 °С в 2022 г. (ГТК 0,7), 3528 °С в 2023 г. (ГТК 0,6) и 3351 °С в 2024 г. (ГТК 0,2) [16]. Почвы опытного участка темно-каштановые, среднесуглинистые по гранулометрическому составу. Повторность в опыте четырехкратная. Опыт размещали на участке без внесения минеральных удобрений. Площадь опытного участка – 52 м², размещение вариантов – рандомизированное (Доспехов, 2023). Опытные делянки обрабатывали изучаемыми препаратами из расчета 250 л/га рабочего раствора.

Результаты исследования и их обсуждение

Оценка параметров высоты растений, площади листьев, чистой продуктивности фотосинтеза и коэффициента энергетической эффективности при применении различных агрохимикатов и их сочетаний

позволила выявить особенности развития агроценозов сои и их продуктивность. Установлено, что применение агрохимикатов оказывает дифференцированное влияние на параметры формирования габитуса растений сои. В ходе исследования было установлено, что максимальная высота растений сои сорта Натали зафиксирована при использовании комплекса предпосевной обработки семян агрохимикатом Active – бобовые и последующей обработки растений препаратом Мивал-Агро – 135,1 см. Разница между контрольным значением по высоте составила порядка 22,5 см. Применение агрохимикатов различных по составу для обработки семян и растений, а также их комплексное использование в различных сочетаниях, способствовало увеличению высоты растений. Исключением был вариант с обработкой семян регулятором роста Мивал-Агро – фиксировали снижение высоты растений до 114,0 см у сорта сои Марина и до 109,1 см у сорта Натали. На опытных делянках с сортом сои Марина наибольшее значение высоты (134,2 см) отмечали при обработке семян Альфастим, ВЭ и в период вегетации Active – бобовые, что на 18,8 см выше, чем на контроле [16].

Наблюдения за ростом и развитием изучаемых сортов сои выявили тенденцию увеличения параметров ассимиляционной поверхности, начиная с фазы всходов и до фазы цветения, а затем фиксировали снижение данного показателя. Измерения площади листьев в фазу цветения и анализ данных в среднем за 3 года исследований позволило определить динамику увеличения ассимиляционной поверхности. Так, на контроле (обработка семян водой) площадь листьев находилась на уровне 40,27 тыс. м²/га у сорта Марина и 42,76 тыс. м²/га у сорта Натали. Обработка семян сои регуляторами роста и жидкими удобрениями способствовала повышению данного показателя на 1,02–6,71 тыс. м²/га у сорта Марина и на 1,48–3,57 тыс. м²/га. Использование удобрения Азафок для обработки семян привело к снижению площади листовой поверхности до 40,35 тыс. м²/га. На втором контрольном варианте, без применения агрохимикатов, площадь ассимиляционной поверхности у сорта сои Марина составила 40,23 тыс. м²/га, а у сорта Натали – 41,01 тыс. м²/га [16].

Двукратная обработка семян и посевов регулятором роста Альфастим, ВЭ способствовало снижению площади листьев у сорта сои Натали до 39,21 тыс. м²/га. Наибольшее

значение площади ассимиляционной поверхности у сорта сои Марина выявлено на варианте с обработкой регулятором роста Мивал-Агро (обработка семян) – 46,98 тыс. м²/га. У сорта Натали наибольшие показатели площади листовой поверхности были сформированы на варианте с обработкой агрохимикатом Азафок (обработка семян и посевов) – 46,68 тыс. м²/га [16]. При применении различных сочетаний изучаемых агрохимикатов выявлено снижение площади листьев за счет регуляторов роста.

Расчеты фотосинтетического потенциала сои за период исследований выявили зависимость, аналогичную динамике формирования площади листовой поверхности. Так же на всех вариантах опытов максимальные значения фотосинтетического потенциала (ФП) фиксировали в фазу цветения. Выявлено различие между вариантами с обработкой семян и обработкой семян и растений – фиксировали незначительное снижение данного показателя. Регуляторы роста по отдельности и в сочетании с жидкими удобрениями способствовали ограничению уровня ФП. Среди различных комбинаций применения обработок наибольший показатель фотосинтетического потенциала у сорта Марина отмечен при применении препарата Мивал-Агро (обработка семян) – 2583,90 тыс. м² * дни/га.

У сорта Натали максимальное значение ФП выявлено на варианте с применением жидкого микробиологического удобрения Азафок (обработка семян и посевов) – 2637,42 тыс. м² * дни/га (таблица).

Оценка биологической урожайности сои за период с 2022 по 2024 г. показала, что использование агрохимикатов положительно сказывается на продуктивности исследуемых сортов в орошаемых условиях. На первом контрольном с сортами сои Марина и Натали были получены следующие уровни урожайности зерна: 2,00 т/га у сорта Марина и 2,21 т/га у сорта Натали. Применение регуляторов роста и жидких удобрений при обработке семян привело к увеличению урожайности на 9,5–14,5 %. Между контрольными вариантами 1 и 2 отмечали положительную разницу в урожайности: у сорта Марина она составила 0,14 т/га, а у сорта Натали – 0,10 т/га [16].

Применение регуляторов роста оказывало положительное влияние на продукционный процесс изучаемых сортов: так, у сорта Марина прибавка урожайности находилась в пределах 0,23–0,32 т/га, а у сорта Натали – от 0,16 до 0,23 т/га.

Влияние изучаемых агроприемов на параметры высоты, площади листьев, ФП и урожайности сои, в среднем за 2022–2024 гг.

Агрохимикаты (фактор В)	Сорт (фактор А)									
	Высота растений, см		Площадь листьев, тыс. м ² /га		ФП, тыс. м ² * дни/га		Урожайность, зерна, т/га			
	Марина	Нагали	Марина	Нагали	Марина	Нагали	Марина	Нагали	Марина	Нагали
1. Контроль – обработка семян (ОС) водой	115,4	112,6	40,27	42,76	2214,85	2415,94	2,00	2,21		
2. Альфастим, ВЭ – ОС	119,7	116,5	44,26	46,33	2434,30	2617,65	2,30	2,48		
3. Мивал-Агро, КРП – ОС	114,0	109,1	46,98	44,44	2583,90	2510,86	2,26	2,37		
4. Азафок – ОС	127,4	114,7	41,29	40,35	2270,95	2279,78	2,20	2,47		
5. Active – бобовые – ОС	127,2	124,6	44,87	44,24	2467,85	2499,56	2,28	2,51		
6. Контроль – обработка семян и посевов водой	120,6	116,4	40,23	41,01	2212,65	2317,07	2,14	2,31		
7. Альфастим, ВЭ – ОС и ОП	126,6	122,4	41,57	39,21	2286,35	2215,37	2,46	2,54		
8. Мивал-Агро, КРП – ОС и ОП	123,4	119,6	44,71	42,50	2459,05	2401,25	2,37	2,47		
9. Азафок – ОС и ОП	131,2	127,0	45,83	46,68	2520,65	2637,42	2,48	2,58		
10. Active – бобовые – ОС и ОП	129,4	125,7	42,72	44,96	2349,60	2540,24	2,50	2,64		
11. Альфастим, ВЭ – ОС + Азафок – ОП	132,7	128,1	44,59	45,03	2452,45	2544,20	2,52	2,61		
12. Альфастим, ВЭ – ОС + Active – бобовые – ОП	134,2	130,4	39,08	45,04	2149,40	2544,76	2,55	2,69		
13. Мивал-Агро, КРП – ОС + Азафок – ОП	130,9	128,6	43,75	46,35	2406,25	2618,78	2,50	2,49		
14. Мивал-Агро, КРП – ОС + Active – бобовые ОП	127,0	123,3	40,24	41,81	2213,20	2362,27	2,58	2,62		
15. Азафок – ОС + Альфастим, ВЭ – ОП	133,2	131,2	39,58	43,27	2176,90	2444,76	2,44	2,67		
16. Азафок – ОС + Мивал-Агро, КРП – ОП	132,5	129,4	45,13	43,20	2482,15	2440,80	2,63	2,59		
17. Active – бобовые ОС + Альфастим, ВЭ – ОП	132,9	134,6	45,39	41,05	2496,45	2319,33	2,43	2,87		
18. Active – бобовые – ОС + Мивал-Агро, КРП – ОП	130,7	135,1	40,09	40,66	2204,95	2297,29	2,48	2,71		
НСР ₀₅ (А)	1,587		Fф < Fт		41,410		0,033			
НСР ₀₅ (В)	4,760		2,227		124,230		0,113			
НСР ₀₅ по АВ	Fф < Fт		3,149		175,688		Fф < Fт			

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Фиксировали превышение урожайности при применении жидких удобрений на 0,36–0,38 т/га на опытных делянках с сортом сои Марина и на 0,27–0,33 т/га с сортом Натали. Среди изучаемых сочетаний применения агрохимикатов наибольшую величину урожайности отмечали на варианте с сортом Марина с использованием комплекса Азафок (обработка семян) + Мивал-Агро (обработка посевов) – 2,63 т/га. У сорта Натали наибольший показатель урожайности получен на варианте с обработкой комплексом Active – бобовые (обработка семян) + Альфастим, ВЭ (обработка посевов) – 2,87 т/га [16]. Это свидетельствует о том, что комбинация агротехнических приемов, а именно предпосевной обработки семян сои жидким удобрением Active – бобовые и последующей обработки вегетирующих растений стимулятором Альфастим, ВЭ оказала наиболее благоприятное воздействие на продуктивность данного сорта.

Выводы

Анализ полученных данных по высоте растений, площади ассимиляционной поверхности позволил выявить влияние изучаемых агрохимикатов и характер их применения на параметры развития агроценозов и их продуктивность.

1. На опытных делянках с сортом сои Марина отмечали наибольшее значение высоты растений (134,2 см) на варианте с применением обработки семян Альфастим, ВЭ и обработкой посевов Active (бобовые). В агроценозах с сортом сои Натали максимальный показатель (135,1 см) отмечен при использовании Active – бобовые для обработки семян и Мивал-Агро, КРП в период вегетации. Результат сорта Марина превысил контрольный вариант на 18,8 см.

2. Наблюдения за ростом и развитием изучаемых сортов сои выявили тенденцию увеличения параметров ассимиляционной поверхности. Установлено, что наибольшая площадь ассимиляционной поверхности в период вегетации сои сорта формируется при применении регулятора роста Мивал-Агро, КРП при обработке семенного материала – 46,98 тыс. м²/га. У сорта сои Натали аналогичная динамика сформирована при применении агрохимиката Азафок (обработка семян и обработка посевов) – 46,68 тыс. м²/га.

3. Среди многочисленных комбинаций обработок, сорт Марина продемонстрировал самый высокий фотосинтетический потенциал при использовании препарата Ми-

вал-Агро (обработка семян), составивший 2583,90 тыс. м² * дни/га. В то же время у сорта Натали максимальные показатели фотосинтетического потенциала были зафиксированы при применении жидкого микробиологического удобрения Азафок, которое использовалось как для обработки семян, так и для посевов, и составили 2637,42 тыс. м² * дни/га.

4. Применение регуляторов роста и жидких удобрений при предпосевной обработке семян позволило повысить урожайность в среднем на 9,5–14,5 %. По сравнению с контрольными вариантами отмечалась дополнительная прибавка: у сорта Марина разница составила 0,14 т/га, а у сорта Натали – 0,10 т/га. Кроме того, регуляторы роста положительно сказались на продукционных характеристиках сортов. Для Марины прирост урожая находился в пределах 0,23–0,32 т/га, тогда как для Натали – 0,16–0,23 т/га. Максимальная урожайность у сорта Марина была зафиксирована при использовании препарата Азафок для предпосевной обработки семян и Мивал-Агро, КРП обработка посевов. В результате комплексного применения достигнута урожайность – 2,63 т/га. Среди вариантов с сортом сои Натали наибольшие значения урожайности получены при применении схемы: Active – бобовые (обработка семян) с последующей обработкой вегетирующих растений препаратом Альфастим, ВЭ – 2,87 т/га.

Дифференцированное применение регуляторов роста и жидких минеральных удобрений оказывает положительное влияние на параметры высоты растений, площади листьев, продуктивности изучаемых сортов сои. Среди всех изученных сортов сои самый высокий показатель урожайности на контроле зафиксирован у сорта Натали – 2,21 т/га. Использование схемы применения – обработка семян Active – бобовые и посевов Альфастим, ВЭ способствовало получению наибольшего уровня урожайности – 2,87 т/га.

Список литературы

1. Москвичев А. Ю., Агапова С. А. Оценка отдельных приемов в совершенствовании технологии возделывания зернобобовых культур в Нижнем Поволжье // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной научно-практической конференции (г. Волгоград, 15 декабря 2021 г.). Т. 1. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2021. С. 115–119. EDN: PNHQGL.
2. Денисова Д. А. Отзывчивость сортов сои при формировании урожайности // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. 2025. № 1. С. 21–24. EDN: JAYFWH.

3. Катюк А. И., Шевченко С. Н., Булатова К. А. Формирование семенной продуктивности сортов сои разных агроэкотипов в условиях среднего Поволжья // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025. № 1 (53). С. 5–13. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-1-5-13. EDN: JQOTCF.
4. Толоконников В. В., Канцер Г. П., Набойченко К. В. Результаты многолетней (1983–2022 гг.) селекции сои в условиях орошения // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2023. № 2 (70). С. 100–110. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-11. EDN: FROSIV.
5. Ложкин А. Г., Елисеева Л. В., Филиппова С. В. Влияние способов посева и микроудобрений на продуктивность сои // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. № 1 (49). С. 38–44. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-1-38-44. EDN: PMJYOE.
6. Толоконников В. В., Вронская Л. В., Кошкарлова Т. С. Влияние норм посева на продуктивность сои с различными сроками созревания в условиях орошения // *Орошаемое земледелие*. 2022. № 3 (38). С. 21–24. DOI: 10.35809/2618-8279-2022-3-3. EDN: SHBCEC.
7. Клопова А. В. Перспективы использования соевого белка в пищевой промышленности // *Мировые научные достижения в области естественных и технических наук: материалы X Международной научно-практической конференции* (г. Рязань, 30 июня 2023 г.). Рязань: Концепция, 2023. С. 145–147. EDN: TPRLRS.
8. Кундиус В. А., Ковалева И. В., Стрельцова Т. В. Оценка конъюнктуры зернового рынка и перспективы его развития в условиях реализации экспортной политики // *Экономика. Профессия. Бизнес*. 2020. № 2. С. 71–76. DOI: 10.14258/epb201974. EDN: YBERRT.
9. Шабалдас О. Г., Зайцев Н. И., Пимонов К. И., Устарханова Э. Г. Продуктивность сортов сои культурной южного экотипа, возделываемых на черноземе обыкновенном в богарных условиях // *Вестник АПК Ставрополя*. 2020. № 1 (37). С. 79–84. DOI: 10.31279/2222-9345-2020-9-37-79-84. EDN: NYMZXH.
10. Галиченко А. П., Фокина Е. М. Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои // *Аграрный вестник Урала*. 2022. № 7 (222). С. 16–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25. EDN: TCEGIW.
11. Полетаев И. С., Корсак В. В., Четвериков Ф. П., Щенникова Д. А., Кудрявцев Г. М. Применение агрохимикатов для повышения семенной продуктивности посевов сои при орошении в условиях Саратовского Левобережья // *Аграрный научный журнал*. 2024. № 5. С. 58–65. DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp58-65. EDN: VNFPKY.
12. Чамурлиев О. Г., Чамурлиев Г. О., Феофилова Л. А., Согомонян В. К., Латышев С. Н. Эффективность возделывания сои на орошении в условиях Волгоградской области // *Аграрный научный журнал*. 2024. № 7. С. 61–64. DOI: 10.28983/asj.y2024i7pp61-64. EDN: NKBVRO.
13. Пешкова В. О., Шадских В. А., Кижаяева В. Е., Тимофеева Н. А., Лапшова А. Г. Урожайность сортов сои в условиях орошения сухостепной зоны Поволжья // *Масличные культуры*. 2016. № 3 (167). С. 59–63. EDN: WWTJKR.
14. Бурунов А. Н., Васин В. Г., Васин А. В., Саниев Р. Н. Показатели фотосинтетической деятельности растений и урожайность сои при применении стимуляторов роста // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки*. 2022. Т. 1. № 1 (1). С. 3–12. DOI: 10.37313/2782-6562-2022-1-1-3-12. EDN: KHBCOF.
15. Даминова А. И., Сибгатуллова А. К. Регуляторы роста, повышающие продуктивность сои // *Агробиотехнологии и цифровое земледелие*. 2023. № 3 (7). С. 12–17. DOI: 10.12737/2782-490X-2023-12-17. EDN: OSMME.
16. Тобольнов Д. А., Субботин А. Г., Денисов К. Е., Авясов М. И., Степанова Н. В. Эффективность применения регуляторов роста и жидких минеральных удобрений на различных сортах сои в условиях Саратовского Заволжья // *Успехи современного естествознания*. 2025. № 3. С. 6–14. DOI: 10.17513/use.38376. EDN: XLGGMU.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.

СТАТЬИ

УДК 338.43:633/635(470.344)
DOI



CC BY 4.0

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА В ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

¹Егоров Д. А. ORCID ID 0009-0004-5325-0051,

²Юманова У. В. ORCID ID 0000-0002-5278-1553,

¹Никонорова И. В. ORCID ID 0000-0001-9250-1918

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», Чебоксары, Российская Федерация, e-mail: egorovdmirii98@mail.ru;

²Аккредитованное образовательное частное учреждение высшего образования «Московский финансово-юридический университет МФЮА», Москва, Российская Федерация

При общем росте валовых сборов продукции растениеводства в регионе распределение производства между муниципальными районами часто остаётся неравномерным, что снижает устойчивость аграрной экономики и требует дифференцированных мер. Цель работы – оценить межрайонные различия и изменение пространственной концентрации валовых сборов зерновых, картофеля и овощей, а также технических культур в Чувашской Республике в 2012–2021 гг. По официальным статистическим данным в разрезе муниципальных районов рассчитаны суммарные доли в трёх группах продукции и на их основе адаптированный индекс Херфиндала - Хиршмана, а также темпы роста суммарной доли для каждого района. Установлено, что концентрация ослабла: индекс снизился с 1108,9 до 812,8 пункта, однако производство осталось резко асимметричным. Доля Батыревского района сократилась с 83,9 до 47,6%, а Шемуршинский район увеличил своё участие с 20,5 до 48,2% за счёт технических культур. Ослабление концентрации произошло главным образом из-за перераспределения позиций внутри группы лидеров, а не подтягивания отстающих территорий. Пространственная поляризация сохраняется, что требует перехода к адресной аграрной политике, учитывающей специализацию и потенциал каждого района.

Ключевые слова: растениеводство, пространственная концентрация, муниципальные районы, валовые сборы, индекс Херфиндала - Хиршмана, Чувашская Республика

SPATIAL CONCENTRATION OF CROP PRODUCTION IN THE CHUVASH REPUBLIC

¹Egorov D. A. ORCID ID 0009-0004-5325-0051,

²Yumanova U. V. ORCID ID 0000-0002-5278-1553,

¹Nikonorova I. V. ORCID ID 0000-0001-9250-1918

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Chuvash State University named after I. N. Ulyanov”, Cheboksary, Russian Federation, e-mail: egorovdmirii98@mail.ru;

²Accredited Private Educational Institution of Higher Education “Moscow University of Finance and Law MFUA”, Moscow, Russian Federation

Growth in gross crop harvests does not always lead to a balanced territorial distribution: average regional indicators may mask a strong concentration of production in a few districts, which reduces the stability of the agrarian economy and calls for differentiated support measures. The aim of the study is to assess interdistrict differentiation and changes in the spatial concentration of gross harvests of grain crops, potatoes and vegetables, and industrial crops in the Chuvash Republic in 2012–2021. Based on official statistical data broken down by municipal district, aggregate shares in three product groups were calculated and an adapted Herfindahl–Hirschman index was derived, along with the growth rates of the aggregate share for each district. The results show that concentration weakened: the index fell from 1108.9 to 812.8 points, but the distribution remained highly asymmetric. The share of the leading district – Batyrevsky – decreased from 83.9 to 47.6 %, while Shemurshinsky district raised its contribution from 20.5 to 48.2 % owing to industrial crops. The decline in concentration resulted mainly from a redistribution of roles within the group of leaders rather than from a catching-up of lagging areas. The spatial polarization persists, which requires a shift to targeted agricultural policies that take into account the specialization and potential of each district.

Keywords: crop production, spatial concentration, municipal districts, gross harvest, Herfindahl-Hirschman index, Chuvash Republic

Введение

Растениеводство составляет основу аграрной специализации Чувашской Республики и во многом определяет экономические позиции отдельных муниципальных

районов [1; 2]. При высокой сельскохозяйственной освоенности территории важна не только динамика валовых сборов, но и то, как именно производство распределено по районам. В экономико-геогра-

фической литературе пространственная организация хозяйства традиционно рассматривается как одна из ключевых характеристик экономического пространства, а её изменение связывается с усилением или ослаблением поляризации, связанности и неоднородности [3; 4]. Анализ территориальной структуры отрасли позволяет понять, какие районы создают основную часть регионального продукта, насколько стабильно их лидерство и в какой мере межрайонные различия обусловлены специализацией.

Проблема пространственной концентрации растениеводства имеет не только описательное, но и прикладное значение [5-7]. Усреднённые по республике цифры сглаживают контрасты и мешают оценить реальное положение дел в конкретных районах. Рост общего объёма продукции может создавать впечатление повсеместного улучшения, хотя на деле он обеспечивается ограниченным кругом территорий. Для региональной аграрной политики это принципиально, поскольку единые меры поддержки, адресованные районам с разным потенциалом и разной ролью в территориальной организации, далеко не всегда приносят ожидаемый результат. В этом контексте особую роль приобретают работы, рассматривающие сельское хозяйство как пространственную систему, где размещение производства подчиняется как природным, так и экономико-географическим закономерностям [8; 9].

Научная новизна работы заключается в том, что распределение продукции растениеводства в Чувашской Республике рассмотрено не по средним показателям региона, а по каждому из 21 муниципального района. Для этого были рассчитаны и сопоставлены доли районов в валовых сборах зерновых культур, картофеля и овощей, а также технических культур за 2012 и 2021 гг. Такой расчёт показывает, какие районы фактически формируют основной объём продукции. Если значительная часть сборов приходится на несколько территорий, региональный результат оказывается зависимым от этой небольшой группы районов. В статье показано, что за рассматриваемый период прежнее преимущество Батыревского района ослабло, Шемуршинский район вышел на первое место, а Порецкий район заметно усилил свои позиции.

Цель исследования – оценить пространственную концентрацию производства продукции растениеводства в Чувашской Республике в 2012-2021 гг. Для этого решались три задачи: охарактеризовать межрайонные

различия в распределении валовых сборов; определить степень концентрации производства в группе районов-лидеров; выявить изменения в позициях ведущих и периферийных территорий за исследуемый период.

Материалы и методы исследования

Информационной базой послужили официальные статистические данные по муниципальным районам Чувашской Республики за 2012 и 2021 гг., отражающие валовые сборы основных видов растениеводческой продукции. В анализ включены три укрупнённые группы: зерновые культуры, картофель и овощи, технические культуры. Такая группировка продиктована структурой исходных данных и позволяет сопоставить районы по их совокупному вкладу в региональные сборы.

В работе применялись сравнительно-географический, статистический, индексный и картографический методы. Сравнительно-географический метод использован для сравнения районов и изменений за 2012–2021 гг.; статистический – для расчёта долей, ранжирования и выделения групп районов; индексный – для обобщённой оценки концентрации; картографический – для отображения территориальных различий.

Концентрация оценивалась с помощью индекса Херфиндаля – Хиршмана (НИИ), адаптированного авторами к межрайонному анализу. Вместо рыночных долей в расчёт включены доли муниципальных районов в валовых сборах трёх групп культур, поэтому индекс показывает не конкуренцию, а территориальное сосредоточение производства. На первом этапе для каждого района вычислялась сумма долей в трёх группах продукции:

$$S_i = x_{i1} + x_{i2} + x_{i3}, \quad (1)$$

где x_{i1} – доля района в валовом сборе зерновых, x_{i2} – в сборе картофеля и овощей, x_{i3} – в сборе технических культур (%). Поскольку сумма долей по каждой группе равна 100%, общая сумма по трём группам составляет $\sum S_i = 300\%$. Далее полученная сумма нормировалась:

$$p_i = \frac{S_i}{300}, \quad (2)$$

после чего рассчитывался индекс:

$$НИИ = \sum_{i=1}^N p_i^2, \quad (3)$$

где N – число районов. Для удобства интерпретации итоговое значение умножалось

на 10 000. Чем выше полученный показатель, тем заметнее сосредоточение валовых сборов в небольшой группе районов. Снижение индекса, напротив, означает, что вклад распределяется между территориями более равномерно. Кроме того, рассчитывались доли трёх и пяти районов-лидеров, что позволило уточнить, насколько велика роль ведущих территорий.

Следует оговорить ограничение метода: индекс основан на суммировании долей по трём укрупнённым группам продукции, поэтому он не показывает стоимость урожая, урожайность отдельных культур или финансовые результаты районов. В статье индекс используется только для межрайонного сравнения: чтобы оценить, как была устроена территориальная структура растениеводства в 2012 и 2021 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ выявил устойчивую пространственную неоднородность растениеводства

Чувашской Республики (табл., рис. 1, 2). Наибольшие объёмы валовых сборов сосредоточены в районах южной и юго-восточной частей республики. Северные и отчасти центральные районы, как правило, дают заметно меньший вклад в совокупный результат. Это говорит не о случайных колебаниях, а о сложившейся пространственной конфигурации отрасли, отражающей как физико-географические, так и экономические условия [8].

Наиболее резкие контрасты проявились в распределении суммарной доли валовых сборов. В 2012 г. Батыревский район с показателем 83,9% из 300 возможных значительно опережал остальные муниципалитеты. У следующего за ним Яльчикского района было 23,3%, у Шемуршинского – 20,5%.

В 2021 г. территориальная структура стала иной. Батыревский район сохранил место среди лидеров, но его суммарная доля снизилась до 47,6%. Шемуршинский район, напротив, вышел на первое место: его показатель вырос до 48,2%, главным образом за счёт технических культур.

Суммарная доля районов Чувашской Республики в валовом сборе трёх групп культур и темпы её изменения за 2012–2021 гг.

Район	Суммарная доля 2012 г., % (из 300)	Суммарная доля 2021 г., % (из 300)	Темп роста 2021 г. к 2012 г., %
Алатырский	16,8	9,3	55,4
Аликовский	6,4	5,9	92,2
Батыревский	83,9	47,6	56,8
Вурнарский	13,4	13,9	103,7
Ибресинский	5,8	6,3	108,6
Канашский	11,3	15,9	140,7
Козловский	10,1	13,7	135,6
Комсомольский	18,7	13,6	72,7
Красноармейский	7,7	9,6	124,7
Красночетайский	3,7	3,6	97,3
Мариинско-Посадский	5,2	4,6	88,5
Моргаушский	10,4	10,6	101,9
Порецкий	9,4	20,1	213,8
Урмарский	13,6	11,0	80,9
Цивильский	11,7	13,5	115,4
Чебоксарский	10,5	11,6	110,5
Шемуршинский	20,5	48,2	235,1
Шумерлинский	2,2	2,6	118,2
Ядринский	9,0	10,2	113,3
Яльчикский	23,3	22,8	97,9
Янтиковский	6,4	5,4	84,4

Примечание: составлено авторами на основе данных министерства сельского хозяйства Чувашской Республики [Электронный ресурс]. URL: www.agro.cap.ru (дата обращения: 08.04.2026); Госкомстата Чувашии [Электронный ресурс]. URL: www.chuvash.gks.ru (дата обращения: 14.04.2026).

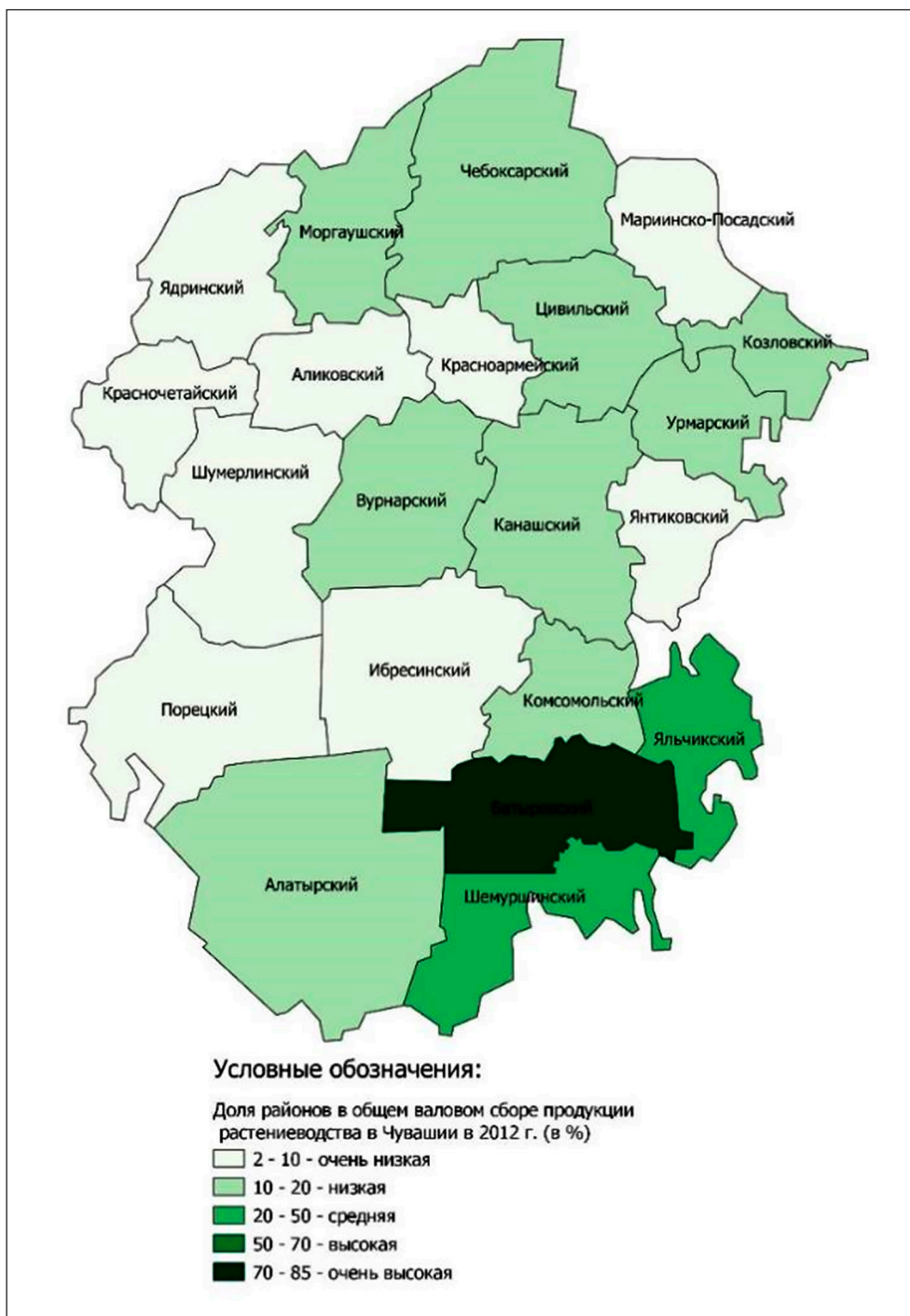


Рис. 1. Доля районов в общем валовом сборе продукции растениеводства в Чувашии в 2012 г. (в %).
Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования

Яльчикский район также остался в верхней части рейтинга с долей 22,8%. Отдельно следует отметить Порецкий район. В 2012 г. его показатель составлял 9,4%, а к 2021 г. вырос до 20,1%. Такой рост связан прежде всего с увеличением сборов технических культур, из-за чего район перестал отно-

ситься к группе с низким вкладом в общий результат. В итоге изменения за 2012-2021 гг. свелись не только к смене первого места: внутри группы заметных производителей усилились Шемуршинский и Порецкий районы, а прежнее преимущество Батыревского района стало менее выраженным.

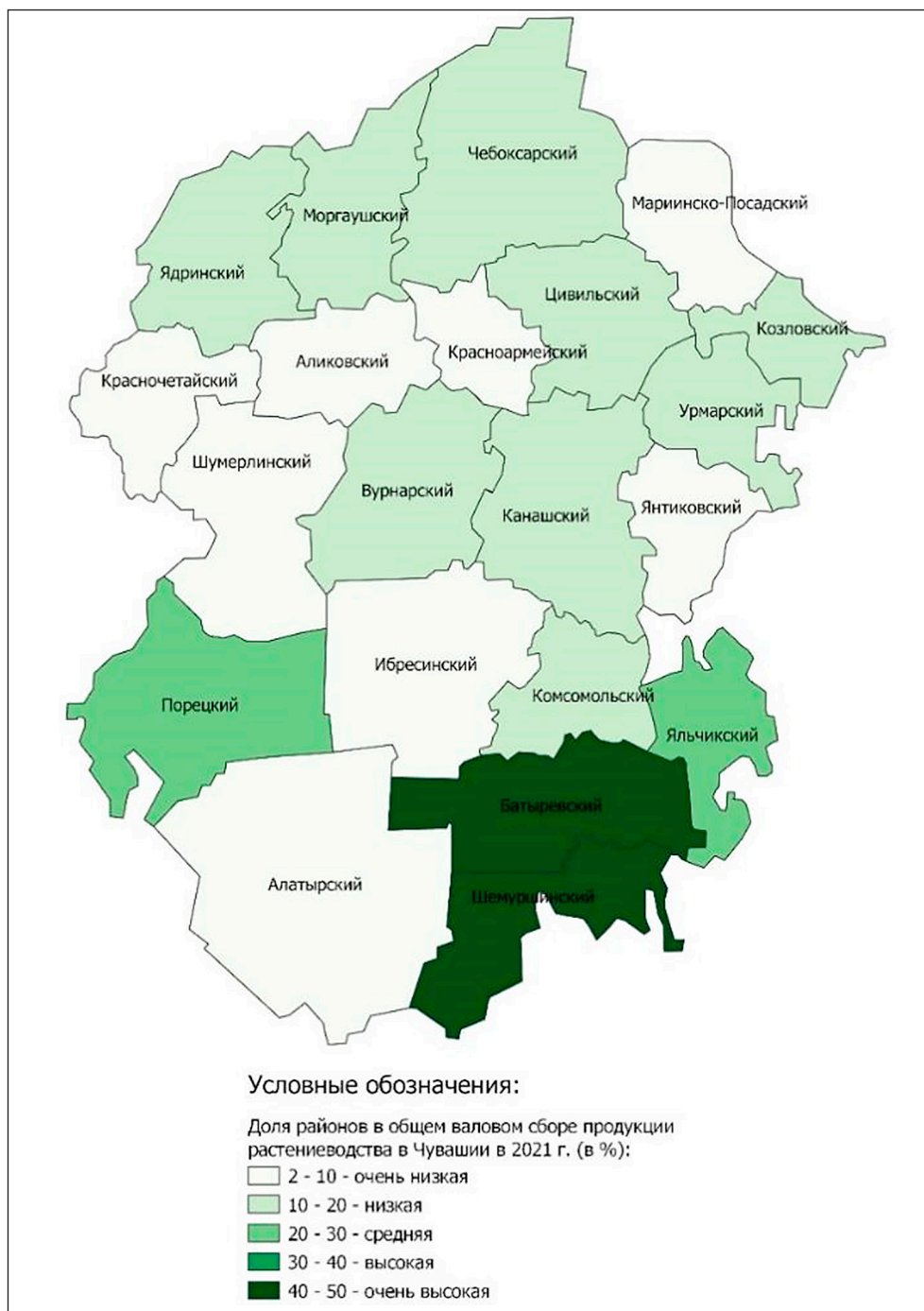


Рис. 2. Доля районов в общем валовом сборе продукции растениеводства в Чувашии в 2021 г. (в %).
Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования

За структурными сдвигами в лидерстве прослеживаются и изменения в производственной специализации. С 2012 по 2021 г. в общереспубликанском сборе технических культур доля Шемуршинского района выросла с 11,6 до 41,1%, тогда как доля Батыревского района, напротив, сократилась с 65,5 до 30,4%. Одновременно оба лидера

нарастили долю зерновых, что указывает на частичную конвергенцию их специализаций при сохранении разных ролей в формировании республиканского объема технических культур.

Дополнительную картину сдвигов дают темпы роста суммарной доли (табл.). Значение больше 100% указывает на увеличение

удельного веса района в общереспубликанском сборе трёх групп культур, меньше 100% – на его снижение. Наиболее высокие темпы зафиксированы в Шемуршинском (235,1%) и Порецком (213,8%) районах, что полностью согласуется с их резко возросшей ролью в производстве технических культур. В то же время у пяти районов темп роста оказался ниже 80%, причём в Алатырском и Батыревском падение составило почти половину от исходной доли, что свидетельствует о серьёзных структурных сдвигах в их специализации.

Индексная оценка подтверждает, что концентрация ослабла, но не исчезла. Адаптированный индекс Херфиндала – Хиршмана снизился с 1108,9 до 812,8 пункта. Вклад трёх районов-лидеров сократился со 127,8 до 118,7% из 300%, а пяти лидирующих районов – со 163,3 до 154,7%. То есть снижение концентрации произошло в основном за счёт перераспределения позиций внутри группы лидеров, а не за счёт массового подтягивания отстающих территорий.

Важно, что значительная часть муниципальных образований и в конце рассматриваемого периода сохраняла низкую долю в общем объёме производства. В 2012 г. к группе с очень низкими сборами относились 9 районов, дававших в сумме лишь 55,7% из 300%; абсолютным аутсайдером был Шумерлинский район (2,2%). В 2021 г. число таких районов сократилось до 8, но Шумерлинский район по-прежнему замыкал рейтинг (2,6%), а вся группа концентрировала лишь 47,2% совокупных валовых сборов.

Выявленная пространственная картина отчасти согласуется с результатами геоэкологической типологизации агроландшафтов Чувашии [10]. Районы-лидеры (Батыревский, Шемуршинский, Яльчикский) относятся к Юго-Восточному геоэкологическому типу с наиболее высоким потенциальным плодородием, но одновременно с критическим дефицитом фосфора и калия. Напротив, аутсайдеры (Шумерлинский, Красночетайский) расположены в зоне переувлажнения с максимальной долей кислых почв и пойменным характером землепользования, что объективно ограничивает возможности интенсивного растениеводства. Для этих территорий характерны также минимальные показатели внесения минеральных удобрений и наименьшая насыщенность сельскохозяйственной техникой, что дополнительно ограничивает их производственный потенциал. Аналогичные зако-

номерности отмечаются и в более широком региональном контексте. Пространственная дифференциация сельского хозяйства обычно складывается под воздействием совокупности природно-климатических, агроэкологических, инфраструктурных и организационно-экономических факторов [11; 12]. Именно их сочетание определяет различия в специализации территорий, уровне интенсивности земледелия и способности районов увеличивать вклад в общий объём сельскохозяйственной продукции [13; 14]. Поэтому концентрация валовых сборов в ограниченной группе муниципальных образований может рассматриваться как проявление устойчивой территориальной структуры аграрного производства, при которой преимущества одних районов и ограничения других сохраняются на протяжении длительного времени [15].

С содержательной точки зрения ослабление концентрации не стоит воспринимать как автоматическое выравнивание условий. Скорее, оно отражает структурный сдвиг в специализации: одни лидеры (Батыревский) диверсифицируют производство в пользу зерновых и овощей, другие (Шемуршинский) наращивают долю технических культур. Периферийные же территории по-прежнему развиваются преимущественно экстенсивно или сокращают посевы, о чём свидетельствуют данные о динамике посевных площадей и внесения удобрений. Эти тенденции хорошо соотносятся с общероссийскими трендами: при общем росте валовых сборов внутрирегиональная поляризация аграрного производства часто усиливается [1; 5].

Практический вывод состоит в том, что меры поддержки растениеводства не могут быть одинаковыми для всех районов. Для территорий-лидеров приоритет – повышение эффективности и устойчивости сложившейся специализации на фоне дефицита элементов питания. Для переходных районов важно сбалансированное развитие нескольких направлений. Для аутсайдеров необходимы снижение структурных ограничений (мелиорация, известкование) и стимулирование диверсификации.

Заключение

Расчёты за 2012 и 2021 гг. показывают, что в растениеводстве Чувашской Республики сохраняется заметная территориальная неоднородность. Основная часть валовых сборов, как и прежде, приходится на районы юга и юго-востока. Батыревский, Шемуршинский и Яльчикский районы оста-

ются наиболее значимыми в этой структуре, хотя их позиции внутри группы лидеров изменились. Северные и часть центральных районов дают существенно меньший вклад, поэтому их положение нельзя объяснить только колебаниями урожайности в отдельный год.

Наиболее заметные сдвиги произошли не по всей совокупности районов, а прежде всего среди территорий с наибольшими долями. Батыревский район снизил суммарную долю с 83,9 до 47,6%, тогда как Шемуршинский район увеличил её с 20,5 до 48,2%. Отдельно следует отметить Порецкий район: его показатель вырос с 9,4 до 20,1%, что позволило ему перейти из числа слабых участников в более заметную группу. Индекс Херфиндаля - Хиршмана уменьшился с 1108,9 до 812,8 пункта. Такое снижение не означает полного выравнивания районов; скорее, оно указывает на то, что прежняя зависимость от одного лидера стала менее выраженной, а вес перераспределился между несколькими территориями.

Полученные результаты показывают, что одинаковые меры поддержки в разных районах вряд ли дадут сопоставимый эффект. Для Батыревского и Шемуршинского районов важнее не расширение производства само по себе, а сохранение устойчивости сложившейся специализации и снижение рисков по тем культурам, на которые приходится основная часть валовых сборов. Для Порецкого, Канашского и близких к ним районов более значимы меры, позволяющие закрепить достигнутый рост и не свести его к разовому увеличению по одной группе культур. Для Шумерлинского, Красночетайского и других районов с небольшой долей в валовых сборах задача иная: здесь требуется поддержка базовых условий производства, иначе разрыв с лидерами будет сохраняться даже при общем росте республиканских показателей.

Список литературы

1. Солнцева О. В., Яшина М. Л. Эволюция взглядов и научных подходов к размещению производства и специализации сельских территорий // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 7. С. 196–200. EDN: YNVGLB.
2. Таранова И. В., Склярова Ю. М., Скляров И. Ю., Шаврина Ю. О. Механизм территориального размещения и специализации аграрного производства в рыночной и природной среде региона // Московский экономический журнал. 2020. № 6. DOI: 10.24411/2413-046X-2020-10402.
3. Ракитников А. Н. География сельского хозяйства: проблемы и методы исследования. М.: Мысль, 1970. 342 с.
4. Носонов А. М. Территориальные системы сельского хозяйства: экономико-географические аспекты исследования. М.: Янус-К, 2001. 324 с. ISBN 5-8037-0073-8.
5. Евдохина О. С., Асташова Е. А., Грицько В. В. Экономическое обоснование территориального размещения и отраслевой специализации АПК региона // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13, № 2. С. 447-462. DOI 10.18334/ep.13.2.116863.
6. Нефедова Т. Г. Сельская Россия на перепутье: географические очерки. М.: Новое издательство, 2003. 403 с. ISBN 5-98379-001-3.
7. Кузнецова Н. А., Зинич Л. В., Асташова Е. А. Методика оценки территориально-отраслевой дифференциации сельскохозяйственного производства // Экономика, предпринимательство и право. 2024. Т. 14, № 11. С. 6653-6664. DOI 10.18334/ep.14.11.122059.
8. Алтухов А. И. Пространственное развитие сельского хозяйства страны: проблемы и возможные пути решения // АПК: Экономика, управление. 2020. № 12. С. 48–55. DOI: 10.33305/2012-48.
9. Нефедова Т. Г. Развитие постсоветского аграрного сектора и поляризация сельского пространства Европейской части России // Пространственная экономика. 2019. Т. 15. № 4. С. 36–56. EDN: BVOAUK.
10. Мулендеева А. В., Никонорова И. В. Кластерный анализ агроландшафтов Чувашской Республики и их геоэкологическая оценка // Успехи современного естествознания. 2026. № 3. С. 58–65. DOI: 10.17513/use.38490.
11. Иванова Т. В., Чернышова Т. Н., Прокопьев А. В., Иванова А. А. Анализ и прогнозирование сельскохозяйственного производства в Чувашской Республике // Oeconomia et Jus. 2021. № 1. С. 44-51. DOI 10.47026/2499-9636-2021-1-44-51.
12. Бунин А. А., Лисовская Ю. С., Татаринцев В. Л., Татаринцев Л. М., Шостак М. М. Агроэкологическая оценка аграрного землепользования как основа повышения его устойчивости // Вестник КрасГАУ. 2021. № 4. С. 80-86. DOI 10.36718/1819-4036-2021-4-80-86.
13. Силаева Л. П. Пространственная организация сельского хозяйства как основа рационального размещения и специализации // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27, № 2. С. 163-172. DOI 10.35330/1991-6639-2025-27-2-163-172. EDN VGEFXX.
14. Анищенко А. Н., Усманов Д. И. Проблемы управления территориальной дифференциацией регионального сельскохозяйственного производства // Продовольственная политика и безопасность. 2021. Т. 8, № 3. С. 263-272. DOI 10.18334/ppib.8.3.112710.
15. Алтухов А. И. Пространственное развитие сельского хозяйства и сельских территорий страны – основа обеспечения национальной продовольственной безопасности // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 86–93. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prostranstvennoe-razvitie-selskogo-hozyaystva-i-selskih-territoriy-strany-osnova-obespecheniya-natsionalnoy-prodovolstvennoy/viewer> (дата обращения: 28.05.2026).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
И ХЛОРОФИЛЛА «А» В ВОДАХ АЗОВСКОГО МОРЯ
И ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА В ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2025 ГОДА**

¹Подобедова А. В. ORCID ID 0009-0009-9510-5326,

²Решетняк О. С. ORCID ID 0000-0001-7160-2461,

¹Михалко А. С. ORCID ID 0009-0008-3502-6776,

¹Поважный В. В. ORCID ID 0000-0003-4370-6380

¹*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки*

*«Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук»,
Ростов-на-Дону, Российская Федерация, e-mail: podobedova@ssc-ras.ru;*

²*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Российская Федерация*

В результате комплексных гидрохимических исследований Южного научного центра Российской академии наук в октябре 2025 г. получены новые данные о солености, мутности воды, распределении биогенных элементов и хлорофилла «а» в Азовском море. Цель – анализ пространственного распределения биогенных элементов (нитритов, нитратов, ионов аммония, фосфатов, растворенного кремния) и хлорофилла «а» на фоне изменения гидролого-гидрохимических показателей морской среды в акватории Азовского моря и Таганрогского залива в октябре 2025 г. Определение минеральных форм биогенных элементов выполнялось на пятиканальном автоанализаторе Scalar San++ по стандартным методикам. В открытом море мутность низкая, насыщение кислородом высокое, иногда с превышением нормы. В Таганрогском заливе соленость и насыщение кислородом снижались, а мутность заметно возрастала. В водах залива несколько выше содержание нитритов и ниже содержание нитратов и ионов аммония по сравнению с открытым морем. По содержанию хлорофилла «а» исследуемые экосистемы относятся к мезотрофному типу или имеют переходное состояние к эвтрофному. В дельте Дона зафиксированы экстремальные концентрации биогенов и дефицит кислорода, что может вызвать усиление эвтрофикации. На основании полученных данных обоснована необходимость регулярного мониторинга биогенной нагрузки в Таганрогском заливе.

Ключевые слова: Азовское море, Таганрогский залив, биогенные элементы, антропогенное эвтрофирование, трофность, хлорофилл «а», растворенный кислород, мутность

**SPATIAL DISTRIBUTION OF MINERAL FORMS OF BIOGENIC
ELEMENTS AND CHLOROPHYLL “A” IN THE WATERS OF THE SEA
OF AZOV AND TAGANROG BAY IN THE AUTUMN PERIOD OF 2025**

¹Podobedova A. V. ORCID ID 0009-0009-9510-5326,

²Reshetnyak O. S. ORCID ID 0000-0001-7160-2461,

¹Mikhalko A. S. ORCID ID 0009-0008-3502-6776,

¹Povazhnyy V. V. ORCID ID 0000-0003-4370-6380

¹*Federal State Budgetary Institution of Science*

*“Federal Research Center Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”,
Rostov-on-Don, Russian Federation, e-mail: podobedova@ssc-ras.ru;*

²*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
“Southern Federal University”, Rostov-on-Don, Russian Federation*

As a result of comprehensive hydrochemical studies conducted by the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences in October 2025, new data on salinity, water turbidity, the distribution of biogenic elements, and chlorophyll-a in the Sea of Azov were obtained. The aim was to analyse the spatial distribution of biogenic elements (nitrites, nitrates, ammonium ions, phosphates, dissolved silicon) and chlorophyll-a against the background of changes in hydrological and hydrochemical parameters of the marine environment in the Sea of Azov and Taganrog Bay in October 2025. The determination of mineral forms of biogenic elements in water was carried out using a five-channel Scalar San++ autoanalyser following standard methods. In the open sea, turbidity was low, and oxygen saturation was high, sometimes exceeding the norm. In Taganrog Bay, salinity and oxygen saturation decreased, while turbidity increased markedly. In the waters of the bay, nitrite content was somewhat higher, whereas nitrate and ammonium ion contents were lower compared to the open sea. Based on chlorophyll-a content, the studied ecosystems are classified as mesotrophic or in a transitional state from mesotrophic to eutrophic. In the Don River delta, extreme concentrations of biogenic elements and oxygen deficiency were recorded, which may enhance eutrophication. On the basis of the obtained data, the need for regular monitoring of the biogenic load in Taganrog Bay is substantiated.

Keywords: Sea of Azov, Taganrog Bay, biogenic elements, anthropogenic eutrophication, trophic state, chlorophyll “a”, dissolved oxygen, turbidity

Введение

Азовское море является одним из наиболее продуктивных и в то же время уязвимых морских бассейнов Российской Федерации, испытывающих значительное антропогенное воздействие, связанное с речным стоком, активной сельскохозяйственной и рекреационной деятельностью, эвтрофикацией прибрежных вод. Таганрогский залив Азовского моря, представляющий собой эстуарный [1] район моря, характеризуется высокой динамикой гидрохимических параметров, обусловленной смешением речных и морских вод, мелководностью и активными продукционно-деструкционными процессами [2]. В осенний период, как и в летний, особое значение приобретает оценка содержания биогенных элементов (N и P), определяющих первичную продукцию, а также их органических форм, влияющих на формирование придонной гипоксии [3].

Как известно, минеральные формы азота и фосфора, являясь питательной составляющей для фитопланктона и фотосинтеза, обеспечивают биологическую продуктивность и рыбохозяйственную значимость водоема в целом. По данным [4], в изменчивости среднегодовых концентраций биогенных веществ в водной толще Азовского моря в период с 2007 по 2016 г. отмечено достоверное снижение содержания минеральных форм азота в Таганрогском заливе (относительно периода с 1998 по 2006 г.). В целом «уменьшение концентрации биогенных элементов в современный период осолонения в Таганрогском заливе не привело к снижению скорости первичного продуцирования органического вещества фитопланктоном», при этом их содержание «в собственно море остается на уровне среднепогодных значений» [4].

Цель исследования – анализ пространственного распределения биогенных элементов (нитритов, нитратов, ионов аммония, фосфатов и растворенного кремния) и содержания хлорофилла «а» на фоне изменения гидролого-гидрохимических показателей морской среды в акватории Азовского моря и Таганрогского залива в октябре 2025 г.

Материалы и методы исследования

Экспедиционные работы выполнены на научно-исследовательском судне (НИС) «Денеб» ЮНЦ РАН в период с 14 по 28 октября 2025 г. Программа наблюдений включала комплексные гидролого-гидрохимические исследования морской воды на 15 станциях (рисунок), которые разделены на три группы: открытая часть Азовского моря, акватория Таганрогского залива, а также одна

станция, расположенная в районе хутора Донской (ст. 1) в вершине залива, характеризующаяся минимальными глубинами и максимальным влиянием речного стока.

С помощью многопараметрического зонда Fuscin FS080114 измерялись температура, соленость, мутность, концентрация растворенного кислорода и степень насыщения воды кислородом (%), прижизненная флуоресценция хлорофилла «а». Пересчет интенсивности флуоресценции в концентрацию хлорофилла «а» проводился на основе калибровочного коэффициента, который был определен путем сравнения со значением концентрации хлорофилла «а», определенным для исследуемых вод Азовского моря экстракционным методом.

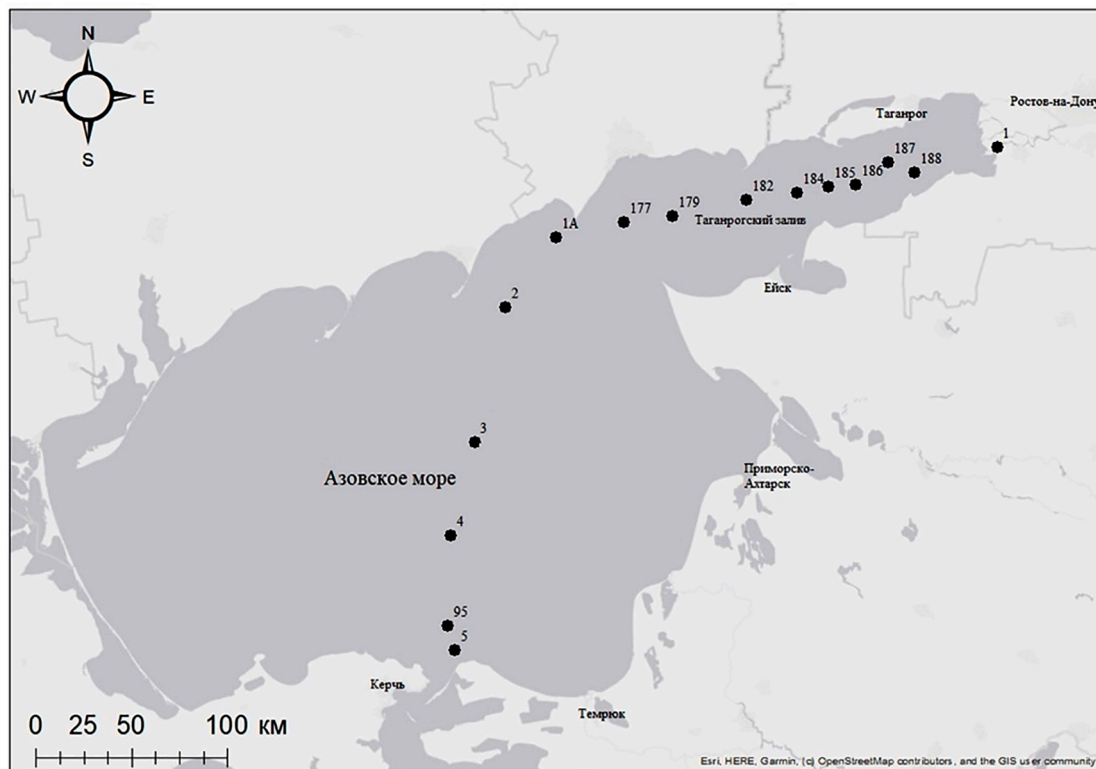
На каждой станции отбирались пробы с поверхностного и придонного горизонтов для определения концентрации минеральных форм биогенных элементов. Пробы отбирались батометром Нискина. Сразу после подъема батометра пробы переливали в одноразовые стерильные пластиковые пробирки типа «Фалькон» объемом 50 мл. Для предотвращения биохимических изменений состава воды (разложения органических веществ, нитрификации и др.) пробы сразу после отбора замораживали без фильтрации. Отобранные пробы доставлялись в лабораторию ЮНЦ РАН. Определение минеральных форм биогенных элементов в воде выполнялось с использованием пятканального автоанализатора Scalar San++ по стандартным методикам [5, с. 45].

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты комплексных гидролого-гидрохимических исследований акватории Азовского моря, Таганрогского залива и зоны смешения морских и речных вод в районе х. Донской представлены в таблице.

Температурный режим морских масс полностью соответствовал осеннему периоду. Температура воды в открытой части Азовского моря изменялась от 12,3°C до 16,8°C (в период с 17 по 23 октября 2025 г.), а акватории Таганрогского залива от 11,4°C до 12,6°C (в период с 25 по 28 октября 2025 г.). Значительных различий в значениях температуры воды в поверхностном и придонном слое не выявлено.

В современный период исследователями отмечается резкий рост солености воды Азовского моря [3; 6], который вызван длительным маловодьем, совпавшим с периодом роста температуры воды и воздуха и с повышением испарения с акватории моря.



*Экспедиционная картосхема на НИС «Днеб» (октябрь 2025 г.)
 На картосхеме цифрами обозначены номера станций отбора проб воды и измерений:
 1 – х. Донской (вершина залива); 177, 179, 182, 184–188 – акватория
 Таганрогского залива; 1А, 2–5, 95 – открытая часть Азовского моря
 Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

В период исследования *соленость морских вод* Азовского моря ожидаемо снижалась по направлению «открытое море – залив – дельта». В открытом море соленость снижалась от 18,5 е. п. с. до 14,4 е. п. с., в Таганрогском заливе – от 13,9 е. п. с. до 8,7 е. п. с. (таблица). Резкий градиент солености наблюдается в зоне смешения морских и речных вод, где на ст. 1 соленость снизилась до 0,84 е. п. с., что соответствует категории пресных вод. Специфический гидрохимический режим верхней части Таганрогского залива формируется под воздействием двух ключевых факторов: значительного опреснения, обусловленного стоком р. Дон, и высокой мутности вод.

Мутность воды также закономерно изменялась (увеличивалась) по направлению «открытое море – залив – дельта». В открытом море в поверхностном слое воды мутность имеет наименьшие значения от 1,5 до 6,4 FTU, что соответствует категории «слабо мутная вода». В придонном слое мутность воды изменялась в широком

диапазоне значений: от 2,3 FTU на ст. 1А («слабо мутная вода») до 119,9 FTU на ст. 95 («сильно мутная вода»).

В Таганрогском заливе и на ст. 1 мутность в поверхностном слое воды в целом была выше, чем в открытом море, и составила 2,6–22,5 FTU, что соответствует категории «мутная вода» (10–100 FTU). В придонном слое мутность воды изменялась от 3,8 FTU на ст. 177 («слабо мутная вода») до 92,4 FTU на ст. 185 («мутная вода») (таблица). Высокая мутность воды ограничивает фотосинтез, что отчасти объясняет снижение содержания хлорофилла «а» в наиболее мутных участках залива [7].

Стратификация водных масс по степени насыщения кислородом в открытой акватории моря и в Таганрогском заливе наиболее отчетливо прослеживается в летний период, и расслоение водной толщи по данному параметру может достигать 50% [8, с. 15], что является характерным для гидродинамического и гидрохимического режимов Азовского моря.

Результаты комплексных гидролого-гидрохимических исследований морской воды в акватории Азовского моря и Таганрогского залива в осенний период 2025 г.

Станция	Дата, октябрь 2025	Время	Горизонт	Соленость, е. п. с.	Хлорофилл «а», мкг/дм ³	Мутность, FTU	Степень насыщения воды O ₂ , %	NO ₂ ⁻ , мкгN/дм ³	NO ₃ ⁻ , мкгN/дм ³	NH ₄ ⁺ , мкгN/дм ³	PO ₄ ³⁻ , мкгP/дм ³	SiO ₃ ²⁻ , мгSi/дм ³
Акватория Азовского моря												
5	17	0:00	0	16,4	9,81	1,7	116	2,76	0,62	170,3	31,4	1,83
5	17	6:00	0	16,4	9,50	1,7	112	4,60	0,62	427,1	26,7	1,86
5	17	12:00	0	16,5	4,84	1,53	117	1,84	441,4	233,1	11,2	2,85
5	17	12:00	дно	18,5	1,88	10,6	89	20,7	122,8	231,3	82,8	1,57
5	17	18:00	0	16,5	9,57	1,5	123	2,76	11,16	112,3	32,6	2,57
95	21	11:50	0	17,3	8,47	5,4	102	3,22	0,62	132,5	15,4	1,59
95	21	11:50	дно	18,5	3,49	119,9	89	8,74	30,4	292,1	5,18	0,98
4	21	15:18	0	16,4	4,26	4,6	101	14,7	181,7	254,7	55,0	3,73
4	21	15:18	дно	16,6	4,66	13,6	101	21,2	114,7	221,4	101,4	2,73
3	21	18:30	0	16,3	5,68	15,3	101	6,90	10,5	332,3	66,7	1,30
3	21	18:30	дно	16,3	5,74	31,6	100	5,98	42,2	263,7	121,8	1,44
2	22	6:30	0	15,8	3,73	2,0	95	19,8	185,4	93,8	102,3	3,42
2	22	6:30	дно	15,8	3,39	2,0	95	15,6	113,5	186,7	65,4	1,94
1A	22	12:00	0	14,7	5,96	1,8	100	12,0	63,2	129,8	48,0	2,60
1A	22	12:00	дно	15,4	2,39	2,3	93	13,3	49,6	233,8	65,0	2,26
1A	22	18:00	0	14,8	9,06	2,0	101	15,2	74,4	168,8	67,1	3,16
1A	23	0:00	0	14,7	9,88	2,2	99	14,7	44,0	122,2	55,9	2,34
1A	23	6:00	0	14,8	6,96	2,2	100	–	–	–	–	–
1A	23	12:00	0	14,4	7,05	6,4	102	6,44	26,7	216,4	100,9	2,37
Акватория Таганрогского залива Азовского моря												
177	25	11:50	0	13,9	2,90	2,6	100	11,0	73,8	133,6	66,9	3,87
177	25	11:50	дно	13,9	5,08	3,8	99	10,1	42,2	132,3	44,7	3,18
179	25	13:42	0	13,4	3,08	3,5	99	37,3	265,4	234,2	11,4	2,52
179	25	13:42	дно	13,3	3,99	11,7	98	39,6	194,7	437,6	0,10	3,87
182	25	15:25	0	12,6	3,68	11,7	97	54,4	233,1	270,5	30,0	3,57
182	25	15:25	дно	12,6	4,27	22,5	96	–	–	–	–	–
184	25	17:05	0	11,7	7,35	18,4	98	17,5	90,5	173,7	32,3	1,44
184	25	17:05	дно	11,7	9,12	59,5	98	–	–	–	–	–
185	25	17:48	0	11,2	8,94	21,2	95	8,7	37,8	120,4	11,4	1,51
185	25	17:48	дно	11,2	11,7	92,4	95	–	–	–	–	–
186	26	10:00	0	10,3	9,83	10,1	100	9,20	2,48	77,8	81,2	4,01
186	26	10:00	дно	10,9	12,7	14,1	92	6,90	17,4	144,4	62,5	2,82
187	26	11:10	0	8,8	6,49	14,8	99	9,7	12,4	109,6	48,6	4,97
187	26	11:10	дно	8,9	12,9	19,2	94	11,0	10,5	122,0	70,5	4,78
188	27	12:00	0	8,7	13,9	13,6	97	12,9	0,62	386,6	62,6	5,31
188	27	12:00	дно	8,7	14,8	15,6	97	10,1	124,6	120,8	48,2	3,84
Дельта реки Дон, х. Донской												
1	28	7:35	0	0,84	5,11	15,6	86	133,9	1990	500,9	317,3	10,59

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

По данным ряда авторов [3; 4], в современный период осолонения в Таганрогском заливе и в Азовском море выявлены статистически достоверные различия степени насыщения воды кислородом в поверхностном и придонном горизонтах в весенний и осенний периоды. Так, в период с 2007 по 2015 г. разница в степени насыщения морских вод кислородом в осенний период составила для открытого моря 5 %, а для Таганрогского залива – 14 % [4].

Осенью 2025 г. была наиболее выражена стратификация морских вод по степени насыщения кислородом в акватории Азовского моря по сравнению с Таганрогским заливом. Различие в степени насыщения морских вод кислородом в осенний период для акватории моря составило от 1 до 23 % (ст. 5), а для Таганрогского залива – от 1 до 8% (ст. 186) (таблица). Таким образом, кислородный режим в открытой части моря можно считать благополучным: насыщение кислородом в большинстве станций в поверхностном слое достигало 100–123 %, в придонном варьировало в пределах 89–101 %, что связано со снижением активности фитопланктона, стратификацией водной толщи и разложением органических веществ микроорганизмами. При этом критических уровней гипоксии (51 % насыщения) [9] достигнуто не было. В Таганрогском заливе кислородный режим чуть более напряженный: поверхностное насыщение кислородом составляло 95–100 %, в придонном слое снижалось до 92 % (таблица). На ст. 1 (х. Донской) насыщение воды кислородом составило всего 86 % в поверхностном слое, что характерно для устьевых зон с высокой техногенной [10] и биогенной нагрузкой, которая усиливается в маловодный период [11]. По сообщению Азово-Черноморского филиала ВНИИРО¹ со ссылкой на данные ФГБУ «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», объем годового стока Дона в 2025 г. «относится к одному из самых низких за период зарегулированного режима», что может снижать разбавляющую способность водных масс мелководного Таганрогского залива.

Важной характеристикой качества вод является поступление биогенных веществ, избыток которых может оказывать негативное воздействие на морскую систему [12].

Соотношение минеральных форм азота в поверхностном слое воды в открытой части моря и в заливе значительно не отли-

чается, четких закономерностей выделить пока не представляется возможным. В акватории Азовского моря содержание нитритов варьировало от 1,84 до 19,8 мкгN/дм³ (среднее значение – 8,74 мкгN/дм³), достигая максимального значения на ст. 2, в Таганрогском заливе – от 8,74 до 54,7 мкгN/дм³ (среднее значение – 20,13 мкгN/дм³), максимум фиксировался на ст. 182. Концентрации нитратов изменялись от очень низких значений 0,62 мкгN/дм³ до 441,4 мкгN/дм³ в открытом море (ст. 5) и до 265,4 мкгN/дм³ в Таганрогском заливе (ст. 179). Средние значения концентраций нитратов в воде мало отличались и составили соответственно 86,7 и 89,5 мкгN/дм³.

По содержанию ионов аммония различия наименьшие: концентрации изменялись от 93,8 мкгN/дм³ до 427,1 мкгN/дм³ в открытом море (среднее значение – 199,4 мкгN/дм³) и от 77,8 мкгN/дм³ до 386,6 мкгN/дм³ в Таганрогском заливе (среднее значение – 188,3 мкгN/дм³) (таблица). Таким образом, в водах Таганрогского залива несколько выше содержание нитритов и сопоставимое содержание нитратов и ионов аммония по сравнению с водами открытого моря. В придонном слое по максимальным значениям концентраций минеральных форм азота большие концентрации фиксировались в мелководном заливе, а по средним значениям – содержания примерно одинаковые.

Содержание фосфатов в морской воде Азовского моря в поверхностном и придонном горизонтах несколько выше, чем в заливе, как по общим диапазонам концентраций, так и по средним значениям. Средняя концентрация фосфатов в открытом море в поверхностном слое составила 51,1 мкгP/дм³, в придонном – 73,6 мкгP/дм³, а в Таганрогском заливе – 43,0 и 45,2 мкгP/дм³ соответственно.

На ст. 1 (х. Донской) в зоне смешения морских и речных вод зафиксированы максимальные значения концентраций минеральных форм азота и фосфора, что вполне очевидно связано с влиянием речного стока, резким изменением гидродинамического режима и формированием геохимического барьера, способствующего накоплению веществ. При этом высокие содержания в воде фосфатов в районе х. Донской могут усиливать процессы эвтрофикации вод, которые имеют более высокий риск проявления для экосистем южных регионов [13].

Распределение концентрации растворенных форм кремния закономерно изменялось – увеличивалось по траектории «открытое море – залив – дельта». В открытом море в поверхностном слое общий диапа-

¹ Азово-Черноморский филиал ВНИИРО [Электронный ресурс]. URL: <https://azniirkh.vniro.ru/content/read/azniirkh-news/33176165-21-01-2026> (дата обращения: 12.05.2026).

зон концентраций кремния составил (0,98–2,73) мкгSi/дм³, в Таганрогском заливе – (1,44–5,31) мкгSi/дм³ (таблица), средние по акватории значения – 2,47 и 3,40 мкгSi/дм³ соответственно. Аналогично изменяется содержание соединений кремния в водах придонного горизонта. Самая высокая концентрация кремния (10,6 мкгSi/дм³) зафиксирована на ст. 1, что связано с влиянием речного стока и выносом продуктов выветривания в дельте Дона [4].

Содержание хлорофилла «а» в поверхностном слое достигало максимума в открытом море на ст. 1А и составило 9,88 мкг/дм³. В целом значения варьировали в пределах от 3,73 до 9,88 мкг/дм³, что соответствует мезотрофному водному объекту. В водах Таганрогского залива концентрации хлорофилла «а» варьировали в более широком диапазоне – от 2,90 до 13,9 мкг/дм³, а по средним значениям различия незначительны – 7,29 и 7,02 мкг/дм³ соответственно. Аналогично изменяется и содержание хлорофилла «а» в водах придонного горизонта исследуемых участков. Самая высокая концентрация 14,8 мкг/дм³ зафиксирована в восточной части залива (ст. 188), что указывает на формирование локальной зоны высокой продуктивности, соответствующей категории «эвтрофного» водного объекта по широко известным классификациям Винберга (1960), Бульона (1983) и др. или по авторской методике оценки уровня трофности по данным дистанционной спектроскопии водных экосистем [14].

Трофность водных экосистем в исследуемых частях Азовского моря будет изменяться в зависимости от меняющихся гидрометеорологических и гидролого-гидрохимических условий, а также при оценке с использованием иных критериев.

Таким образом, в открытой части Азовского моря и в Таганрогском заливе сложились условия умеренной продукции фитопланктона с активным потреблением биогенных веществ и высоким насыщением кислородом. На ст. 1 (х. Донской) зафиксирована зона высокой эвтрофикации: максимальные концентрации нитратов, ионов аммония, фосфатов и кремния при минимальной солености и более низком насыщении кислородом. Такое состояние указывает на прямое влияние речного стока, накопление биогенных и органических веществ и замедленную утилизацию питательных веществ фитопланктоном из-за высокой мутности и малой глубины. Полученные данные свидетельствуют о необходимости регулярного мониторинга биогенной нагрузки на экосистему Азовского моря

в целом и на Таганрогский залив, особенно в районе х. Донской, где риск усиления эвтрофирования, массового развития водорослей и гипоксии наиболее высок [15].

Полученные нами результаты имеют предварительный характер, требуют дальнейшего развития в части выявления антропогенной составляющей биогенной нагрузки, оценки качества воды и трофности экосистемы Азовского моря.

Выводы

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. В осенний период 2025 г. температурный режим открытой части Азовского моря и Таганрогского залива соответствовал многолетней норме, значительных различий в значениях температуры воды в поверхностном и придонном слое не выявлено. Соленость морских вод по направлению «открытое море – залив – дельта» снижалась от 14,4–18,5 до 13,9–8,7 е. п. с. в Таганрогском заливе и 0,84 е. п. с. в зоне смешения морских и речных вод (в дельте р. Дон). Мутность воды закономерно увеличивалась по направлению «открытое море – залив – дельта» и изменялась от категории «слабо мутная вода» (от 1,5 до 6,4 FTU) до «мутная вода» (от 10 до 22,5 FTU) в Таганрогском заливе и на ст. 1. В целом кислородный режим в открытой части моря благополучный (насыщение кислородом в поверхностном слое достигало 100–123 %), в Таганрогском заливе и в дельте – напряженный (степень насыщения кислородом составляла 95–100 %).

Значительных различий в соотношении минеральных форм азота в поверхностном слое воды в открытой части Азовского моря и в заливе не выявлено. В водах Таганрогского залива несколько выше содержание нитритов (8,74–54,7 мкгN/дм³) и ниже содержание нитратов (0,62–265,4 мкгN/дм³) и ионов аммония (77,8–386,6 мкгN/дм³) по сравнению с водами открытого моря. В придонном слое по максимальным значениям концентраций минеральных форм азота большие концентрации фиксировались в мелководном заливе, а по средним значениям – содержания примерно одинаковые. Содержание фосфатов в морской воде Азовского моря (от 11,2 до 102,3 мкгP/дм³, среднее 51,1 мкгP/дм³) выше, чем в заливе, как по общим диапазонам концентраций, так и по средним значениям. В зоне смешения морских и речных вод (ст. 1, х. Донской) зафиксированы максимальные значения концентраций минеральных форм азота и фосфора, что обусловлено влиянием речного стока.

2. Выявлено увеличение концентраций растворенных форм кремния по траектории «открытое море – залив – дельта»: в поверхностном слое моря – 0,98–2,73 мкгSi/дм³, в Таганрогском заливе – 1,44–5,31 мкгSi/дм³, в дельте Дона – 10,6 мкгSi/дм³, что связано с процессами выветривания горных пород и речным стоком.

3. По содержанию в воде хлорофилла «а» в поверхностном слое Азовского моря и на ст. 1А (до 9,88 мкг/дм³) водные экосистемы относятся к мезотрофным водоемам, в Таганрогском заливе (2,90–13,9 мкг/дм³) – относятся к экосистемам, функционирующим в переходном от мезотрофного к эвтрофному состоянию в зависимости от меняющихся гидрометеорологических и гидролого-гидрохимических условий.

Результаты анализа гидролого-гидрохимических показателей морской среды в открытой части Азовского моря и в Таганрогском заливе имеют высокую практическую значимость с точки зрения формирования программы мониторинга морских вод Азово-Черноморского бассейна в целом и обоснования необходимости проведения регулярных исследований по оценке биогенной нагрузки и степени риска усиления эвтрофирования в экосистеме Азовского моря.

Список литературы

1. Михайлов В. Н., Горин С. Л., Михайлова М. В. Новый подход к определению и типизации эстуариев // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2009. № 5. С. 3–11. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13024862> (дата обращения: 15.04.2026).
2. Кренева К. В., Филатова Т. Б., Клещенко А. В., Коршун А. М. Изменение гидролого-гидрохимических условий Таганрогского залива Азовского моря и их влияние на микробиопланктон в зимний период // Научный альманах стран Причерноморья. 2018. Т. 13. № 1. С. 108–117. URL: <https://www.science-almanac.ru/jour/article/view/222> (дата обращения: 15.04.2026). DOI: 10.23947/2414-1143-2018-13-1-108-117.
3. Косенко Ю. В., Баскакова Т. Е., Жукова С. В., Барабашин Т. О., Пятинский М. М. Влияние солености воды на развитие придонной гипоксии и уровень первичного продуцирования органического вещества в Таганрогском заливе // Водные биоресурсы и среда обитания. 2023. Т. 6. № 1. С. 34–47. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50399880> (дата обращения: 15.04.2026). DOI: 10.47921/2619-1024_2023_6_1_34. EDN: JIEEVJ.
4. Косенко Ю. В., Барабашин Т. О., Баскакова Т. Е. Динамика гидрохимических характеристик Азовского

моря в современный период осолонения // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2017. № 3–1 (195–1). С. 76–82. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30362366> (дата обращения: 15.04.2026). DOI: 10.23683/0321-3005-2017-3-1-76-82.

5. Сапожников В. В., Агатова А. И., Аржанова Н. В., Мордасова Н. В., Лапина Н. М., Зубаревич В. Л., Лукьянова О. Н., Торгунова Н. И. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. М.: ВНИРО, 2003. 202 с. URL: <http://dspace.vniro.ru/handle/123456789/1554> (дата обращения: 15.05.2026).

6. Бердников С. В., Кулыгин В. В., Дашкевич Л. В. Причины стремительного роста солености воды Азовского моря в XXI веке // Морской гидрофизический журнал. 2023. Т. 39. № 6. С. 760–778. EDN: QPFZZT.

7. Ефимова Т. В., Чурилова Т. Я., Скороход Е. Ю., Моисеева Н. А., Землянская Е. А. Вертикальное распределение биооптических показателей вод Азово-Черноморского бассейна в апреле – мае 2019 года // Морской гидрофизический журнал. 2020. Т. 36. № 5 (215). С. 571–581. DOI: 10.22449/0233-7584-2020-5-571-581. EDN: VLCCGQN.

8. Кленкин А. А., Корпакова И. Г., Павленко Л. Ф., Темердашев З. А. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. Краснодар: Просвещение-Юг, 2007. 324 с. EDN: TWOKGD.

9. Герасюк В. С. Содержание растворенного кислорода в водах Азовского моря в осенне-зимний период 2015 г. // Наука Юга России. 2017. Т. 13. № 1. С. 126–130. DOI: 10.23885/2500-0640-2017-13-1-126-130.

10. Никаноров А. М., Брызгалов В. А., Косменко Л. С., Кондакова М. Ю., Решетняк О. С. Антропогенная нагрузка на устьевую область р. Дон в современных условиях техногенного воздействия // Вода: химия и экология. 2011. № 1 (31). С. 4–10. EDN: NDQXIL.

11. Герасюк В. С., Лихтанская Н. В., Сорокина В. В., Бердников С. В. Сток органических веществ с рекой Дон в Азовское море в маловодный период 2007–2020 гг. // Водные ресурсы. 2025. Т. 52. № 2. С. 68–83. DOI: 10.31857/S0321059625020061. EDN: UBXUVW.

12. Орехова Н. А. Режим биогенных элементов Черного моря // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37. № 6. С. 710–726. DOI: 10.22449/0233-7584-2021-6-710-726.

13. Reshetnyak O. S., Kosmenko L. S., Danilenko A. O. Trends in the variability of the chemical composition and quality of water in the Lower Volga tributaries under anthropogenic impact and climate change // Russian Meteorology and Hydrology. 2022. Т. 47. № 1. С. 67–73. DOI: 10.3103/S1068373922010083. EDN: OFBKJE.

14. Сухоруков Б. Л., Решетняк Н. В. Классификация поверхностных вод по данным дистанционной спектроскопии видимой области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 4. С. 214–226. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-4-214-226. EDN: ARWCIQ.

15. Косенко Ю. В. Основные аспекты баланса биогенных элементов в Азовском море // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2. № 4. С. 24–37. DOI: 10.47921/2619-1024_2019_2_4_24. EDN: НТКТДВ.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН № гос. рег. 125040404857–4, № гос. рег. 125011700416–4.

Financing: The publication was prepared within the framework of the state assignment of the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (SSC RAS), state registration No. 125040404857–4 and No. 125011700416–4.



КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ТАНКЕРНЫХ МОРСКИХ ПЕРЕВОЗОК УГЛЕВОДОРОДОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Пономаренко И. А. ORCID ID 0009-0005-1887-6523

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

В статье уточняется классификация танкерных морских перевозок углеводородов в Арктической зоне России и раскрывается их пространственная дифференциация. Актуальность исследования связана с тем, что вывоз нефти, нефтепродуктов, сжиженного природного газа и иных углеводородных грузов в Арктике зависит не только от тоннажа и технических характеристик флота, но и от размещения ресурсной базы, терминальной инфраструктуры, ледовой доступности акваторий и конфигурации маршрутов Северного морского пути. Цель статьи состоит в разработке классификационного подхода, позволяющего рассматривать танкерные перевозки как элемент транспортно-географической структуры региона. Методологическую основу составили общественно-географический и транспортно-географический подходы; применялись методы систематизации, сравнительно-географического анализа, районирования и типологизации. Выделены классификационные признаки перевозок: вид груза, тип и ледовый класс судна, сезонность плавания, зависимость от ледокольного сопровождения, терминальная специализация, маршрутно-акваториальные ограничения и направления вывоза. Показано, что танкерные перевозки в Арктической зоне России имеют очагово-узловую организацию: основные грузопотоки привязаны к ограниченному числу специализированных портово-терминальных узлов, а различия между западными, центральными и восточными участками арктических акваторий определяются сочетанием ледовых, инфраструктурных и маршрутных факторов. Сделан вывод о том, что танкерный вывоз углеводородов формирует устойчивые транспортно-географические связи и влияет на пространственную связанность Арктической зоны России.

Ключевые слова: Арктическая зона России, танкерные перевозки углеводородов, Северный морской путь, портово-терминальные узлы, ледовый класс, ледокольное сопровождение, пространственная дифференциация, транспортно-географическая структура

CLASSIFICATION AND SPATIAL DIFFERENTIATION OF TANKER SEABORNE TRANSPORTATION OF HYDROCARBONS IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Ponomarenko I. A. ORCID ID 0009-0005-1887-6523

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
“Baltic Federal University named after Immanuel Kant”,
Kaliningrad, Russian Federation, e-mail: i.ponomarenko@bk.ru*

The article refines the classification of hydrocarbon tanker seaborne transportation in the Russian Arctic Zone and examines its spatial differentiation. The relevance of the study is related to the fact that the export of crude oil, petroleum products, liquefied natural gas and other hydrocarbon cargoes in the Arctic depends not only on fleet capacity and vessel characteristics, but also on the location of the resource base, terminal infrastructure, ice accessibility of waters and the configuration of Northern Sea Route corridors. The aim of the article is to develop a classification approach that makes it possible to consider tanker transportation as an element of the regional transport-geographical structure. The methodological basis includes socio-geographical and transport-geographical approaches; the study uses systematization, comparative geographical analysis, regionalization and typological interpretation. The classification criteria include cargo type, vessel type and ice class, seasonality of navigation, dependence on icebreaker support, terminal specialization, route and water-area constraints, and export directions. It is shown that tanker transportation in the Russian Arctic Zone has a focal-nodal organization: the main cargo flows are linked to a limited number of specialized port and terminal nodes, while differences between western, central and eastern Arctic waters are determined by a combination of ice, infrastructure and route factors. The article concludes that tanker export of hydrocarbons forms stable transport-geographical links and affects the spatial connectivity of the Russian Arctic Zone.

Keywords: Russian Arctic Zone, hydrocarbon tanker transportation, Northern Sea Route, port and terminal nodes, ice class, icebreaker support, spatial differentiation, transport-geographical structure

Введение

Арктическая зона России имеет ресурсное и выраженное транспортно-географическое значение. Значительная часть углеводородной базы расположена в удаленных прибрежных и шельфовых районах, где наземные способы вывоза ограничены. Поэто-

му морской транспорт становится способом включения ресурсных районов в производственные, портовые и внешнеторговые связи, а специфика инфраструктуры определяется удаленностью, капиталоемкостью, сезонностью и природно-климатическими условиями [1].

Особое место занимают танкерные перевозки углеводородов, обеспечивающие вывоз нефти, нефтепродуктов, СПГ, газового конденсата и иных наливных грузов через специализированные терминалы и арктические акватории. Этот сегмент целесообразно рассматривать не только как отраслевой элемент морского транспорта, но и как часть пространственной организации грузопотоков, связанных с ресурсной базой и портово-терминальными узлами [2, 3].

Значение темы усиливается развитием Северного морского пути. По итогам 2025 г. объем перевозок грузов в акватории СМП составил 37,02 млн т при плановом показателе 35,1 млн т, что подтверждает устойчиво высокую роль маршрута в системе арктических морских коммуникаций¹. Однако общий объем перевозок не раскрывает их пространственную организацию. Для экономико-географического анализа важнее установить, какие ресурсные районы, терминалы, участки акватории и направления вывоза образуют устойчивые связи, а какие зависят от сезонности, ледовой обстановки и ограниченности береговой инфраструктуры.

В научной литературе Северный морской путь рассматривается как элемент арктической транспортной системы, выполняющий экспортные, каботажные, межрегиональные и потенциально транзитные функции [4, 5]. Для вывоза арктических минеральных ресурсов особенно важно сопряжение добычных районов, морских терминалов, специализированного флота и ледово-навигационного обеспечения [6, 7].

Для арктического танкерного сегмента обычного описания перевозок недостаточно. Вид груза, ледовый класс судна, режим навигации, ледокольная поддержка, глубины подходов, терминальная специализация и направление вывоза одновременно являются технологическими и географическими признаками, определяющими доступность акваторий и устойчивость грузопотока.

Цель исследования – разработать классификационный подход к анализу танкерных морских перевозок углеводородов в Арктической зоне России и выявить их пространственную дифференциацию с учетом ледовых, инфраструктурных и маршрутно-акваториальных факторов. Для этого уточняется транспортно-географическое содержание перевозок, выделяются значимые

для Арктики классификационные признаки, характеризуются основные зоны и узлы морского вывоза, определяется роль СМП как акваториальной оси связи ресурсной базы, терминалов и внешних направлений.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу составляют общественно-географический и транспортно-географический подходы. Танкерные перевозки рассматриваются не как сумма рейсов, а как пространственно организованная связь ресурсной базы, береговой инфраструктуры, ледовых акваторий и рынков вывоза. Такой ракурс позволяет определить, где формируется грузопоток, через какой узел он входит в морскую систему и каким участком СМП выводится.

Информационную базу составили научные публикации по географии морского транспорта, развитию СМП и освоению Арктической зоны России [1, 4, 5].

Работы по логистике вывоза арктических минеральных ресурсов использованы для характеристики сопряжения добычных районов, терминалов и маршрутов [6, 7].

Исследования портовой инфраструктуры и роли восточно-арктических портов привлечены для анализа узловой структуры и территориальной концентрации грузопотоков [8–10].

Для анализа СПГ-сегмента использованы работы о рынке СПГ и арктических СПГ-проектах [11–13]. Отдельно учитывались исследования, посвященные реализации крупнотоннажных арктических СПГ-проектов в современных условиях [14, 15], а также международный обзор морского транспорта 2025 г. [16]. Ледовая и навигационная составляющие раскрывались на основе исследований ледовых условий на трассах СМП и пространственной структуры арктического судоходства [17, 18].

AIS-данные не использовались как сплошная количественная база, поскольку открытые треки могут быть неполными, содержать пропуски сигналов и требовать отдельной верификации. Поэтому качественная эмпирическая привязка выполнена по открытым сведениям о портово-терминальных узлах, грузовой специализации, ледовой и навигационной специфике, судозаходах и подтвержденных направлениях вывоза.

Нормативная и программная часть анализа использовалась как справочная база. Она включает положения о государственном регулировании торгового мореплавания

¹ Объем перевозки грузов по СМП в 2025 году составил 37,02 млн тонн // ТАСС. 17.02.2026. [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/ekonomika/26475137> (дата обращения: 15.05.2026).

в акватории Северного морского пути². Документы стратегического и инфраструктурного планирования развития СМП и АЗРФ учитывались отдельно³. Международные требования к судам, работающим в полярных водах, учитывались на основе Полярного кодекса Международной морской организации (ИМО) и унифицированных требований Международной ассоциации классификационных обществ (IACS) к полярным классам [19, 20].

Применялись методы систематизации, сравнительно-географического анализа, экономико-географического районирования и типологизации. Они использовались для отбора арктически значимых признаков перевозок, сопоставления западных, центральных и восточных участков акваторий, выделения зон с разными условиями перевозок и определения функций портово-терминальных узлов.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Танкерные морские перевозки углеводородов как объект транспортно- географического анализа

Танкерные морские перевозки углеводородов представляют собой специализированный сегмент морского транспорта, связанный с перемещением наливных грузов танкерами и газовозами. Для экономико-географического анализа важно не только описание операций погрузки, перехода и выгрузки, но и объяснение того, почему грузопоток закрепляется за одними акваториями и узлами и не формируется в других.

В транспортно-географическом смысле такие перевозки являются устойчивой пространственной связью между районами добычи и переработки, специализированными портово-терминальными узлами, аркти-

ческими акваториями, маршрутами СМП и внешними направлениями вывоза. Танкер выступает элементом системы, где груз, судно, терминал и состояние акватории взаимно определяют возможности регулярного вывоза [2, 3].

По сравнению с универсальными перевозками танкерный сегмент отличается высокой инфраструктурной избирательностью. Нефть, нефтепродукты, СПГ, СУГ и газовый конденсат требуют специализированных грузовых систем, резервуарных мощностей, причального оборудования, учета, промышленной и экологической безопасности. Для СПГ эта зависимость особенно выражена из-за специализированного флота и криогенной инфраструктуры [11–13].

В Арктической зоне России зависимость перевозок от природно-климатических условий усиливается. Ледовая обстановка, короткое навигационное окно, потребность в ледокольном сопровождении, удаленность от аварийно-спасательной инфраструктуры и ограниченность береговой базы напрямую влияют на географию танкерных маршрутов. Поэтому ледовый класс становится не только параметром безопасности, но и показателем пространственной доступности акваторий [17, 18]. Международные требования к судам в полярных водах дополнительно подтверждают значение ледового класса для безопасной эксплуатации в таких условиях [19, 20].

Следовательно, танкерные перевозки углеводородов в Арктической зоне России образуют транспортно-географическую систему, включающую ресурсные районы, специализированные терминалы, танкерный и газовозный флот, ледокольное и навигационное обеспечение, участки СМП и внешние направления вывоза. Их взаимодействие формирует очагово-узловой характер морского вывоза.

2. Классификация танкерных морских перевозок углеводородов в Арктической зоне России

Классификация танкерных перевозок в арктических условиях должна показывать, какие признаки влияют на географию перевозок: возможность регулярной навигации, самостоятельность работы судов, роль терминалов и сезонные либо инфраструктурные ограничения направлений. Поэтому наряду с видом груза, типом судна и размерной группой танкера учитываются ледовый, терминальный и маршрутно-акваториальный контекст.

² Федеральный закон от 28 июля 2012 г. № 132-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части государственного регулирования торгового мореплавания в акватории Северного морского пути». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70207760/> (дата обращения: 15.05.2026).

³ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 01 августа 2022 г. № 2115-р «Об утверждении плана развития Северного морского пути на период до 2035 года». [Электронный ресурс]. URL: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202208040008> (дата обращения: 15.05.2026); Указ Президента Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года». [Электронный ресурс]. URL: <https://publication.pravo.gov.ru/document/view/0001202010260033> (дата обращения: 15.05.2026).

Таблица 1

Классификация танкерных морских перевозок углеводородов в Арктической зоне России

Классификационный признак	Основные группы	Транспортно-географическое значение
Вид перевозимого груза	Сырая нефть; нефтепродукты; СПГ; газовый конденсат; СУГ	Определяет тип терминала, технологию операций, требования к судну и направление вывоза
Тип судна	Нефтяные танкеры; продуктово-газовозы; суда арктического исполнения	Связывает грузовую специализацию с работой в конкретной акватории и требованиями к терминалу
Ледовый класс	Суда без усиленного класса; ледового усиления; полярных классов; арктические танкеры и газовозы	Определяет район и период эксплуатации, самостоятельность плавания и потребность в ледоколах
Сезонность перевозок	Сезонные; продленно-навигационные; круглогодичные	Показывает устойчивость связи и возможность непрерывного вывоза сырья
Зависимость от ледоколов	Самостоятельное плавание; эпизодическое сопровождение; регулярная ледокольная поддержка	Характеризует зависимость маршрута и затраты на поддержание устойчивого вывоза
Терминальная специализация	Нефтяные терминалы; газовые терминалы; рейдовые комплексы; портово-производственные узлы	Формирует узловую структуру и привязку грузопотоков к специализированным объектам
Маршрутно-акваториальные ограничения	Западный сектор Арктики; Обь-Енисейский район; трасса СМП; восточный сектор арктических морей	Выявляет различия в ледовой доступности, глубинах, навигационном обеспечении и устойчивости
Направления вывоза	Западное; восточное; каботажное; внешнеэкспортное	Отражает включение грузопотоков в национальные, межбассейновые и внешние связи

Примечание: составлена автором как концептуальная классификация на основе обобщения научных источников и транспортно-географического анализа арктического танкерного сегмента.

Предлагаемая классификация связывает грузовые, судовые, инфраструктурные и пространственные признаки с территориальной организацией грузопотока и объясняет, почему разные части Арктической зоны России включены в танкерный вывоз неодинаково. Основные признаки представлены в табл. 1.

Классификация показывает, что арктические танкерные перевозки нельзя описывать только через вид груза или размер судна. Один и тот же груз может перемещаться через западные акватории, узлы Обь-Енисейского и Ямало-Гыданского районов, восточное направление СМП либо каботажную связь; при этом меняются требования к ледовому классу, терминалам и навигации [8, 9, 17].

Наиболее существенным для арктического анализа является ледовый класс: он связывает техническую пригодность судна с фактической географией перевозок, периодом эксплуатации и потребностью в ледокольной поддержке. Поэтому ледовый класс выступает фактором пространственной устойчивости грузопотока.

Классификация по терминальной специализации показывает узловую характер танкерного вывоза. Нефтяной, газовый или рей-

довый перегрузочный комплекс часто определяет саму возможность морского вывоза сырья; такой терминал связан с конкретной технологией, акваторией и направлением движения и становится пространственной опорой системы перевозок [6, 8, 10].

3. Пространственная дифференциация танкерных перевозок

Пространственная дифференциация танкерных перевозок углеводородов в Арктической зоне России определяется размещением ресурсной базы, развитием портово-терминальной инфраструктуры, ледовой доступностью акваторий и направленностью грузопотоков. Даже при наличии сырьевой базы морской вывоз ограничивается глубинами, ледовым режимом, отсутствием специализированного терминала или недостаточной устойчивостью маршрута.

Западная часть российской Арктики имеет более выгодную транспортно-географическую позицию: здесь сказываются близость к менее ледовым акваториям, связь с европейским направлением, развитая портовая база и сопряжение морского плеча с береговыми логистическими системами [1, 8].

Таблица 2

Пространственная дифференциация танкерных перевозок углеводородов
в Арктической зоне России

Пространственная зона	Ключевые факторы организации перевозок	Основные ограничения	Транспортно-географическая роль
Западный сектор Арктики	Более благоприятная ледовая доступность, западное направление, развитая портовая база	Безопасность наливных грузов, терминальная специализация	Устойчивые направления вывоза и опорные прибрежно-портовые узлы
Баренцево-Печорский район	Связь шельфовых и прибрежных проектов с морским вывозом, точки отгрузки	Сложные погодные условия, ограниченность портовой инфраструктуры, повышенные экологические требования	Вывод сырья из северных ресурсных районов в экспортные направления
Обь-Енисейский и Ямало-Гыдандский район	Высокая ресурсная концентрация, газовые и нефтяные терминалы, связь с СМП	Ледовые и гидрологические условия, ледокольное обеспечение, глубины	Ключевой узловой район арктического танкерного вывоза углеводородов
Центральная трасса СМП	Связь западных и восточных направлений, транзитная и экспортная маршрутизация	Сезонность, ледовая обстановка, навигационно-гидрометеорологическое обеспечение	Акваториальная ось вывоза и связанности арктических районов
Восточный сектор СМП	Выход к азиатским направлениям, диверсификация маршрутов	Сложные ледовые условия, меньшая плотность опорных пунктов и сервисов	Перспективное направление расширения внешних связей и связанности АЗРФ

Примечание: составлена автором как концептуальная типологизация на основе обобщения научных источников и транспортно-географического анализа арктического танкерного сегмента.



Основные направления грузовых перевозок по Северному морскому пути

Примечание: составлен автором по материалам ФГБУ

«Администрация Северного морского пути»⁴ и научным публикациям о развитии СМП [4, 5]

⁴ ФГБУ «Главное управление Северного морского пути»: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://nsr.farosatom.ru/> (дата обращения: 15.05.2026).

Обь-Енисейский и Ямало-Гыданский районы организованы иначе: при высокой концентрации ресурсной базы и наличии специализированных терминалов их доступность сильнее зависит от ледовой обстановки, гидрологических условий заливов, глубин, ледокольного сопровождения и навигационного обеспечения. Здесь танкерные и газовозные перевозки становятся основным способом морского вывоза удаленных ресурсов [6, 9, 11].

Восточный сектор СМП характеризуется меньшей плотностью устойчивых танкерных потоков и большей зависимостью от ледовой обстановки, навигационного обеспечения и ледокольного флота. Его значение связано с диверсификацией внешних маршрутов, выходом к азиатским рынкам и повышением связности арктического пространства [10, 18].

В итоге пространственная структура танкерных перевозок складывается как система концентрированных узлов и направлений, различающихся по доступности, интенсивности, сезонности и функциональной роли. Эта дифференциация обобщена в табл. 2.

Для визуализации пространственной дифференциации использована карта-схема акваториально-маршрутной структуры Северного морского пути. Она не отражает полный реестр танкерных рейсов, а показывает пространственный каркас, в пределах которого формируются западные, центральные и восточные направления морского вывоза углеводородного сырья. Указанный пространственный каркас представлен на рисунке.

4. Узловая структура и территориальная концентрация грузопотоков

Ключевая особенность танкерных перевозок углеводородов в Арктической зоне России – очагово-узловой характер. Морской вывоз концентрируется вокруг специализированных объектов, способных принимать соответствующие суда, обеспечивать погрузку наливных грузов, хранение, учет, экологическую защиту и безопасный режим операций [2, 8, 9].

Портово-терминальные узлы переводят груз из добычного или перерабатывающего контура в морское плечо перевозки, закрепляют грузопоток за конкретной акваторией и маршрутом, связывают ресурсный район с внешним направлением вывоза. Значение узла определяется не только грузооборотом, но и тем, является ли он основной точкой морского выхода для района добычи.

Территориальная концентрация грузопотоков обусловлена капиталоемкостью нефтяных и газовых терминалов, требованиями к глубинам, защищенности акватории, системам безопасности и устойчивому сырьевому обеспечению. Поэтому география таких объектов подчинена ресурсной базе, ледовой доступности, береговой инфраструктуре, ледокольному обеспечению и внешним направлениям вывоза [6, 10, 11].

В результате портово-терминальные комплексы становятся опорными пунктами транспортно-географической системы. Их функции представлены в табл. 3, а качественная привязка к ключевым районам, грузовой специализации и направлениям вывоза обобщена в табл. 4.

Таблица 3

Функции портово-терминальных узлов в системе танкерного вывоза углеводородов

Функция узла	Содержание функции	Географический эффект
Грузоформирующая	Концентрация нефти, нефтепродуктов, СПГ или газового конденсата для морского вывоза	Закрепление грузопотока за конкретным ресурсным районом
Терминально-технологическая	Погрузка, учет, хранение, безопасность, взаимодействие судна с берегом	Специализированная точка входа груза в морскую транспортную систему
Маршрутная	Сопряжение терминала с подходной акваторией, трассой СМП, ледовым режимом и направлениями вывоза	Определение устойчивой конфигурации морского маршрута
Ледово-навигационная	Учет ледовой обстановки, ледокольного, гидрометеорологического и навигационного обеспечения	Повышение доступности акваторий и устойчивости связи
Узлового развития	Концентрация инфраструктуры, сервисов и транспортных функций	Усиление роли прибрежно-портовых центров в структуре АЗРФ

Примечание: составлена автором как концептуальная классификация на основе обобщения научных источников и транспортно-географического анализа арктического танкерного сегмента.

Таблица 4

Основные портово-терминальные узлы танкерного вывоза углеводородов
в Арктической зоне России

Портово-терминальный узел / район	Ресурсная и грузовая специализация	Маршрутно-акваториальная связка	Ледовая и навигационная специфика	Транспортно-географическая роль
Сабетта / Ямал, Обская губа	СПГ и газовый конденсат; СПГ-инфраструктура	Обская губа – Карское море – СМП; западное и восточное направления	Суда ледового класса; ледово-навигационное обеспечение; сезонная дифференциация	Опорный узел вывоза СПГ и концентрации грузопотоков Ямала
Утренний / Гыданский полуостров	Формирующаяся СПГ-инфраструктура; СПГ и газовый конденсат	Гыдан – Обская губа – Карское море – СМП	Зависимость от ледовых условий, спецфлота и готовности терминалов	Расширение узловой структуры от Ямала к Гыдану
Варандей / Печорское море	Нефть Тимано-Печорской провинции	НАО – Варандей – Печорское и Баренцево моря – западное направление	Арктические ледовые условия; ледовый класс и ледокольная поддержка	Нефтеналивной узел очагового вывоза западного сектора
Приразломное / Печорское море	Нефть шельфового проекта; специализированный флот ледового класса	Печорское море – танкерный вывоз – западные направления	Связь добычного объекта с ледовой акваторией; экологическая и навигационная чувствительность	Сопряжение добычи, спецфлота, ледовой акватории и маршрута
Мурманский узел / западная Арктика	Нефть, нефтепродукты, обеспечивающие и перегрузочные связи	Баренцево море – Мурманский узел – внешние направления	Более благоприятная ледовая доступность; развитая портовая и сервисная база	Западная опорная зона связи арктического вывоза с внешними коммуникациями
Бухта Север / Диксон, Таймыр	Перспективный нефтеналивной и инфраструктурный узел	Таймыр – Енисейский залив / Карское море – СМП	Зависимость от инфраструктурной готовности, ледовой доступности и обеспечивающего флота	Потенциальное расширение узловой структуры к Центрально-Восточной Арктике

Примечание: составлена автором на основе научных, аналитических и открытых информационных источников [6–9].

Для эмпирической привязки классификации использованы сопоставимые признаки основных узлов: ресурсная и грузовая специализация, маршрутно-акваториальная связка, ледовая и навигационная специфика, транспортно-географическая роль. Это подтверждает очагово-узловой характер вывоза без некорректного объединения несопоставимых открытых данных о грузообороте и рейсах.

Дополнительно учитываются открытые официальные данные о грузопотоке СМП: по итогам 2024 г. его объем составил 37 893 531,9 т.⁵ В сочетании с исследовани-

ями современных арктических СПГ-проектов это подтверждает значимость углеводородного сегмента в структуре арктического судоходства [14, 15].

Дополнительно учитывались материалы о восточно-арктических портах и арктических СПГ-проектах [10, 14]. Таблица используется для качественной эмпирической привязки узловой концентрации; количественные показатели грузооборота, числа рейсов и ледокольного сопровождения требуют отдельной сопоставимой базы и не рассматриваются как рассчитанные показатели.

5. Северный морской путь как транспортно-пространственная ось танкерного вывоза

Северный морской путь в системе танкерных перевозок следует рассматри-

⁵ Объем грузоперевозок по Северному морскому пути установил рекорд // ФГУП «Атомфлот». 09.01.2025. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosatomflot.ru/press-centr/novosti-predpriyatiya/2025/01/09/11644-obem-gruzoperevozok-po-severnemu-morskomu-puti-ustanovil-rekord/> (дата обращения: 15.05.2026).

вать не только как линию движения судов, но и как акваториальную ось вывоза. Он связывает ресурсные районы, портово-терминальные узлы, ледовые акватории и внешние направления движения сырья. Для удаленных районов морское плечо часто становится главным способом выхода на национальные и внешние рынки [4–6].

Функционирование СМП зависит от ледовой обстановки, сезонности навигации, ледокольного сопровождения, гидрометеорологического обеспечения, готовности портов и терминалов, специальных требований к судам в полярных водах. В арктическом контексте СМП является не только маршрутом сокращения расстояния, но и механизмом пространственной интеграции ресурсных районов и прибрежно-портовых узлов [7, 17, 18].

Для танкерных перевозок значение СМП проявляется в обеспечении выхода арктических углеводородных проектов к внешним направлениям, усилении роли специализированного флота и ледокольного обеспечения, а также формировании акваториального каркаса, вокруг которого концентрируются терминальные функции и устойчивые маршруты наливных грузов.

Влияние СМП на пространственное развитие АЗРФ неодинаково по трассе. Наибольший эффект возникает там, где маршрут сопрягается с ресурсной базой, специализированным терминалом и возможностью регулярной навигации. Поэтому развитие СМП усиливает значение узлов, способных обеспечивать постоянный вывод углеводородного сырья [8–10].

Полученные результаты показывают, что танкерные перевозки углеводородов в Арктической зоне России необходимо анализировать через сочетание технических и пространственных признаков. Судовые характеристики сами по себе не объясняют географию грузопотоков; реальная организация перевозок формируется на стыке груза, судна, терминала, акватории и маршрута.

Научное значение подхода состоит в увязке классификации перевозок с их территориальной организацией. Вид груза, тип судна, ледовый класс, сезонность и терминальная специализация рассматриваются как признаки, определяющие доступность акваторий, устойчивость маршрутов и роль узлов; поэтому классификация объясняет различия между участками Арктики, а не только группирует суда или грузы [1, 2, 18].

Практическое значение результатов связано с оценкой транспортно-географической связанности арктических районов,

планированием портово-терминальной инфраструктуры и анализом роли СМП в системе вывоза углеводородов. Подход позволяет выделять узлы, критически важные как основные точки морского выхода отдельных ресурсных районов [5, 6, 8].

Предложенная классификация и типология имеют качественный характер и задают основу для последующей количественной проверки. Дальнейшее уточнение подхода возможно при формировании сопоставимой базы судозаходов, AIS-треков, данных о ледовой обстановке, загрузке терминалов и сезонной динамике маршрутов [17, 18].

Выводы

1. Танкерные морские перевозки углеводородов в Арктической зоне России являются самостоятельным объектом транспортно-географического анализа, раскрывающим устойчивую связь районов добычи и переработки, специализированных портово-терминальных узлов, арктических акваторий, маршрутов СМП и внешних направлений вывоза.

2. Классификация таких перевозок в арктических условиях должна учитывать вид груза, тип судна, ледовый класс, сезонность плавания, зависимость от ледокольного сопровождения, терминальную специализацию и маршрутно-акваториальные ограничения. Эти признаки определяют технологию перевозки и фактическую географию доступных маршрутов.

3. Пространственная структура танкерных перевозок имеет очагово-узловой и неравномерный характер: грузопотоки концентрируются вокруг специализированных портово-терминальных узлов, связанных с ресурсной базой, ледовой доступностью и внешними направлениями вывоза; ключевую роль играют Ямало-Гыданская, Баренцево-Печорская и западно-арктическая узловые зоны.

4. Пространственная дифференциация арктических танкерных перевозок определяется ледовой доступностью, инфраструктурной обеспеченностью, терминальной специализацией и направленностью грузопотоков. Западные, центральные и восточные участки акваторий различаются по устойчивости навигации, плотности опорных узлов и зависимости от ледокольной поддержки.

5. Северный морской путь выступает акваториальной осью танкерного вывоза углеводородов, но его роль реализуется не равномерно, а через сопряжение маршрута с ресурсными районами, портово-терминаль-

ными узлами, специализированным флотом и ледово-навигационным обеспечением.

6. Танкерные перевозки углеводородов являются фактором транспортно-географической связанности и узлового развития АЗРФ: они включают удаленные ресурсные районы в систему морского вывоза и закрепляют значение прибрежно-портовых узлов как элементов пространственной структуры региона.

Список литературы

1. Серова Н. А., Серова В. А. Транспортная инфраструктура российской Арктики: специфика функционирования и перспективы развития // Проблемы прогнозирования. 2021. № 2 (185). С. 142–151. URL: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/2021/03/transportnaya-infrastruktura-rossijskoj-arktiki.pdf> (дата обращения: 26.05.2026). DOI: 10.47711/0868-6351-185-142-151. EDN: JGZPVW.
2. Пономаренко И. А. Пространственные особенности танкерных морских перевозок в Арктической зоне России // Успехи современного естествознания. 2022. № 8. С. 59–64. URL: <https://natural-sciences.ru/en/article/view?id=37869> (дата обращения: 26.05.2026). DOI: 10.17513/use.37869. EDN: FODLZG.
3. Пономаренко И. А. Экономико-географические аспекты перевозки грузов морским транспортом // Успехи современного естествознания. 2022. № 10. С. 64–68. URL: https://s.natural-sciences.ru/pdf/2022/2022_10.pdf (дата обращения: 26.05.2026). DOI: 10.17513/use.37909.
4. Кропинова Е. Г., Сосновский М. А. Основные направления исследований, связанные с изучением Северного морского пути // Сервис в России и за рубежом. 2023. Т. 17. № 4 (106). С. 70–80. URL: <https://sciup.org/osnovnye-napravlenija-issledovanij-svjazannye-s-izuceniem-severnogo-morskogo-puti> (дата обращения: 26.05.2026). DOI: 10.5281/zenodo.10336697. EDN: KJSUAC.
5. Григорьев М. Н. Задачи развития Северного морского пути как составной части комплексной транспортной системы Арктической зоны России // Научные труды Вольного экономического общества России. 2022. Т. 233. № 1. С. 109–132. URL: https://veorus.ru/upload/iblock/d21/veo_233.pdf (дата обращения: 26.05.2026). DOI: 10.38197/2072-2060-2022-233-1-109-132. EDN: APTBNR.
6. Григорьев М. Н. Создание новой логистики экспорта арктических минеральных ресурсов как условие их устойчивого освоения // Георесурсы. 2023. Т. 25. № 2. С. 36–46. URL: <https://www.georus.ru/jour/article/view/59> (дата обращения: 26.05.2026). DOI: 10.18599/grs.2023.2.3. EDN: UXZVJX.
7. Башмакова Е. П., Ульянов М. В. Развитие Северного морского пути и инфраструктуры арктической транспортной системы // Региональные проблемы преобразования экономики. 2019. № 12 (110). С. 88–96. URL: <https://www.rpre.ru/new/index.php/rpre/article/view/1368> (дата обращения: 26.05.2026). DOI: 10.26726/1812-7096-2019-12-88-96. EDN: HTCDMK.
8. Киселенко А. Н., Сундуков Е. Ю. Мощностные характеристики (сценарии развития) морских портов Европейской и Приуральной Арктики // Региональная экономика: теория и практика. 2022. Т. 20. № 9. С. 1608–1630. URL: <https://www.fin-izdat.ru/journal/region/detail.php?ID=78764> (дата обращения: 26.05.2026). DOI: 10.24891/re.20.9.1608. EDN: PVQGX.
9. Николаева А. Б. Развитие портовой инфраструктуры как потенциал для увеличения грузооборота Северного морского пути // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. Т. 26. № 3 (81). С. 140–149. URL: https://iep.kolasc.net.ru/journal/wp-content/uploads/9-3-2023_SiR.pdf (дата обращения: 24.05.2026). DOI: 10.37614/2220-802X.3.2023.81.009.
10. Заостровских Е. А. Морские порты Восточной Арктики и опорные зоны Северного морского пути // Регионалистика. 2018. Т. 5. № 6. С. 92–106. URL: <https://regionalistica.org/archive/21-2018/2018-6/148-reg-2018-6-7-rus> (дата обращения: 24.05.2026). DOI: 10.14530/reg.2018.6.92. EDN: VRJONX.
11. Ульянов М. В. Анализ тенденций рынка СПГ и перспектив реализации российских арктических СПГ-проектов // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2021. № 1 (71). С. 82–97. URL: https://iep.kolasc.net.ru/journal/files/Sever_i_rynok_2021_1.pdf (дата обращения: 24.05.2026). DOI: 10.37614/2220-802X.1.2021.71.007. EDN: HQFJQD.
12. Холопов К. В., Соколова О. В. Экспорт сжиженного природного газа из России путем использования Северного морского пути // Российский внешнеэкономический вестник. 2020. № 10. С. 18–27. URL: <https://journal.vavt.ru/rfej/article/download/511/476/996> (дата обращения: 24.05.2026). DOI: 10.24411/2072-8042-2020-10098. EDN: HBLEAD.
13. Марченко С. С. Перспективы развития морских перевозок сжиженного природного газа // Вестник Забайкальского государственного университета. 2023. Т. 29. № 2. С. 131–137. URL: <https://zabvestnik.com/wp-content/uploads/091024051046-Marchenko.pdf> (дата обращения: 24.05.2026). DOI: 10.21209/2227-9294-2023-29-2-131-137.
14. Гафуров А. Р., Васёха М. В., Белухин А. И. Сценарная оценка реализации крупнотоннажных СПГ-проектов в арктической зоне РФ // Проблемы прогнозирования. 2024. № 6 (207). С. 155–167. URL: <https://ecfor.ru/publication/morskie-perevozki-spg-v-arkticheskoy-zone-prognoz/> (дата обращения: 24.05.2026). DOI: 10.47711/0868-6351-207-155-167.
15. Ульянов М. В. Основные проблемы и перспективы реализации российских арктических СПГ-проектов в новых геополитических условиях // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2024. Т. 27. № 4 (86). С. 72–85. URL: https://iep.kolasc.net.ru/journal/?page_id=2138 (дата обращения: 24.05.2026). DOI: 10.37614/2220-802X.4.2024.86.005.
16. UNCTAD. Обзор морского транспорта – 2025 год: общий обзор. Женева: Конференция ООН по торговле и развитию, 2025. [Электронный ресурс]. URL: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2025overview_ru.pdf (дата обращения: 15.05.2026).
17. Третьяков В. Ю., Фролов С. В., Сарафанов М. И. Изменчивость ледовых условий плавания по трассам Северного морского пути за период 1997–2018 гг. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2019. Т. 65. № 3. С. 328–340. URL: <https://www.aaresearch.science/jour/article/view/196> (дата обращения: 24.05.2026). DOI: 10.30758/0555-2648-2019-65-3-328-340.
18. Rodríguez J. P., Klemm K., Duarte C. M., Eguíluz V. M. Shipping traffic through the Arctic Ocean: spatial distribution, seasonal variation, and its dependence on the sea ice extent // iScience. 2024. Vol. 27. Is. 7. Art. 110236. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39015147/> (дата обращения: 24.05.2026). DOI: 10.1016/j.isci.2024.110236.
19. International Maritime Organization. International Code for Ships Operating in Polar Waters (Polar Code). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.imo.org/en/ourwork/safety/pages/polar-code.aspx> (дата обращения: 15.05.2026).
20. International Association of Classification Societies. Unified Requirements concerning Polar Class. [Электронный ресурс]. URL: <https://iaacs.org.uk/resolutions/unified-requirements> (дата обращения: 15.05.2026).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding



**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАРШРУТА ТРАНСПОРТИРОВКИ
ГАЗОКОНДЕНСАТА В ОСЛОЖНЕННЫХ
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ QGIS
(НА ПРИМЕРЕ КУМЖИНСКОГО И КОРОВИНСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА)**

Румянцев И. С., Губайдуллин М. Г.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»,
Архангельск, Российская Федерация, e-mail: iv.rumiantseff2017@yandex.ru*

В статье рассмотрено применение геоинформационной системы при проектировании маршрута расположения трубопровода для перекачки газоконденсата от Кумжинского и Коровинского месторождений Ненецкого автономного округа до установки предварительной подготовки газа. Эти месторождения пока не разрабатываются, но являются весьма перспективными для разработки и дальнейшего промышленного освоения. Месторождения расположены в границах особо охраняемых природных территорий, что осложняет проведение на них газопромысловых работ. Немаловажным этапом освоения Кумжинского и Коровинского газоконденсатных месторождений является транспортировка газоконденсата от месторождений до установки предварительной подготовки газа. Целью исследования является проектирование возможного маршрута транспортировки газоконденсата от Кумжинского и Коровинского месторождений до пункта подготовки, учитывая их расположение в границах особо охраняемых природных территорий и установленный режим этих территорий. Для выполнения поставленной цели был применен картографический метод с использованием геоинформационной системы QGIS. С помощью программного комплекса QGIS построена карта-схема возможного маршрута транспортировки газоконденсата от месторождений до установки предварительной подготовки газа. Построенная карта может быть использована при составлении проектной документации на обустройство Кумжинского и Коровинского месторождений.

Ключевые слова: Кумжинское и Коровинское газоконденсатные месторождения, особо охраняемые природные территории, установка предварительной подготовки газа, газоконденсатопровод, карта

**DESIGNING A GAS CONDENSATE TRANSPORTATION ROUTE
IN COMPLEX GEOECOLOGICAL CONDITIONS USING
THE QGIS GEOINFORMATION SYSTEM
(CASE STUDY: THE KUMZHINSKOYE AND KOROVINSKOYE
FIELDS IN THE NENETS AUTONOMOUS OKRUG)**

Rumyantsev I. S., Gubaydullin M. G.

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
“Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov”,
Arkhangelsk, Russian Federation, e-mail: iv.rumiantseff2017@yandex.ru*

This article examines the use of a geographic information system in planning a pipeline route for pumping gas condensate from the Kumzhinskoye and Korovinskoye fields in the Nenets Autonomous Okrug to a gas pretreatment facility. These fields are not currently being developed, but they hold significant potential for further commercial development. The fields are located within specially protected natural areas, complicating gas production operations there. A key stage in the development of the Kumzhinskoye and Korovinskoye gas condensate fields is transporting gas condensate from the fields to the gas pretreatment facility. The objective of the study is to plan a possible gas condensate transportation route from the Kumzhinskoye and Korovinskoye fields to the pretreatment facility, taking into account their location within the boundaries of specially protected natural areas and the established regime for these areas. To achieve this goal, a mapping method was applied using the QGIS geographic information system. Using QGIS software, a schematic map of a possible gas condensate transportation route from the fields to the gas pretreatment facility was created. The resulting map can be used in developing design documentation for the Kumzhinskoye and Korovinskoye fields.

Keywords: Kumzhinskoye and Korovinskoye gas condensate fields, specially protected natural areas, gas pre-treatment unit, gas condensate pipeline, map

Введение

Кумжинское и Коровинское газоконденсатные месторождения расположены в Ненецком автономном округе (НАО)

в 65 и 89 км соответственно от г. Нарьян-Мар. Месторождения начали осваивать в первой половине 1970-х гг. [1]. Работы по освоению проводились до 1980 г., по-

сле чего прекратились из-за аварии на скважине № 9 на Кумжинском месторождении, которая произошла в ноябре 1980 г. [1–3] На устранение аварии ушло много лет. Использовали различные способы, такие как ядерный взрыв зарядом «Пирит», сжигание выходящего газа, закачка хлористого кальция. Окончательно устранить аварию удалось только в 1987 г. методом электромагнитного наведения на аварийный ствол скважины с помощью аппаратуры АПС-1, разработанной в ЦНИГРИ и НПО «Сибцветметавтоматика» под руководством В. И. Векслера [4, 5]. Несмотря на все это, последствия аварии сохраняются и на сегодняшний день в виде выходов газа из образовавшихся грифонов. В связи с этим Кумжинское месторождение необходимо как можно скорее вводить в промышленное освоение, так как, если его не осваивать, газ продолжит дальше выходить на поверхность и загрязнять протоки и другие водоемы дельты р. Печора, разрушать водные и прибрежные экосистемы. Вместе с Кумжинским месторождением целесообразно разрабатывать и Коровинское, так как оно расположено относительно недалеко от него. Но кроме аварии осложняют процесс разработки Кумжинского и Коровинского месторождений особо охраняемые территории, в границах которых они находятся. Кумжинское месторождение расположено в границах Ненецкого заповедника (северная часть месторождения) и Нижнепечорского заказника (западная и юго-восточная части месторождения) [4]. Коровинское месторождение полностью расположено на территории Ненецкого заказника [4]. Сложности заключаются в том, что на территориях Ненецкого заповедника и Нижнепечорского заказника нельзя проводить работы, связанные с обустройством Кумжинского месторождения, в том числе и строительство газоконденсатопровода. Исходя из этого возникает задача, заключающаяся в том, чтобы построить газоконденсатопровод от месторождений до установки предварительной подготовки газа наикратчайшим способом и не нарушая режим особо охраняемых природных территорий. Применяв картографический метод с использованием программного комплекса QGIS, авторами предложен возможный вариант транспортировки газоконденсата, учитывая расположение месторождений относительно особо охраняемых природных территорий и режим, который установлен на этих природных территориях.

Цель исследования – проектирование маршрута транспортировки газоконденсата в осложненных геоэкологических условиях с применением геоинформационной системы QGIS (на примере Кумжинского и Коровинского месторождений Ненецкого АО).

Материалы и методы исследования

Для выполнения поставленной цели авторами применен картографический метод исследования, заключающийся в том, чтобы в графическом формате представить возможный вариант вывоза газоконденсата из Кумжинского и Коровинского месторождений, не нарушая режим особо охраняемых природных территорий. Для этого авторы использовали геоинформационную систему QGIS.

QGIS – это полнофункциональная геоинформационная система (ГИС), способная решать широкий спектр задач по созданию, анализу, представлению геоданных и управлению ими [6, 7]. С помощью QGIS можно работать как с растровыми данными, так и с векторными, выполнять географическую привязку растрового изображения, создавать различные карты и сохранять их в форматах изображения, таких как JPEG и PNG. Программа бесплатная и не требует никакой регистрации, чтобы в ней работать [8]. Работает QGIS на языках программирования C++ и Python [9].

Для перевода геодезических координат из одной системы координат в другую авторы воспользовались геодезическим онлайн-калькулятором «GEOBRIDGE».

Результаты исследования и их обсуждение

Процесс проектирования маршрута транспортировки газоконденсата выполнен в пять этапов.

Этап 1. Выбор системы координат. Перед тем как строить любую карту или схему в геоинформационной системе QGIS, необходимо выбрать систему координат, в которой будут выполняться данные построения. Это необходимо для того, чтобы построить тот или иной объект максимально точно. Система координат выбирается, исходя из географического местоположения объекта. Для построения карты Кумжинского и Коровинского месторождений и особо охраняемых природных территорий, в границах которых они расположены, авторы выбрали систему координат «WGS 84/Pseudo-Mercator».

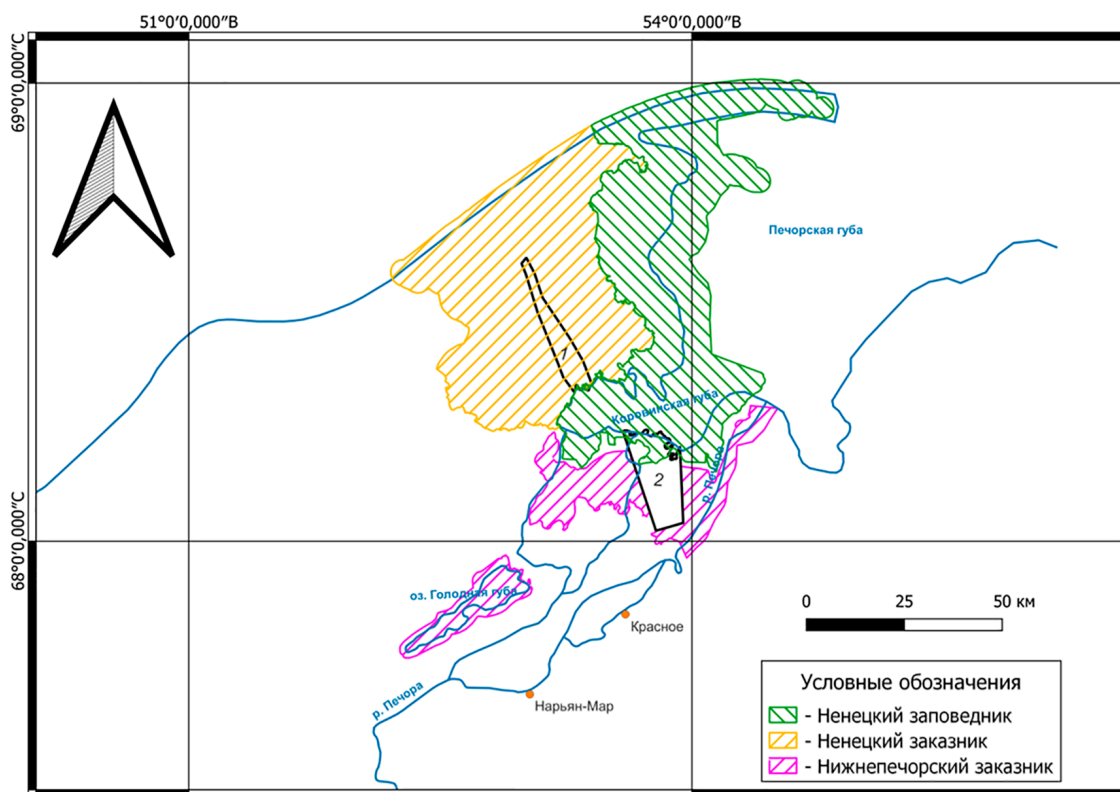


Рис. 1. Карта-схема расположения Кумжинского и Коровинского месторождений относительно ООПТ. Цифрами обозначены: 1 – Коровинское месторождение, 2 – Кумжинское месторождение
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Этап 2. Формирование границ особо охраняемых природных территорий. Для построения Ненецкого заповедника и Ненецкого заказника авторы использовали карту Open Street Map (OSM), которая уже встроена в программный комплекс QGIS. На карте OSM уже имеются контуры Ненецкого заповедника и Ненецкого заказника. С помощью карты OSM были построены контуры Ненецкого заказника и Ненецкого заповедника путем их обводки. Для визуализации в удобной форме эти территории созданы в разных слоях и разными цветами. Нижнепечорского заказника на карте OSM нет. Чтобы его построить, авторы воспользовались его имеющимися геодезическими координатами, взятыми из нормативного документа [10]. Геодезическая координата X соответствует широте, а Y – долготе. Геодезические координаты в данном нормативном документе указаны в системе координат МСК 83 (зона 5). Необходимо их перевести в систему координат WGS 84. Для этого авторы использовали геодезический он-

лайн-калькулятор «GEOBRIDGE»¹. После того как все первоначальные координаты были переведены в систему координат WGS 84, они были сохранены для удобства в файле Excel. Из файла данного формата координаты перенесли на карту в QGIS и построили по ним площадной объект, дав ему название «Нижнепечорский заказник», обозначенный сирневым цветом.

Этап 3. Нанесение границ Кумжинского и Коровинского месторождений на карту. Границы Кумжинского и Коровинского месторождений авторы нанесли по имеющимся координатам, взятым из источников^{2,3}. Координаты в данных источниках представлены в градусах, минутах и секундах. В программе QGIS все координаты представлены

¹ Пересчет координат (МСК, СК 63, СК 64, СК 47, WGS 84, ПЗ 90) онлайн. [Электронный ресурс]. URL: geobridge.ru, свободный (дата обращения: 11.04.2026).

² Кумжинский участок недр. Об участке. [Электронный ресурс]. URL: www.nedraexpert.ru, свободный (дата обращения: 11.04.2026).

³ Коровинский участок недр. Об участке. [Электронный ресурс]. URL: www.nedraexpert.ru, свободный (дата обращения: 11.04.2026).

в десятичных градусах. В связи с этим необходимо их тоже представить в десятичных градусах. Для того чтобы координаты Кумжинского и Коровинского месторождений представить в десятичных градусах, авторы воспользовались геодезическим калькулятором «GEOBRIDGE». Черным цветом показаны полученные контуры месторождений: 1 – Коровинское месторождение, 2 – Кумжинское месторождение.

Этап 4. Оформление карты-схемы месторождений и ООПТ. Оформление карты в программе QGIS выполняется с помощью создания макета. После создания макета в нем были добавлены на карту следующие элементы: координатная сетка, масштабная линейка, стрелка на север, легенда с условными обозначениями. После этого макет был сохранен в формате изображения PNG. Построенная карта-схема особо охраняемых природных территорий и Кумжинского и Коровинского газоконденсатных месторождений представлена на рис. 1.

Полученную картографическую основу можно использовать для построения на ней трассы газоконденсатного трубопровода из Коровинского и Кумжинского месторождений до установки предварительной подготовки газа (УППГ), на которой будет происходить предварительная очистка газа от конденсата и других примесей. При строительстве трубопровода осложняющим фактором является то, что оба месторождения находятся в границах ООПТ. Ненецкий заказник создан в 1985 г., имеет площадь 308 500 га, в том числе 9000 га – морская акватория [11]. В заказнике обитают 34 вида растений и животных, занесенных в Красную книгу РФ и НАО [12]. На территории Ненецкого заказника, в границах которого расположено Коровинское месторождение, согласно нормативному документу [13] не запрещено проводить работы, связанные с освоением месторождения, но, чтобы эти работы выполнять, необходимо предварительно согласовать их с Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации. С Кумжинским месторождением ситуация иная. Северная часть месторождения расположена на территории Ненецкого заповедника, западная и юго-восточная части – в границах Нижнепечорского заказника. Ненецкий заповедник создан в 1997 г., имеет площадь 313 400 га, из них 181 900 га приходится на морскую акваторию [11, 14]. В заповеднике обитает очень много редких видов растений и животных [15–17]. Из них

77 видов животных и растений занесены в Красную книгу РФ и НАО. Нижнепечорский заказник создан в 1988 г., имеет общую площадь 88 073 га [11]. Заказник разделен на три участка: озеро Голодная Губа (27 200 га); западный участок дельты р. Печора (34 454 га); восточный участок дельты р. Печора (26 419 га). Большая часть обитателей заказника – это сосудистые растения (206 видов) [10, 18, 19]. Из них 22 вида растений и животных занесены в Красную книгу РФ и НАО. Согласно постановлениям [10, 14] на обеих особо охраняемых природных территориях запрещено проводить работы, связанные с геологическим освоением недр, строительством на них технологических объектов. Строительство трубопровода на этих участках Кумжинского месторождения также запрещено проводить. Необходимо отметить, что Ненецкий заповедник и Нижнепечорский заказник были созданы относительно недавно (в 1997 и 1998 гг. соответственно)¹. Их создание напрямую связано с аварией на скважине № 9 Кумжинского месторождения. Основная цель создания этих особо охраняемых природных территорий заключалась в том, чтобы сохранить видовой состав растений, лишайников, рыб, водоплавающих птиц и других обитающих на нем живых организмов, занесенных в Красную книгу, которые могут погибнуть при проведении буровых работ, добычи и транспортировки газоконденсата, а также возможных аварийных ситуациях, например фонтанировании газоконденсата из скважин, как было при аварии на скважине № 9 на Кумжинском месторождении в 1980 г.

В связи с этим возникает задача, которая заключается в том, что нужно проложить газоконденсатопровод от Кумжинского и Коровинского месторождений до УППГ не затронув участки Ненецкого заповедника и Нижнепечорского заказника. Построенная авторами исследования карта месторождений и особо охраняемых природных территорий позволяет решить данную задачу с соблюдением ограничительных требований.

Этап 5. Нанесение на карту газоконденсатопроводов. Авторы добавили на карту два газоконденсатных трубопровода, один от Коровинского месторождения до Кумжинского, второй от Кумжинского месторождения до УППГ в районе п. Красное Ненецкого автономного округа (в 18 км от п. Красное на границе с заливом Василково).

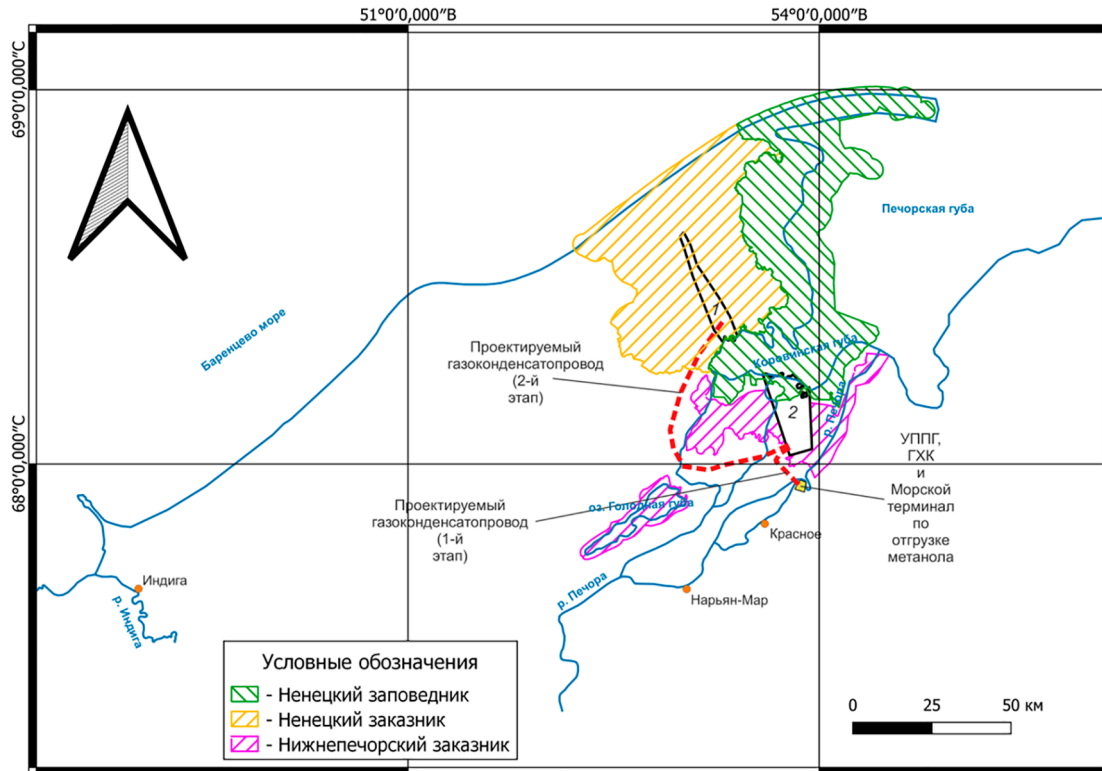


Рис. 2. Возможный вариант транспортировки газоконденсата из Кумжинского и Коровинского месторождений до УППГ (район п. Красное)
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Трубопроводы были построены таким образом, чтобы они не попадали на территории Ненецкого заповедника и Нижнепечорского заказника. Газоконденсатопроводы построены в разных слоях, чтобы можно было дать им два разных названия. Цвет линии трубопроводов выбран красный, тип линии «пунктирная». Газоконденсатопровод от Кумжинского месторождения до УППГ назван «Проектируемый газоконденсатопровод (1-й этап)», так как сначала планируется разработать Кумжинское месторождение. Трубопровод от Коровинского месторождения до Кумжинского – «Проектируемый газоконденсатопровод (2-й этап)». Также необходимо на карту нанести место, где будут расположены: УППГ, газохимический комплекс (ГХК) по производству метанола и морской терминал по его отгрузке. Для этого создали новый слой, тип геометрии выбрали «Площадная», цвет желтый. Назвали этот объект «УППГ, ГХК и морской терминал по отгрузке метанола».

Предлагаемый вариант транспортировки газоконденсата из Кумжинского и Коровинского месторождений до УППГ представлен на рис. 2. Его реализация позволя-

ет выполнить комплекс работ, связанных со строительством трубопроводов, не нарушая режим ООПТ, в границах которых расположены месторождения. Маршрут проектируемого газоконденсатопровода будет проходить наикратчайшим путем, чтобы уменьшить площадь земель, которые подвергнутся антропогенному воздействию.

Заключение

Одним из основных этапов освоения Кумжинского и Коровинского месторождений является строительство газоконденсатного трубопровода до установки предварительной подготовки газа. С помощью геоинформационной системы QGIS была построена карта-схема возможного варианта маршрута транспортировки газоконденсата от Кумжинского и Коровинского месторождений до установки предварительной подготовки газа, учитывая режим ООПТ, в границах которых расположены месторождения. В целях уменьшения площади земель, которые подвергнутся негативному воздействию в результате строительных работ, был предложен экологически обоснованный вариант маршрута газоконден-

сатопровода. Построенную карту можно использовать при составлении проектной документации, связанной с обустройством Кумжинского и Коровинского месторождений, в качестве графического приложения.

Список литературы

1. Румянцев И. С. Мероприятия по охране водной среды при обустройстве Кумжинского месторождения // Актуальные проблемы освоения нефтегазовых месторождений приарктических территорий России: материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции (г. Архангельск, 27–28 октября 2022 г.) / отв. ред. профессор М. Г. Губайдуллин и доцент О. В. Крайнева. Архангельск: САФУ. 2022. Вып. 5. С. 215–218. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49893606> (дата обращения: 28.04.2026).
2. Румянцев И. С. Классификация факторов, осложняющих освоение Кумжинского месторождения // Актуальные проблемы освоения нефтегазовых месторождений приарктических территорий России: материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции (г. Архангельск, 28–29 октября 2023 г.) / отв. ред. профессор М. Г. Губайдуллин и доцент О. В. Крайнева. Архангельск: САФУ, 2023. Вып. 6. С. 78–83. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59674308> (дата обращения: 28.04.2026).
3. Богоявленский В. И., Богоявленский И. В., Бойчук В. М., Перекалин С. О., Каргина Т. Н. Катастрофа на Кумжинском газоконденсатном месторождении: причины, результаты, пути устранения последствий // Арктика: экология и экономика. 2017. № 1 (25). С. 32–46. EDN: YREFFT.
4. Румянцев И. С. Влияние бурения газовых скважин на окружающую среду на примере Кумжинского месторождения // III Юдахинские чтения: сборник научных материалов. Архангельск, 2024. С. 262–265. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=68573776> (дата обращения: 28.04.2026).
5. Векслер В. И., Перекалин С. О., Щепанский В. А., Острецов Г. Ф. Электромагнитное наведение противодетонных скважин для ликвидации тяжелых случаев аварийного фонтанирования на нефтяных и газовых месторождениях // Актуальные проблемы нефти и газа: труды Международной конференции «Дегазация Земли: геология и экология – 2018». Вып. 4 (23). 2018. [Электронный ресурс]. URL: https://oilgasjournal.ru/issue_23/veksler.html (дата обращения: 28.04.2026). DOI: 10.29222/irp.ng.2078-5712.2018-23.art77.
6. Басаргин А. А., Бугаков П. Ю., Бугакова Т. Ю. Расчет и визуализация картографических маршрутов с использованием программного обеспечения QGIS и pgRouting // Вестник СГУГИТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2021. Т. 26. № 5. С. 86–98. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47206565> (дата обращения: 28.04.2026). DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-5-86-98.
7. Карминов В. Н., Мартыненко О. В., Стоноженко Л. В. Использование геоинформационной среды QGIS для повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов лесного хозяйства // Цифровые технологии в лесной отрасли: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 19–20 мая 2022 г.). Воронеж, 2022. С. 51–57. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ptlqmqj> (дата обращения: 28.04.2026). DOI: 10.34220/DTFI2022_51-57.
8. Могилевчик К. Н., Смоляров М. Р. Применение свободных ГИС-технологий на примере QGIS в исследовательской деятельности учащихся на уроках географии // ГИС-технологии в науках о Земле: материалы республиканского научно-практического семинара студентов и молодых ученых (г. Минск, 16 ноября 2022 г.). Минск, 2022. С. 265–268. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50127031> (дата обращения: 28.04.2026).
9. Потапенко И. А., Якименко В. В. Свободная кросс-платформенная геоинформационная система QGIS // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики (г. Красноярск, 13–17 апреля 2020 г.). В 3 т. Т. 2. Под общ. ред. Ю. Ю. Логина. Красноярск, 2020. С. 368–370. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45617688> (дата обращения: 28.04.2026).
10. Постановление администрации Ненецкого автономного округа от 20 октября 2014 г. № 391-п (ред. от 28 июля 2023 г.) «Об утверждении Положения о государственном природном заказнике регионального значения “Нижнепечорский”» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/411715809> (дата обращения: 14.05.2026).
11. Лавриненко И. А., Лавриненко О. В., Николаева Н. М., Уваров С. А. Особо охраняемые природные территории Ненецкого автономного округа: сборник материалов. Архангельск: Люция, 2015. 80 с. ISBN 978-5-905810-65-7.
12. Минеев Ю. Н. Птицы заказника «Ненецкий» (северо-восток Малоземельской тундры) // Русский орнитологический журнал. 2001. Т. 10. № 167. С. 993–1009. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11130985> (дата обращения: 28.04.2026).
13. Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 31 марта 2009 г. № 77 «Об утверждении Положения о государственном природном заказнике федерального значения “Ненецкий”» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902156353> (дата обращения: 14.05.2026).
14. Постановление Правительства РФ от 18 декабря 1997 г. № 1579 «Об учреждении в Ненецком автономном округе государственного природного заповедника “Ненецкий” Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9054906> (дата обращения: 14.05.2026).
15. Богомолова Ю. М. Новые виды птиц в фауне заповедника «Ненецкий» // Русский орнитологический журнал. 2025. Т. 34. № 2544. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-vidy-ptits-v-faune-zapovednika-nenetskiy/viewer> (дата обращения: 14.05.2026).
16. Лавриненко И. А., Лавриненко О. В. Местообитания восточноевропейских тундр и их соотношение с категориями EUNIS на примере заповедника «Ненецкий» // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2020. Т. 14. № 4. С. 359–397. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44746088> (дата обращения: 28.04.2026). DOI: 10.24411/2072-8816-2020-10082.
17. Дьячкова Т. В. Состояние популяции редкого растения *Cortidium*×*Spitsbergense* (Ranunculaceae) в заповеднике «Ненецкий» // Ботанический журнал. 2022. Т. 107. № 8. С. 757–765. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49420802> (дата обращения: 28.04.2026).
18. Имант Е. Н., Новоселов А. П. Качественные и количественные показатели зоопланктона озер Лача (Архангельская область) и Голодная губа (Ненецкий автономный округ) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 12–2. С. 266–271. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36930836> (дата обращения: 28.04.2026).
19. Имант Е. Н., Новоселов А. П., Завиша А. Г., Левицкий А. Л. Годовые изменения видового состава и количественных показателей зоопланктона озера Голодная губа низовьев р. Печора // Евразийский союз ученых. 2018. № 11–1 (56). С. 17–21. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36651186> (дата обращения: 28.04.2026).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.



**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОЦЕНКА
ПОДЗЕМНОГО СТОКА СУММЫ ИОНОВ НАТРИЯ И КАЛИЯ
(НА ПРИМЕРЕ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ
СЕВЕРА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ)**

**Хайруллина Д. Н. ORCID ID 0000-0002-2829-5248,
Петрова Е. В. ORCID ID 0009-0008-0713-3312**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, Российская Федерация,
e-mail: dinara-hi@yandex.ru*

Количественная оценка выноса подземными водами высокоподвижных ионов (суммы ионов натрия и калия) актуальна для реализации мероприятий в области рационального природопользования (эффективной нефтегазодобычи, безопасности строительства), геохимического контроля (оценки миграции загрязняющих веществ), а также реконструкции и прогноза в геоэкологических исследованиях в регионе. Целью исследования является пространственно-временная оценка подземного стока высокоподвижных водных мигрантов (суммы ионов натрия и калия) в различных речных бассейнах севера Восточно-Европейской равнины. В основе расчетов лежит метод гидрологического моделирования, основанный на использовании информации о концентрациях ионов в период глубокой зимней межени и минимальных расходов воды за многолетний (1958–2007 гг.) период. В целом в пространственно-временном аспекте абсолютные значения подземной составляющей стока суммы ионов натрия и калия исследуемых речных бассейнов варьируют в пределах 181,9–2795,1 кг/км². Пространственная изменчивость долевого участия подземной составляющей стока Na⁺+K⁺ изменяется от 15,5 до 65,8 %. Максимальные значения отмечаются в пределах более древних горных пород и литологических комплексов. Выраженный рост подземной составляющей анализируемых ионов фиксируется в более освоенных бассейнах рек.

Ключевые слова: подземный сток, сумма ионов натрия и калия, зимняя межень, речной бассейн, горная порода

Благодарности: Авторы выражают благодарность канд. геогр. наук, доц. В. А. Федоровой и канд. геогр. наук, доц. А. Г. Шарифуллин за оказанную помощь при написании данной статьи.

**SPACE-TIME ASSESSMENT OF UNDERGROUND FLOW
OF SODIUM AND POTASSIUM IONS (USING THE EXAMPLE
OF RIVER BASINS IN THE NORTH OF THE EAST EUROPEAN PLAIN)**

**Khayrullina D. N. ORCID ID 0000-0002-2829-5248,
Petrova E. V. ORCID ID 0009-0008-0713-3312**

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
“Kazan (Volga region) Federal University”, Kazan, Russian Federation,
e-mail: dinara-hi@yandex.ru*

Quantitative assessment of groundwater removal of highly mobile ions (the sum of sodium and potassium ions) is relevant for the implementation of measures in the field for the purpose of rational use of natural resources (efficient oil and gas production, construction safety), geochemical monitoring (assessing pollutant migration), and reconstruction and forecasting in regional geoecological studies. The aim of this work is a space-time assessment of the underground flow of highly mobile water migrants (the sum of sodium and potassium ions) in various river basins in the north of the East European region. The calculations are based on a hydrological modeling method based on information on ion concentrations during deep winter low water periods and minimum water discharges over a multi-year period (1958–2007). Statistically, in the time-spatial aspect the absolute values of the groundwater component of river runoff (sodium and potassium ions) in the river basins range from 181,9 to 2795,1 kg/km². The spatial variability of the contribution of the groundwater component (Na⁺+K⁺) to runoff ranges from 15,5 to 65,8 %. Maximum values are observed within older rocks and lithological complexes. Finally, a significant increase in the groundwater component of the analyzed ions is recorded in more developed river basins.

Keywords: groundwater flow, the sum of sodium and potassium ions, winter low water, river basin, rock

Acknowledgements: The authors express their gratitude to Ph.D., Associate Professor V. A. Fedorova and Ph.D., Associate Professor A. G. Sharifullin for his assistance in writing this article.

Введение

Север Восточно-Европейской равнины отличается контрастностью неотектонических, геологических, климатических и ланд-

шафтных условий, определяющих химический состав горных пород и подземных вод. В современный период усиливающееся техногенное воздействие на природную сре-

ду в пределах региона приводит к необратимым последствиям, в том числе локальному загрязнению подземных вод.

Цель исследования – пространственно-временная оценка подземного стока высокоподвижных водных мигрантов (суммы ионов натрия и калия) в различных речных бассейнах севера Восточно-Европейской равнины. Дан анализ подземной составляющей стока Na^+K^+ в зависимости от состава горных пород и литологических комплексов.

Материалы и методы исследования

Исходной информацией для работы послужила база данных по ионному стоку рек севера Восточно-Европейской равнины, созданная кафедрой ландшафтной экологии Казанского университета на основе материалов ФГБУ «Северное УГМС», а также количественная информация о природно-антропогенных характеристиках региона, полученная на геопортале «Речные бассейны Европейской России» [1; 2].

Современные методы оценки подземного питания рек разнообразны и зависят от природных условий, сформировавших речной бассейн, его изученности в историческом и доступности в современном аспектах. Так, метод прямого измерения подземного питания рек путем анализа проб подземных вод из скважин различной глубины применим в местах интенсивной разгрузки подземных вод. Такие работы выполнялись в нашей стране Н. П. Торсуевым в пределах Тиманского кряжа [3, с. 34]. В настоящее время работы данной направленности ведутся О. Г. Савичевым (2025) в бассейне р. Оби, а также П. И. Яковлевым (2025) в бассейне р. Западной Двины [4; 5]. За рубежом работы подобной направленности выполнены X.-W. Jiang и др. (2018) в пределах Ордовского плато на северо-западе Китая, J. E. Solder (2016) в бассейне р. Колорадо (США) [6; 7].

Метод гидрогеохимической идентификации используется, как правило, для рек, имеющих тесную гидравлическую связь с подземными водами. Примерами таких исследований являются работы M. L. Atkins и др. (2016) в бассейне р. Ричмонд (Австралия), M. Blumstock и др. (2016) в Северо-Шотландском нагорье, M. V. Khadka (2017) в Северо-Центральной Флориде (США) [8–10].

В последнее десятилетие широко распространён метод гидрологического моделирования [11]. Основу этого метода заложили еще советские гидрологи, которые

пытались определить источники питания рек по гидрографу расходов воды. Исследователи Государственного гидрологического института считали целесообразным выбор метода, предложенного В. С. Советовым (1930) и Т. М. Черной (1964), которые в работах выделяли, во-первых, глубокие подземные воды на гидрографе прямой, соединяющей минимальные расходы воды в реке, и, во-вторых, верховодку (почвенно-грунтовый сток) [11]. Подобные работы также провели: С. А. Rumsey и др. (2015) в верховьях бассейна р. Колорадо (США), И. Ю. Лешан, И. Н. Брехова (2017) в верховьях бассейна р. Волги (Россия), J. Jódar и др. (2017) в бассейне р. Берчулес (Испания) [12–14].

В настоящее время с использованием метода гидрологического моделирования проводится оценка подземного питания рек по их межённому стоку в бассейне р. Чая (Обь-Иртышское междуречье), в бассейне р. Кубань, а также в речных бассейнах Енисейского кряжа [15–17]. Такие работы также проводились в Республике Татарстан [18; 19]. За рубежом похожие работы приурочены к бассейнам рек Южной Африки и Канады [20; 21].

С. О. Гриневским и др. (2016) применена модель, оценивающая инфильтрационное питание подземных вод атмосферными осадками с привлечением данных о характере земной поверхности [22].

В целом в данной работе рассчитана доля подземного питания реки несколькими способами (рис. 1).

В итоге был выбран метод оценки подземного стока рек по минимальным расходам воды в годовом срезе, предложенный В. С. Советовым (1930) [11], с учетом следующих обстоятельств:

- минимальные расходы воды, отражающие глубокий подземный сток, формируют устойчивую часть стока данной реки;

- минимальные расходы воды отбираются в период глубокой зимней межени, когда в средних и высоких широтах питание рек полностью обеспечивается грунтовым стоком [23, с. 65];

- данный метод не требует обширной информационной базы, прост в расчетах и дает физически обоснованный результат.

Недостатком метода является отсутствие учета типа взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод в кратковременный период половодья, а также возможного превышения площади подземного водосбора для карстовых рек над поверхностным водосбором.

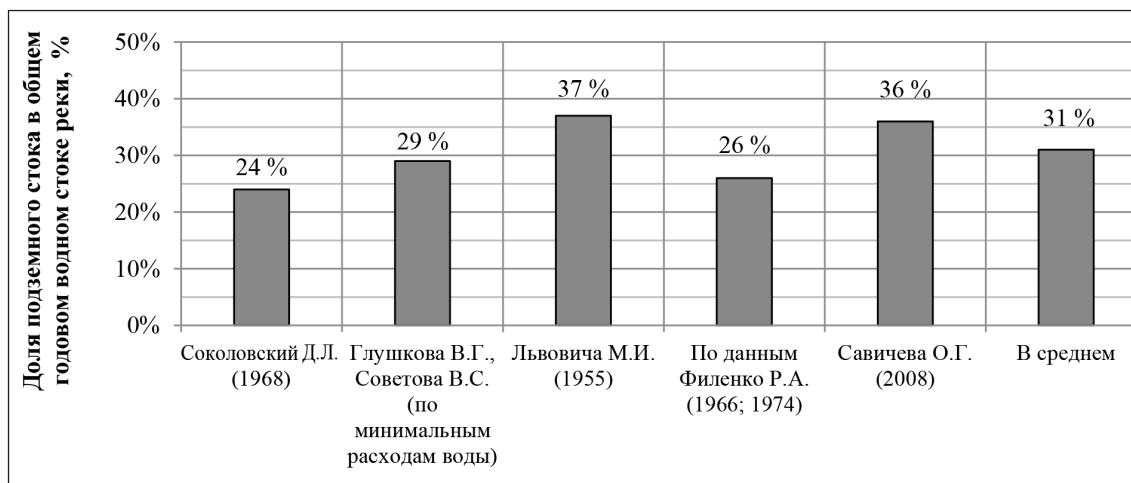


Рис. 1. Методы оценки подземной составляющей в водном стоке реки (на примере р. Кодина – р. п. Кодино за 2000 г.)
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

В целом подземный сток воды $W_{\text{водн. подз}}$ (км^3) оценивался по формуле

$$W_{\text{водн. подз}} = Q_{\text{min}} \cdot n \cdot 0,0001,$$

где Q_{min} – минимальный среднесуточный расход воды за гидрологический год, $\text{м}^3/\text{с}$,

n – количество дней в данном гидрологическом году.

Доля подземного стока воды в общем годовом стоке воды рассчитывалась как отношение величины подземного стока воды к общему стоку воды за каждый гидрологический год по формуле

$$p = W_{\text{водн. подз}} / W_{\text{водн. год}}$$

Подземный ионный сток ($\text{кг}/\text{км}^2$), в свою очередь, рассчитывался по формуле, предложенной В. П. Зверевым (1982):

$$W_{\text{и. подз}} = \frac{C_{\text{зима}} \cdot W_{\text{водн. подз}} \cdot 1000}{F} - p \cdot W_{\text{и. атм}},$$

где $C_{\text{зима}}$ – концентрация ионов в период глубокой зимней межени при известных минимальных значениях расходов воды, $\text{мг}/\text{л}$ (в средних и высоких широтах в период зимней межени питание рек полностью обеспечивается грунтовым стоком);

$W_{\text{водн. подз}}$ – суммарный сток глубоких подземных вод в данном гидрологическом году, км^3 ;

p – доля стока глубоких подземных вод в общем стоке воды за данный гидрологический год;

$W_{\text{и. атм}}$ – атмосферная составляющая ионного стока с данного речного бассейна;

F – площадь речного бассейна выше поста наблюдения, км^2 [23–25].

Преимуществом метода является детальность расчетов, основанная на привлечении ежедневных данных о расходах воды, ежемесячных данных о количестве и качестве атмосферных осадков, данных о качестве поверхностных вод по фазам водного режима, а также интеграции нескольких подходов:

1. Метода оценки подземного ионного стока, предложенного В. П. Зверевым (1982):

а) использование данных о концентрации ионов в период глубокой зимней межени, когда в средних и высоких широтах питание рек полностью обеспечивается грунтовым стоком;

б) учет атмосферной составляющей в подземной приточности ионов, обусловленной вероятностью просачивания ионов атмосферного происхождения вместе с атмосферными осадками в подземные воды;

2. Приведение исходной детализированной (по сравнению с предшествующими исследованиями) в пространстве и во времени информации о качестве и количестве атмосферных осадков к единому знаменателю – гидрологическому году.

Результаты исследования и их обсуждение

В пространственном аспекте подземная составляющая в речном стоке $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ варьирует в пределах 220,7–2795,1 $\text{кг}/\text{км}^2$ (табл. 1).

Таблица 1

Статистические показатели пространственно-временной изменчивости подземной составляющей речного стока Na^+K^+ (b_1 – угловой коэффициент линейной регрессии многолетней изменчивости подземной составляющей речного стока Na^+K^+ , n – количество лет наблюдений)

Речной бассейн	Показатели изменчивости подземной составляющей речного стока Na^+K^+					
	в пространстве				во времени	
	среднегодовые		максимальные, кг/км ² (год)	минимальные, кг/км ²	b_1	n
	кг/км ²	% от общего стока Na^+K^+				
Виледь – д. Инаевская	1245,8	55,2	4742,9 (1972)	80,4	2,0428	34
Лежа – ст. Бушуиха	411,1	15,5	585,7 (2004)	168,6	–	5
Пинега – д. Согры	740,7	41,0	3610,8 (1990)	67,1	6,8236	32
Сямжа – с. Сямжена	181,9	18,0	244,3 (2004)	90,5	16,414	8
Вага – д. Глуборецкая	315,5	18,8	479,9 (2007)	198,7	26,493	8
Кичменьга – д. Захарово	460,7	32,7	613,0 (2003)	379,7	–	3
Покшеньга – п. Сылога	648,7	45,8	803,6 (1994)	456,9	-12,135	14
Волошка – д. Тороповская	220,7	20,4	483,1 (1991)	121,6	-14,078	9
Весляна – р. п. Вожаэль	662,3	37,1	1453,7 (2007)	19,1	15,134	29
Нившера – д. Троицк	611,1	40,0	1460,9 (1972)	120,5	-17,786	19
Иосер – п. Иосер	277,3	24,7	979,3 (1979)	53,3	5,2732	14
Вымь – с. Весляна	616,2	39,4	1933,9 (1980)	47,7	-17,395	21
Елва – д. Мещура	648,4	34,5	3150,8 (1980)	207,6	-12,828	32
Пеза – д. Сафоново	638,8	33,5	1080,0 (2007)	264,2	3,5263	24
Яренга – с. Тохта	650,6	43,9	1349,6 (1972)	151,7	-1,3098	34
Вашка – д. Вендига	412,8	35,0	750,4 (1992)	31,1	14,357	20
Вишера – д. Лунь	689,3	38,6	2687,5 (1972)	114,2	-0,5526	26
Бол. Лоптюга – д. Буткан	725,0	43,2	1013,0 (1993)	344,3	7,152	24
Кодина – р. п. Кодино	1621,5	55,6	2056,7 (1993)	887,1	-14,219	9
Мезень – д. Макариб	733,3	39,6	1117,0 (1987)	194,7	5,9567	26
Сула – д. Коткина	2795,1	65,8	5498,3 (1995)	567,0	-20,698	24
Седью – п. Седью	422,7	27,3	1598,5 (2003)	139,2	32,76	14
Пижда – д. Боровая	493,0	34,9	2198,7 (1970)	13,8	-6,7377	35
Золотица – д. Верхняя Золотица	1629,2	41,5	2214,0 (1999)	721,9	0,3818	31

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

Минимальные значения приурочены к юго-западной части региона исследования с господством ледниковых отложений (рис. 2) [26]. Так, самые низкие значения, не превышающие 250 кг/км², отмечаются в пределах Онего-Двинского плато (бассейны рек Сямжа, Волошка), что, возможно, исторически обусловлено выпадением повышенного годового количества атмосферных осадков (500–550 мм), предохраняющего большую перемытость горных пород (коэффициент корреляции $R = -0,54$) (рис. 3) [1; 2].

Напротив, в пределах Сухоно-Волжского водораздела в бассейне р. Лежа от-

мечается локальный участок снижения годового количества атмосферных осадков до 450–500 мм, при этом значения подземной составляющей в речном стоке Na^+K^+ повышаются до 411,1 кг/км² (табл. 1) [1; 2]. Далее к востоку в пределах Двинско-Пинежского междуречья, а также Тиманского кряжа значения подземной составляющей стока Na^+K^+ возрастают до 600–750 кг/км². Аномально высокие значения подземной составляющей стока Na^+K^+ встречаются на р. Золотица (1629,2 кг/км²), Коди-на (1621,5 кг/км²) и Сула (2795,1 кг/км²) (табл. 1).

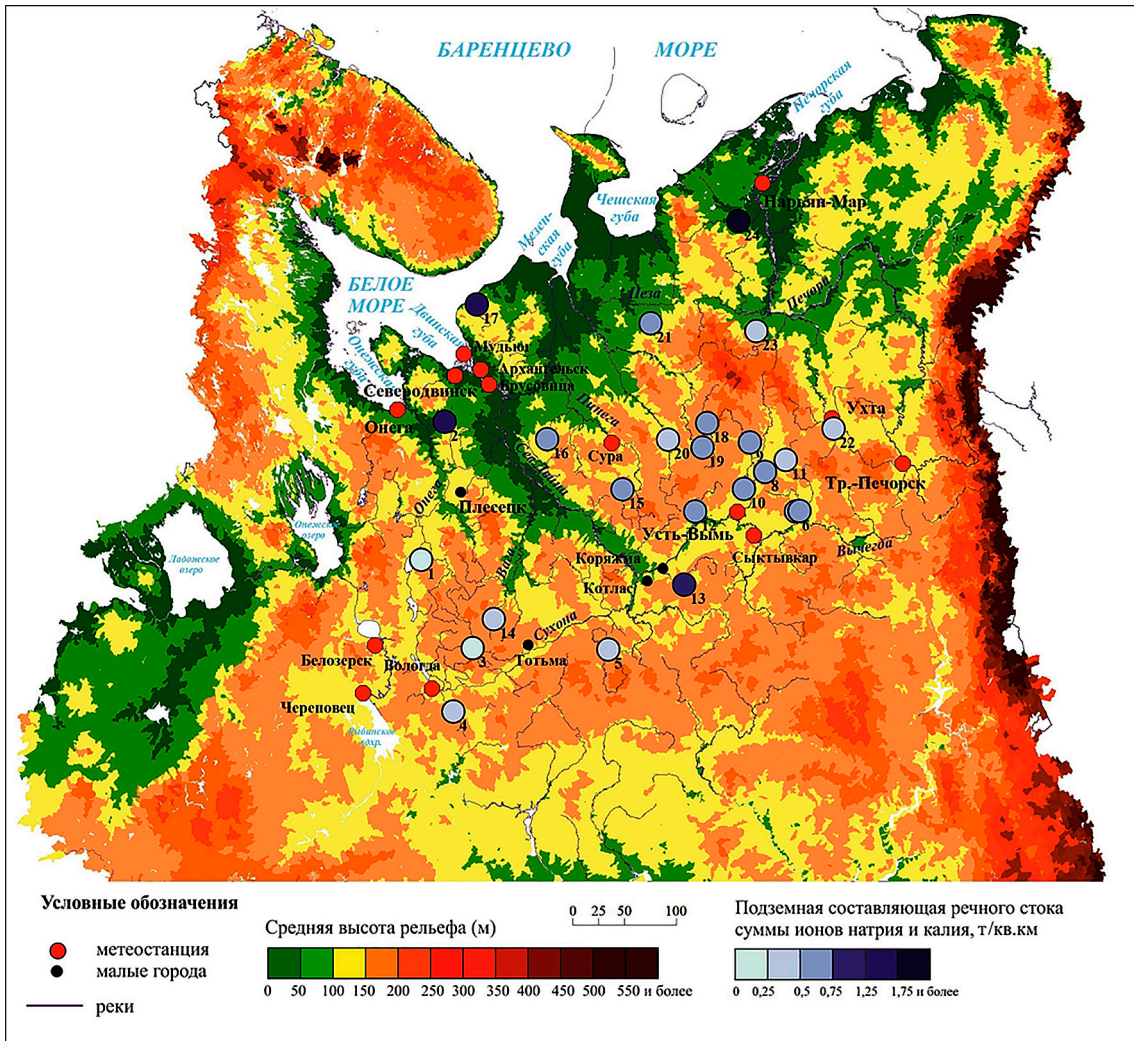


Рис. 2. Пространственная изменчивость подземной составляющей стока $Na^+ + K^+$ в пределах севера Восточно-Европейской равнины.

Гидрологические посты: 1 – Волошка – д. Тороповская, 2 – Кодина – р.п. Кодино, 3 – Сямжа – с. Сямжена, 4 – Лежа – ст. Бушуиха, 5 – Кичменьга – д. Захарово, 6 – Вишера – д. Лунь, 7 – Нившера – д. Троицк, 8 – Весляна – р. п. Вожайель, 9 – Елга – с. Межура, 10 – Вымь – с. Весляна, 11 – Иосер – пос. Иосер, 12 – Яренга – с. Тохта, 13 – Виледь – д. Инаевская, 14 – Вага – д. Глуборецкая, 15 – Пинега – д. Согры, 16 – Покшеньга – пос. Сылога, 17 – Золотица – д. Верхняя Золотица, 18 – Мезень – д. Макариб, 19 – Большая Лоптюга – д. Буткан, 20 – Вашка – д. Вендига, 21 – Пеза – д. Сафоново, 22 – Седью – пос. Седью, 23 – Пижма – д. Боровая, 24 – Сула – д. Коткина

Примечание: составлен авторами на основе источников [1; 2]

Что касается временной изменчивости подземной составляющей стока $Na^+ + K^+$, то в данной работе в качестве показателя, отражающего динамику ее многолетней изменчивости (ее выраженность, направление и скорость) рассматривался угловой коэффициент линейной регрессии b_1 . В результате расчетов выявлено, что в регионе наиболее выраженная положительная динамика подземной составляющей стока $Na^+ + K^+$ отмечается для речных бассейнов юго-западной части региона с повышен-

ной антропогенной нагрузкой [1; 2]. Так, для бассейнов р. Вага и Сямжа коэффициент b_1 в уравнении линейной регрессии $y = b_0 + b_1x$ равен 26,5 и 16,4 соответственно (табл. 1).

Так, эти речные бассейны (в том числе бассейн р. Лежа), расположенные в более теплом юго-западном секторе региона со среднегодовой температурой воздуха, превышающей $2^\circ C$, характеризуются распространением по берегам рек сельскохозяйственных угодий [1; 2].

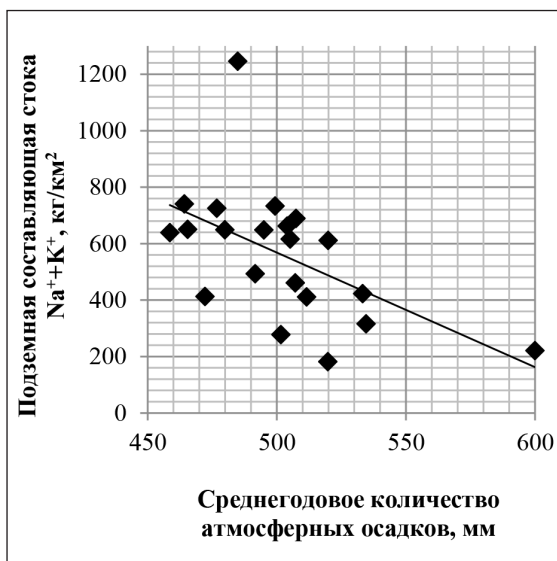


Рис. 3. Зависимость подземной составляющей стока Na^+K^+ от среднегодового количества атмосферных осадков
Примечание: составлен авторами на основе источников [1; 2]

В связи с функционированием сельскохозяйственных угодий и населенных пунктов здесь, возможно, имеет место постепенное вымывание грунтовыми водами накопленных годами остаточных компонентов минеральных удобрений, содержащих

анализируемые ионы. Кроме того, в более поздний период, в 2000-х гг., здесь фиксируются абсолютные максимумы подземной составляющей речного стока Na^+K^+ (для р. Вага – в 2007 г., р. Сямжа – в 2004 г.).

Напротив, выраженный отрицательный тренд (b_i менее -12) подземной составляющей речного стока Na^+K^+ характерен для р. Волошка ($b_i = -14,1$), р. Вымь и ее притоков (в том числе Елва ($b_i = -12,8$), Нившера ($b_i = -17,8$)), а также рек лесотундры (Сула ($b_i = -20,7$)) и северо-таежной подзоны (Покшеньга ($b_i = -12,1$), Кодина ($b_i = -14,2$)). Так, максимальные значения подземной составляющей стока Na^+K^+ в бассейне р. Вымь отмечаются в 1970-х гг., тогда как для рек северо-таежной подзоны фиксируются в более поздний период – в 1990-х гг. (табл. 1).

Слабо выраженная тенденция временной изменчивости подземной составляющей стока анализируемых ионов (b_i по модулю не превышает 1) отмечается в бассейнах р. Золотица и Вишера (табл. 1). Незначительные изменения в многолетнем аспекте характерны и для рек с длинными рядами наблюдений (рис. 4).

Изменчивость долевого участия подземной составляющей в суммарном речном стоке Na^+K^+ синхронна с пространственной изменчивостью ее абсолютных показателей (коэффициент корреляции R равен 0,8194 при уровне значимости $p = 0$).

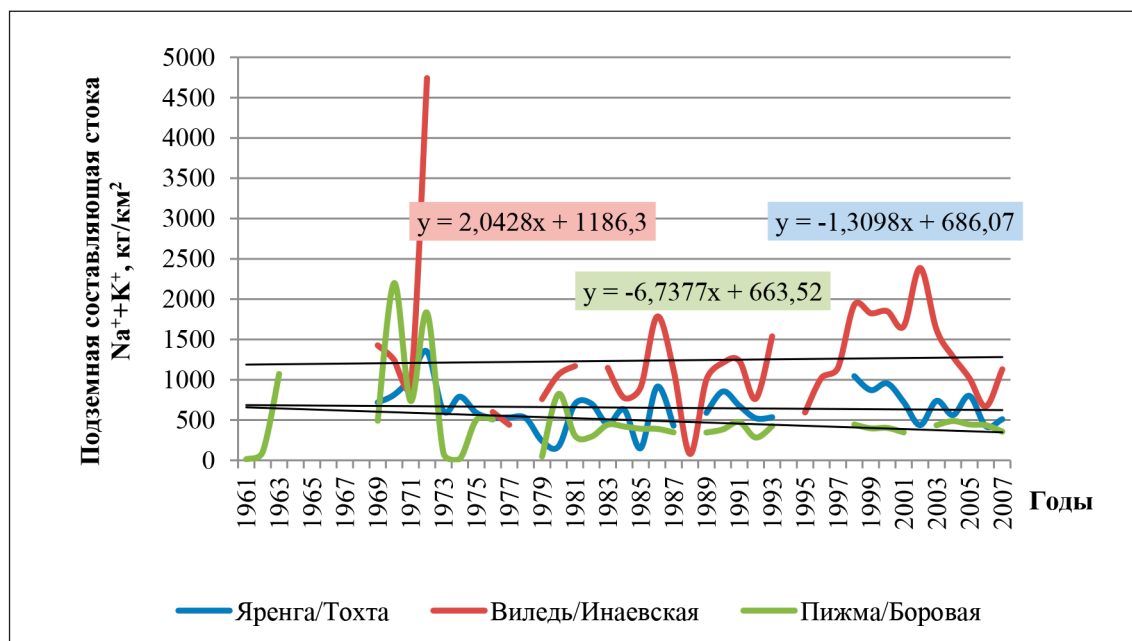


Рис. 4. Графики многолетней изменчивости подземной составляющей стока Na^+K^+ в бассейнах р. Яренга, Виледь и Пижма
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Таблица 2

Подземная составляющая стока Na^+K^+
в пределах литологических комплексов разного возраста

Возраст горных пород (индекс)	Литологические комплексы	Подземная составляющая речного стока Na^+K^+ , кг/км ²
Q	Пески, суглинки	1245,8
T ₁	Пески, конгломераты, глины, мергели, алевролиты	575,9
P ₃ snsv; T ₁ vt	Доломиты, мергели, глины (P ₃ snsv); пески, конгломераты, глины, мергели, алевролиты (T ₁ vt)	319,4
P ₃ nst	Алевриты, пески, алевролиты, песчаники в низах огипсованные	648,7
P ₂ kz	Известняки, мергели, доломиты, в нижней части – песчаники, глины	220,7
P ₂	Слаболитифицированные песчаники	541,7
P ₁ s, P ₁ k	Доломиты, ангидриты, гипс с прослоями глин	627,4
C ₁	Глины, алевриты, пески, известняки, конгломераты	1621,5
D	Известняки, алевролиты, глины, мергели и гипсы	1111,0
Є ₁	Глины, алевролиты и песчаники	1629,2

Примечание: составлена авторами на основе источников [26; 27].

В целом долевое участие подземной составляющей в суммарном речном стоке Na^+K^+ варьирует от 15,5 % (Лежа) до 65,8 % (Сула).

Самые высокие показатели (более 55 %) отмечаются для бассейнов р. Виледь, Кодина, Сула (табл. 1). Минимальные значения вклада подземной составляющей Na^+K^+ в общий сток ионов (менее 20 %) тяготеют к речным бассейнам юго-западной окраины региона (Лежа, Сямжа, Вага, а также Волошка), что, возможно, обусловлено большим вкладом других составляющих стока анализируемых ионов – атмосферной и поверхностной (почвенной). Так, для данных речных бассейнов характерно наличие распаханых земель (10,53; 0,33; 0,7 и 0,06 % соответственно), являющихся, как правило, источником накопленных минеральных удобрений в почвах. Кроме того, близость промышленных узлов региона (Вологда, Череповец), возможно, усиливает вклад атмосферной составляющей в общий речной сток анализируемых ионов.

В пределах литологических комплексов разного возраста подземная составляющая стока Na^+K^+ варьирует: минимальные значения вклада приурочены к речным бассейнам, сложенным верхнепермскими отложениями казанского яруса (известняками, мергелями, доломитами), не превышая 220,7 кг/км², тогда как максимум приходится на более древние верхнекембрийские отложения

(глины, алевролиты и песчаники), достигая 1629,2 кг/км² (табл. 2).

Заключение

Абсолютные значения подземной составляющей стока Na^+K^+ исследуемых речных бассейнов севера Восточно-Европейской равнины варьируют в пределах 181,9–2795,1 кг/км². Максимальные значения (более 1000 кг/км²) фиксируются в пределах бассейнов р. Сула, Золотица, Кодина и Виледь.

Пространственная изменчивость долевого участия подземной составляющей стока Na^+K^+ варьирует от 15,5 до 65,8 %. Максимальный вклад (более 50 %) отмечается в бассейнах рек Сула, Кодина, Виледь.

Анализ литологических комплексов показал, что в пределах более древних литологических комплексов (карбонового, девонского и кембрийского возраста), слагающих анализируемые бассейны рек (Золотица, Сула, Мезень, Седью, Пижма, Кодина), отмечаются наибольшие величины подземной составляющей Na^+K^+ .

Проведенное исследование показало, что выраженный рост подземной составляющей анализируемых ионов отмечается в более освоенных бассейнах рек.

Исследование имеет практическую значимость, его результаты могут быть полезны при реализации мероприятий в области рационального природопользования,

эффективной нефтегазодобычи, безопасности строительства, геохимического контроля, оценки миграции загрязняющих веществ, а также реконструкции и прогноза в геоэкологических исследованиях в регионе.

Список литературы

- Mukharamova S. S., Saveliev A. A., Ivanov M. A., Gafurov A. M., Yermolaev O. P. Estimating the Soil Erosion Cover-Management Factor at the European Part of Russia // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2021. Vol. 10. P. 645. URL: https://www.researchgate.net/publication/354858691_Estimating_the_Soil_Erosion_Cover-Management_Factor_at_the_European_Part_of_Russia (дата обращения: 10.03.2026). DOI: 10.3390/ijgi10100645.
- Yermolaev O. P., Mukharamova S. S., Maltsev K. A., Ivanov M. A., Gafurov A. M., Saveliev A. A., Shynbergenov E. A., Ermolaeva P. O., Bodrova A. O., Yantsitov R. O. Geography and Geoecology of Russia in the Mosaic of River Basins // *Geography and Natural Resources*. 2023. Vol. 44. Is. 3. P. 208–214. URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1875372823030046> (дата обращения: 10.03.2026). DOI: 10.15372/GIPR20230303.
- Торсуев Н. П. Пространственно-временная организация карстовых систем. Казань: Отечество, 2007. 180 с. ISBN 978-5-9222-0181-0.
- Савичев О. Г., Домаренко В. А. Особенности формирования химического состава поверхностных и подземных вод на водораздельных участках Васюганского болотного массива в водосборе реки Мура (Томская область) // *Известия Алтайского отделения Русского географического общества*. 2025. № 1 (76). С. 41–52. URL: <http://rgo-journal.ru/index.php/babrgs/article/view/541/452> (дата обращения: 10.03.2026). DOI: 10.24412/2410-1192-025-17603.
- Яковлев П. И. Некоторые особенности формирования минимального меженного и подземного стока рек в верхней части бассейна Западной Двины // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2025. № 5. С. 39–58. URL: <https://waterjournal.ru/files/wj/1763025351.pdf> (дата обращения: 10.03.2026). DOI: 10.35567/1999-4508-2025-5-39-58.
- Jiang X.-W., Wan L., Wang X.-S., Wang D., Wang H., Wang J.-Z., Zhang H., Zhang Z.-Y., Zhao K.-Y. A multi-method study of regional groundwater circulation in the Ordos Plateau, NW China // *Hydrogeology journal*. 2018. Vol. 26 (2). URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-018-1731-4> (дата обращения: 10.03.2026). DOI: 10.1007/s10040-018-1731-4.
- Solder J. E., Stolp B. J., Heilweil V. M., Susong D. D. Characterization of mean transit time at large springs in the Upper Colorado River Basin, USA: a tool for assessing groundwater discharge vulnerability // *Hydrogeology Journal*. 2016. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-016-1440-9> (дата обращения: 10.03.2026). DOI: 10.1007/s10040-016-1440-9.
- Atkins M. L., Santos I. R., Maher D. T. Assessing groundwater-surface water connectivity using radon and major ions prior to coal seam gas development (Richmond River Catchment, Australia) // *Applied Geochemistry*. 2016. Vol. 73. P. 35–48. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883292716301597> (дата обращения: 10.03.2026). DOI: 10.1016/j.apgeochem.2016.07.012.
- Blumstock M., Tetzlaff D., Dick J. J., Nuetzmann G., Soulsby C. Spatial organization of groundwater dynamics and streamflow response from different hydrogeological units in a montane catchment // *Hydrological processes*. 2016. Vol. 30 (21). URL: https://www.researchgate.net/publication/298899168_Spatial_organisation_of_groundwater_dynamics_and_streamflow_response_from_different_hydrogeological_units_in_a_montane_catchment (дата обращения: 10.03.2026). P. 3735–3753. DOI: 10.1002/hyp.10848.
- Khadka M. B., Martin J. B., Kurz M. J. Synoptic estimates of diffuse groundwater seepage to a spring-fed karst river at high spatial resolution using an automated radon measurement technique // *Journal of Hydrology*. 2017. Vol. 544. P. 86–96. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002216941630720X> (дата обращения: 10.03.2026). DOI: 10.1016/j.jhydrol.2016.11.013.
- Соколовский Д. Л. Речной сток (основы теории и методики расчетов). Л.: Гидрометеоздат, 1968. 539 с.
- Rumsey C. A., Miller M. P., Schwarz G. E., Hirsch R. M., Susong D. D. The role of baseflow in dissolved solids delivery to streams in the Upper Colorado River Basin // *Hydrological Processes*. 2017. Vol. 31. Is. 26. P. 4705–4718. URL: <https://pubs.usgs.gov/publication/70203537> (дата обращения: 10.03.2026). DOI: 10.1002/hyp.11390.
- Лешан И. Ю., Брехова И. Н. Динамика поверхностного и подземного стоков реки Стерля // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2017. № 1. С. 7–11. URL: <http://intjournal.ru/dinamika-poverhnostnogo-i-podzemnogo-stokov-reki-sterlya/> (дата обращения: 10.03.2026).
- Jódar J., Cabrera J. A., Martos-Rosillo S., Ruiz-Constán A., González-Ramón A., Lambán L. J., Herrera C., Custodio E. Groundwater discharge in high-mountain watersheds: A valuable resource for downstream semi-arid zones. The case of the Bérchules River in Sierra Nevada (Southern Spain) // *Science of The Total Environment*. 2017. Vol. 593–594. P. 760–772. URL: https://www.researchgate.net/publication/315701561_Groundwater_discharge_in_high-mountain_watersheds_A_valuable_resource_for_downstream_semi-arid_zones_the_case_of_the_Berchules_River_in_Sierra_Nevada_Southern_Spain (дата обращения: 10.03.2026). DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.190.
- Харанжевская Ю. А. Подземный сток центральной части Обь-Иртышского междуречья (на примере бассейна р. Чая) // *Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. 2016. № 4. С. 305–319. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_26468967_34595315.pdf (дата обращения: 10.03.2026).
- Гуревич Е. В., Марков М. Л. Характеристика минимального стока рек в бассейне р. Кубань // *Метеорология и гидрология*. 2019. № 9. С. 66–76. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_40834987_93063180.pdf (дата обращения: 10.03.2026).
- Пинкевич М. Н., Дворецкая Ю. Б. Оценка естественных ресурсов подземных вод в пределах Олимпиадинской площади (Енисейский край) // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*. 2016. № 1. С. 144–149. URL: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/heologia/2016/01/2016-01-20.pdf> (дата обращения: 10.03.2026).
- Шарифуллин А. Н., Мозжерин В. И., Мозжерин В. В., Двинских А. П., Денмухаметов Р. Р., Курбанова С. Г. Оценка величин подземного питания рек и родников стока Республики Татарстан // *Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки*. 2008. Т. 150. № 4. С. 67–76. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_11694602_93653695.pdf (дата обращения: 10.03.2026).
- Горшкова А. Т., Урбанова О. Н., Бортникова Н. В., Горбунова Ю. В. Изменение жесткости речных вод территории Республики Татарстан // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2020. № 3. С. 94–104. URL: <https://waterjournal.ru/files/wj/1594728082.pdf> (дата обращения: 10.03.2026).
- Ebrahim G. Y., Villholth K. G. Estimating shallow groundwater availability in small catchments using streamflow recession and instream flow requirements of rivers in South Africa // *Journal of Hydrology*. 2016. Vol. 541. Part B. P. 754–765. URL: https://www.researchgate.net/publication/305542603_Estimating_shallow_groundwater_availability_in_small_catchments_using_streamflow_recession_and_instream_flow_requirements_of_rivers_in_South_Africa (дата обращения: 10.03.2026). DOI: 10.1016/j.jhydrol.2016.07.032.
- Niazi A., Bentley L. R., Hayashi M. Estimation of spatial distribution of groundwater recharge from stream baseflow and groundwater chloride // *Journal of Hydrology*. 2017.

Vol. 546. P. 380–392. URL: https://www.researchgate.net/publication/312663889_Estimation_of_spatial_distribution_of_groundwater_recharge_from_stream_baseflow_and_groundwater_chloride (дата обращения: 10.03.2026). DOI: 10.1016/j.jhydrol.2017.01.032.

22. <http://elibrary.ru/item.asp?id=27200039> Гриневский С. О., Иванова Я. В., Сафонов А. О. Оценка естественных ресурсов подземных вод на основе геогидрологического моделирования инфильтрационного питания // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2016. № 5. С. 45–52. URL: <https://www.geology-mgri.ru/jour/article/view/172/173> (дата обращения: 10.03.2026). DOI: 10.32454/0016-7762-2016-5-45-52.

23. Зверев В. П. Роль подземных вод в миграции химических элементов. М.: Недра, 1982. 186 с.

24. Khayrullina D. N., Fedorova V. A. Sodium balance structure within the elementary geosystems (by the example of basin of the Elva River in the Komi republic) // *Advances in Environmental Biology*. 2014. Vol. 8. Is. 4. P. 1015–1020. URL:

<https://aensiweb.com/old/aeb/2014/1015-1020.pdf> (дата обращения: 10.03.2026).

25. Khayrullina D. N., Kurzhanova A. A. The genetic structure of the chloride ion runoff on the example of karst and non-karst geosystems of Arkhangelsk oblast // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 107. Is. 1. Art. № 012012. URL: https://www.researchgate.net/publication/322839983_The_genetic_structure_of_the_chloride_ion_runoff_on_the_example_of_karst_and_non-karst_geosystems_of_Arkhangelsk_oblast (дата обращения: 10.03.2026). DOI: 10.1088/1755-1315/107/1/012012.

26. Гидрогеология СССР. Т. 44. Архангельская область, Вологодская область. М.: Недра, 1969. 300 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geokniga.org/books/5868> (дата обращения: 10.03.2026).

27. Гидрогеология СССР. Т. 42. Коми АССР и Ненецкий национальный округ Архангельской области РСФСР. М.: Недра, 1970. 288 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geokniga.org/books/5866> (дата обращения: 10.03.2026).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.

СТАТЬЯ

УДК 528.5
DOI

CC BY 4.0

**СРАВНЕНИЕ ДИАПАЗОНОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ
И ЭЛЕКТРОННОЙ ЮСТИРОВКИ МЕСТА НУЛЯ
РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ****Щукин Г. Г. ORCID ID 0009-0007-7647-3305,****Борисов Л. А. ORCID ID 0009-0000-7316-9673***Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Государственный университет по землеустройству», Москва, Российская Федерация,
e-mail: borisovlev378623184@gmail.com*

При выполнении геодезических работ электронными тахеометрами необходимо выполнять юстировку места нуля. Заранее зная диапазоны механической и электронной юстировки места нуля прибора, можно после проведения поверки узнать, необходимо ли отвезти прибор в сервисный центр для проведения юстировки или возможно отъюстировать прибор в полевых условиях. Целью данного исследования является сравнение диапазонов механической и электронной юстировки места нуля различных электронных тахеометров. В работе измерялись диапазоны юстировки места нуля механическим и электронным способом. Механическая юстировка места нуля исследовалась только у тех электронных тахеометров, чьи конструктивные особенности позволяли провести юстировку без вскрытия корпусов приборов. Для получения диапазонов механической юстировки места нуля тахеометров, в работе находилась величина хода сетки нитей в вертикальной плоскости. Для получения диапазонов электронной юстировки места нуля тахеометров, в работе находилась величина максимальной поправки, вводимой тахеометром в измеряемые величины вертикальных углов, после выполнения программы юстировки. По результатам исследования составлена сводная таблица, в которой указаны диапазоны механической и электронной юстировки примененных в исследовании тахеометров.

Ключевые слова: тахеометр, поверка, место нуля, сетка нитей, юстировка**COMPARISON OF RANGES OF MECHANICAL
AND ELECTRONIC VERTICAL COLLIMATION ADJUSTMENT
OF VARIOUS ELECTRONIC TOTAL STATIONS****Schukin G. G. ORCID ID 0009-0007-7647-3305,****Borisov L. A. ORCID ID 0009-0000-7316-9673***Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“State University of Land Use Planning”, Moscow, Russian Federation,
e-mail: borisovlev378623184@gmail.com*

When performing geodetic work with electronic total stations, it is necessary to adjust the vertical collimation. Knowing in advance the ranges of mechanical and electronic adjustment of the vertical collimation of the device, it is possible, after verification, to find out whether it is necessary to take the device to a service center for adjustment or possible to adjust the device in the field. The purpose of this study is to compare the ranges of mechanical and electronic vertical collimation adjustment of various electronic total stations. The ranges of vertical collimation adjustment were measured mechanically and electronically. The mechanical adjustment of the vertical collimation was investigated only for those electronic total stations, whose design features allowed for adjustment without opening the instrument cases. To obtain ranges of mechanical adjustment of the vertical collimation of the total stations, the value of the thread grid stroke in the vertical plane was used. To obtain ranges of electronic adjustment of the vertical collimation of the total stations, the maximum correction value introduced by the total station into the measured values of vertical angles after executing the adjustment program was used. Based on the results of the study, a summary table has been compiled, which indicates the ranges of mechanical and electronic alignment of the total stations used in the study.

Keywords: total station, calibration, vertical collimation, thread grid, alignment**Введение**

В настоящее время крайне распространенным видом геодезических работ является тригонометрическое нивелирование. Оно более удобно, чем геометрическое нивелирование, поскольку не требует нивелира и комплекта реек. Геометрическое нивелирование используется при различ-

ных видах работ, например при техническом обследовании антенно-мачтовых сооружений [1; 2] или для геодезического мониторинга высотных зданий [3]. Даже на расстоянии до 300 м между визирными целями можно достичь точности III класса геометрического нивелирования при помощи тахеометра, о чем говорится в работе

А. В. Никонова и М. Е. Рахымбердиной [4]. В работе А. В. Никонова и С. А. Бабасова [5] утверждается, что при расстоянии между визирными целями около 100 м превышения в тригонометрическом нивелировании способом «из середины» при смене приема изменяются всего на 0,5 мм, при расстоянии около 200 м – на 2 мм, при расстоянии около 300 м – тоже на 2 мм (но с редкими отклонениями до 3–5 мм). Таким образом, тригонометрическое нивелирование является достаточно точным способом измерения превышений.

Точность определения превышений при помощи тригонометрического нивелирования зависит как от точности определения расстояний, так и от точности угла наклона. При этом при измерении углов до 6° СКО измерений углов может не превышать 30", но при увеличении углов наклона, измеряемых тахеометром в тригонометрическом нивелировании, до 45°, СКО их измерений должно быть на уровне 3–5" [6]. Следовательно, для измерения значительных по величине углов в тригонометрическом нивелировании необходимо измерять их с высокой точностью. Чтобы иметь возможность измерить достаточно точно вертикальный угол, необходимо исключить все существенные ошибки при измерениях. Одной из таких ошибок является место нуля прибора. Несовпадение горизонтальной оси прибора с нулевым штрихом лимба вертикального круга может быть связано со множеством факторов, например с неправильностью формы цапф и боковым гнутьем зрительной трубы [7].

Для проверки места нуля прибора можно воспользоваться специальными установками, рассмотренными в работах В. Д. Беломытцева [8], Н. Х. Голыгина [9] и С. В. Старовойрова [10]. Кроме того, если необходимо исключить влияние коллимационной ошибки на измерение вертикальных углов, можно воспользоваться установкой, рассмотренной в работе С. В. Соловьева [11].

Чтобы отъюстировать место нуля у тахеометра можно воспользоваться программой юстировки, заложенной в нем. Однако различные тахеометры имеют разные диапазоны для юстировки места нуля при помощи этих программ. Если значение места нуля при юстировке превышает допустимое, заложенное в программе, то выполнить юстировку можно при помощи смещения сетки нитей юстировочными винтами. В данной статье указаны максимально допустимые значения поправок к значениям места нуля,

которые можно ввести при помощи программ юстировки различных тахеометров, а также максимально допустимые углы наклона сетки нитей в вертикальной плоскости у этих тахеометров.

Материалы и методы исследования

Для определения допустимой величины отклонения сетки нитей в вертикальной плоскости производились следующие действия:

1) снимался колпачок с окуляра зрительной трубы;

2) ослаблялись горизонтальные юстировочные винты;

3) сетка нитей доводилась до максимального нижнего положения путем последовательного затягивания нижнего юстировочного винта и ослабления верхнего;

4) При максимальном нижнем положении сетки нитей производилось визирование на хорошо отождествляемую на местности цель, расположенную на расстоянии более 50 м от тахеометра, и брался отчет по вертикальному кругу. Цель выбиралась на значительном расстоянии от тахеометра уменьшения влияния хода фокусирующей линзы на измерения [12]. Однако стоит отметить, что не у всех тахеометров перефокусировка зрительной трубы влияет на измерения. Так, в работе С. П. Алексеева [13] значения места нуля при различных расстояниях от прибора до визирной цели различаются максимально всего на 1,4";

5) сетка нитей доводилась до максимального верхнего положения путем последовательного затягивания верхнего юстировочного винта и ослабления нижнего;

6) при максимальном верхнем положении сетки нитей прибор наводился на ту же хорошо отождествляемую на местности точку и брался отчет по вертикальному кругу;

7) шаги 3–6 повторялись несколько раз;

8) поскольку истинное значение величины хода сетки нитей нам не было известно изначально, средняя квадратическая погрешность полученных измерений вычислялась по формуле Гаусса:

$$m = \sqrt{\frac{[d^2]}{n}}, \quad (1)$$

где $[d^2]$ – сумма квадратов отклонений величин хода сетки нитей от среднего арифметического значения величины хода сетки нитей,

n – количество измерений величины хода сетки нитей;

9) итоговое значение величины хода сетки нитей получали как среднее арифметическое из всех значений;

10) после выполнения трех-четырех пар измерений положение сетки нитей восстанавливалось юстировкой.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим тахеометр Trimble m3 (5"). Технические характеристики тахеометров этой серии более подробно рассмотрены в статье Т. А. Гура и А. О. Старцевой [14]. В ней утверждается, что тахеометры серии Trimble m3 полностью удовлетворяют требованиям для строительных разбивочных работ. Допустимые значения для каждого из двух измерений при определении места нуля составляют $\pm 30^{\circ}35'29''$. Максимальное допустимое значение установленного места нуля у тахеометра при юстировке электронным способом составляет $2'59''$. Сетка нитей тахеометра закреплена при помощи четырех юстировочных винтов (рис. 1). Диапазон наклона сетки нитей в вертикальной плоскости у тахеометра Trimble m3 составляет $0^{\circ}18'37''$ (измерения получены с СКП $0^{\circ}00'04''$).



Рис. 1. Устройство системы крепления сетки нитей у тахеометра Trimble m3
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

В руководстве пользователя тахеометра Trimble m3¹ допустимые значения для каждого из двух измерений при определении места нуля электронным способом составляют 18° , но максимально возможное значение места нуля не указано.

Рассмотрим тахеометр EFT TS1 (2"). Тахеометр EFT TS1 не имеет как диапазонов наклона зрительной трубы при юстировке места нуля электронным способом, так и допусков на окончательное значение

¹ ТиГео // Руководство пользователя Trimble M3. 154 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://tigeo.ru/upload/iblock/132/jel7cyma1urilp41jx0gx64mzcsdl8vc/Rukovodstvo-polzovatelya-Trimble-M3.pdf> (дата обращения: 04.04.2026).

места нуля. Значение места нуля возможно обнулить. Значение места нуля, согласно руководству по эксплуатации², не должна превышать $\pm 10''$. Сетка нитей тахеометра закреплена при помощи четырех юстировочных винтов (рис. 2). Диапазон ее наклона в вертикальной плоскости составляет $0^{\circ}16'26''$ (измерения получены с СКП $0^{\circ}00'55''$).



Рис. 2. Устройство системы крепления сетки нитей у тахеометра EFT TS1
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Рассмотрим тахеометр Leica Builder 509 (9"). У тахеометра невозможно открыть колпачок окуляра для доступа к сетке нитей без вскрытия корпуса тахеометра в сервисном центре (рис. 3). В руководстве по эксплуатации³ отсутствуют предельные значения места нуля для этого тахеометра. Допуски, заложенные программой, на каждое из двух измерений места нуля составляют $\pm 4^{\circ}30'00''$. При помощи программы, встроенной в тахеометр, можно найти максимальное значение места нуля, равное $4^{\circ}29'55''$, при более высоких ее значениях тахеометр выдаст ошибку. Однако при попытке установить значение в пределах этого допуска в тахеометре (нажать кнопку «Принять»), он не примет это значение, так как реальный допуск для программы юстировки намного ниже. Он составляет $0^{\circ}05'25''$. Выше этого значения тахеометр значение места нуля не принимает.

² EFT Group // Руководство по эксплуатации Тахеометр EFT TS1. 43 с. [Электронный ресурс]. URL: https://eftgroup.ru/upload/iblock/220/3x0ybsdye2e9jafg3ew0m3kzmq2mey3/Rukovodstvo_po_ekspluatatsii_Takheometr_EFT_TS1_09.10.25.pdf (дата обращения: 04.04.2026).

³ Фирма Г. Ф. К. // Leica Builder Руководство по эксплуатации. 248 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.gfk-leica.ru/files/catfiles/tps/Leica_Builder_UserManual_ru.pdf (дата обращения: 04.04.2026).



Рис. 3. Окуляр тахеометра Leica Builder 509
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Рассмотрим тахеометр Leica TS06 (5"). Этот тахеометр также исследовался в работе Д. А. Гура [15, с. 160]. Согласно этой работе, максимальная амплитуда измерения углов у этого тахеометра составляет 1,9'. Поэтому этот тахеометр можно считать достаточно точным. Диапазоны тахеометра на каждое из двух измерений для определения места нуля не превышают $\pm 4^{\circ}30'00''$. Допуск на окончательное значение места нуля не может превышать $\pm 0^{\circ}05'23''$. В руководстве по эксплуатации⁴ расстояние до цели для проведения поверки составляет около 100 м, максимальный вертикальный угол для каждого из двух измерений для проведения поверки составляет $\pm 5^{\circ}$. Предельное допустимое значение места нуля в руководстве по эксплуатации⁴ не указано. У тахеометра возможно открутить окуляр, но это не даст возможности юстировки сетки нитей. Сетка нитей закреплена тремя винтами (рис. 4).



Рис. 4. Устройство сетки нитей прибора Leica TS06
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Это означает, что даже если бы существовала возможность как-либо добраться до сетки нитей тахеометра, то юстировка ме-

ста нуля была бы проблематичной, поскольку юстировка места нуля системы с тремя юстировочными винтами приведет к изменению коллимационной ошибки прибора.

Рассмотрим тахеометр Sokkia SET 530 RK (5"). Прибор Sokkia SET 530 RK имеет допуски только на разность между текущим значением места нуля и новым, установленным при помощи программы юстировки. Эта разность не может превышать $\pm 0^{\circ}00'59''$. Максимально допустимое значение места нуля не имеет допуска при электронной юстировке. Допуски на каждую отдельную программу юстировки у Sokkia SET 530 RK можно записать формулой

$$MO_{i-1} - 0^{\circ}00'59'' \leq MO_i \leq MO_{i-1} + 0^{\circ}00'59'' ,$$

где MO_i – текущее измерение места нуля; MO_{i-1} – предыдущее измерение места нуля.

Для юстировки коллимационной ошибки и места нуля механическим способом у прибора Sokkia SET 530 RK (рис. 5) существует горизонтальный юстировочный винт (1) и фиксирующая пружина (2).

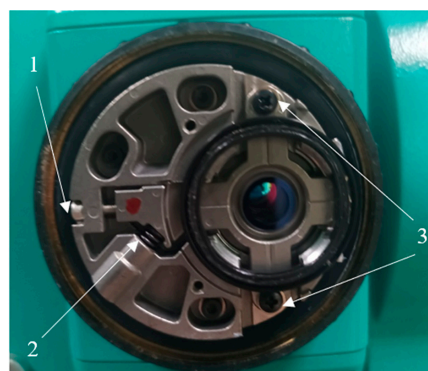


Рис. 5. Устройство сетки нитей прибора Sokkia SET 530 RK:
1) горизонтальный юстировочный винт;
2) фиксирующая пружина; 3) винты, закрепляющие конструкцию сетки нитей
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Юстировочный винт (1) влияет только на горизонтальный ход сетки нитей. Фиксирующая пружина (2) влияет как на ошибку места нуля, так и коллимационную ошибку. Поэтому изменить ошибку места нуля прибора невозможно без изменения коллимационной ошибки. Положение сетки нитей можно изменить при помощи двух винтов, крепящих всю конструкцию сетки нитей (3). Однако в ходе проведения исследования было выявлено, что таким способом сетку нитей можно отклонить не более чем на $0^{\circ}00'15''$.

⁴ Geooptic.ru // Leica FlexLine TS02/TS06/TS09. Руководство по эксплуатации. 334 с. URL: <https://www.geooptic.ru/static/files/leica-flexline-ts02-ts06-ts09-instrukcia.pdf> (дата обращения: 04.04.2026)..

Допуски на определение места нуля у различных моделей тахеометров

Модель тахеометра	Величина хода сетки нитей вверх и вниз, ° ' "	Максимальное допустимое значение места нуля при юстировке электронным способом, ° ' "	Максимальный допустимый угол наклона для одного из двух измерений при юстировке электронным способом, ° ' "
Trimble m3	$\pm 0^{\circ}09'18,5''$	$\pm 0^{\circ}02'59''$	$\pm 30^{\circ}35'29''$
EFT TS1	$\pm 0^{\circ}08'13''$	Не имеет допуска	Не имеет допуска
Leica Builder 509	Невозможно получить доступ к винтам сетки нитей без вскрытия корпуса тахеометра	$\pm 0^{\circ}05'25''$	$\pm 4^{\circ}30'00''$
Sokkia SET 530 RK	$\pm 0^{\circ}00'15''$ при помощи винтов, крепящих конструкцию сетки нитей. Желательно проводить юстировку при помощи пружины, подпирющей конструкцию сетки нитей, однако сделать это можно только в сервисном центре	Диапазон для каждого отдельного измерения записан в формуле (2). Однако при помощи итераций значение места нуля можно увеличить до абсолютно любого значения	Не имеет допуска
Leica TS06	Невозможно получить доступ к винтам сетки нитей без вскрытия корпуса тахеометра	$\pm 0^{\circ}05'23''$	$\pm 4^{\circ}30'00''$

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

В руководстве по эксплуатации⁵ отсутствуют какие-либо жесткие требования для установления поправки в измеренные углы при помощи программы прибора. В руководстве по эксплуатации⁵ присутствуют критерии для поверки сетки нитей. Расстояние до визирной цели для этой поверки должно составлять около 100 м, а допустимые углы отклонения сетки нитей в горизонтальной и вертикальной плоскостях не должны превышать $0^{\circ}00'20''$. При перефокусировке зрительной трубы значение места нуля не должно изменяться более чем на $5''$. СКО измерения вертикальных углов рекомендуется производить измерения не менее чем шестью приемами.

Результаты, полученные в данной работе, приведены в таблице.

Заключение

Тахеометры с креплением сетки нитей при помощи трех юстировочных винтов, такие как Leica TS06 и Leica Builder 509, не имеют доступа к юстировочным винтам сетки нитей. Максимальный допустимый

угол наклона для одного из двух измерений при юстировке электронным способом у таких приборов составляет $\pm 4^{\circ}30'00''$, а максимально возможное значение места нуля составляет $\pm (0^{\circ}05'24'' \pm 1'')$.

Тахеометры с креплением сетки нитей при помощи четырех юстировочных винтов (Trimble m3 и EFT TS1) имеют доступ к юстировочным винтам сетки нитей. Максимальный угол наклона сетки нитей варьируется от $\pm 0^{\circ}08'13''$ до $\pm 0^{\circ}09'18,5''$ в зависимости от модели тахеометра. Для юстировки места нуля электронным способом такие тахеометры могут как иметь определенный диапазон ($\pm 0^{\circ}02'59''$ для Trimble m3), так и не иметь его вовсе (EFT TS1).

Тахеометры с таким же креплением сетки нитей, как и Sokkia SET 530 RK, могут изменять значение места нуля только на $\pm 0^{\circ}00'15''$ при помощи винтов, закрепляющих сетку нитей (рис. 1, (3)). Возможно также изменить положение сетки нитей при помощи фиксирующей пружины (рис. 1 (2)), однако это рекомендуется делать только в сервисном центре. Диапазон для электронной юстировки таких тахеометров неограничен, но для каждого отдельного измерения значение места нуля вычисляется по формуле (2).

⁵ Фокусгео // Руководство пользователя Sokkia серия 30RK. 260 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://fgeo.ru/upload/iblock/805/4fdsm62j4joh9t9qyz2130dqgr2zzv8a/Rukovodstvo-polzovatelya-Sokkia-seriya-30RK.pdf> (дата обращения: 04.04.2026).

Максимальное допустимое значение места нуля среди исследуемых тахеометров указано в руководстве по эксплуатации только для приборов EFT TS1 и Sokkia SET 530 RK и составляет для них $\pm 0^{\circ}00'10''$ и $\pm 0^{\circ}00'15''$ соответственно. Для других приборов эти значения не приведены в руководствах по эксплуатации или руководствах пользователя. Однако, поскольку для других исследуемых приборов параметры точности несущественно превышают параметры этих двух приборов (максимум 9" Leica Builder 509), можно предположить, что максимальные допустимые значения места нуля не превышают для них нескольких десятков секунд. Следовательно, максимальные допустимые значения места нуля, превышающие в несколько десятков или сотен раз точность прибора (таблица) в большинстве практически не нужны.

Также следует отметить, что вмешательство в конструкцию тахеометра и изменение положения сетки нитей крайне не рекомендуется проводить вне сервисного центра. Это может привести к несовпадению перекрестия сетки нитей с лучом лазерного дальномера, к расшатыванию юстировочных винтов или к появлению коллимационной ошибки. Поэтому рекомендуется производить юстировку сетки только в сервисном центре или зная конструктивные особенности юстируемого прибора.

Список литературы

1. Азаров Б. Ф., Носков И. В. Способ обнаружения грубых ошибок угловых наблюдений при техническом обследовании антенно-мачтовых сооружений // Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14. № 2. URL: <https://esj.today/PDF/03SAVN222.pdf> (дата обращения: 22.05.2026).
2. Бикбулатова Г. Г., Искарёв Н. А., Рузанов Д. А. Геодезический мониторинг вертикальности прожекторных мачт // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2024. № 2 (37). URL: <http://ejournal.omgau.ru/images/issues/2024/2/01138.pdf> (дата обращения: 23.05.2026).
3. Шульц Р. В., Анненков А. А., Белоус Н. В., Ковтун В. Я. Комплексный геодезический мониторинг высотных зданий // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Международ. науч. конгресс (г. Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). Пленарное заседание: сб. материалов. Новосибирск: СГУГиТ, 2015. С. 109–115. [Электронный ресурс]. URL: <https://geosib.sgugit.ru/upload/geosibir/sborniki/2015/%D0%9F%D0%B%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5-%D0%B7%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5.pdf> (дата обращения: 23.05.2026).
4. Никонов А. В., Рахымбердина М. Е. Исследование точности измерения превышений электронным тахеометром высокой точности в полевых условиях // Вестник СГГА (Сибирской государственной геодезической академии) научно-технический журнал / учредитель ФГБОУ ВПО «СГГА». Вып. 1 (21). Новосибирск: СГГА. 2013. С. 16–26. [Электронный ресурс]. URL: https://vestnik.sgugit.ru/upload/vestnik/sborniki/2013/vestnik_1_21_2013.pdf (дата обращения: 24.05.2026).

5. Никонов А. В., Бабасов С. А. Исследование тригонометрического нивелирования в полевых условиях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Международный научный конгресс: материалы международной научной конференции «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. С. 71–78. [Электронный ресурс]. URL: <https://geosib.sgugit.ru/upload/geosibir/sborniki/2013/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%8F-%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0-%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D1%8F-%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BA%D1%88%D0%B5%D0%B9%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%8F-%D0%A2.1.pdf> (дата обращения: 23.05.2026).

6. Карев П. А., Калюжин В. А., Павлова А. И. О точности горизонтальных проложений наклонных расстояний, измеряемых современными геодезическими приборами // ГЕО-Сибирь-2009. Т. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Ч. 1: сборник материалов V Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2009» (г. Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). Новосибирск: СГГА, 2009. С. 167–172. [Электронный ресурс]. URL: https://geosib.sgugit.ru/upload/geosibir/sborniki/2009/geodeziya-geoinformatika/T1_1.pdf (дата обращения: 23.05.2026).
7. Пастухов М. А., Денисенко В. В., Гура Д. А., Шевченко Г. Г. Определение погрешности геодезических приборов за неправильность формы цапф и боковое гнутье зрительной трубы // Научные труды КубГТУ. 2016. № 11. URL: <https://ntk.kubstu.ru/data/mc/0032/1196.pdf> (дата обращения: 24.05.2026).
8. Беломытцев В. Д., Гольгин Н. Х., Лысенко В. Г., Шилин В. А. Оптико-электронный комплекс для испытаний, поверки и калибровки мобильных координатных средств измерений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2021. Т. 65. № 2. С. 232–240. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45644531> (дата обращения: 24.05.2026). DOI: 10.30533/0536-101X-2021-65-2-232-240.

9. Гольгин Н. Х. Оптико-электронный комплекс для исследований мобильных координатных средств измерений: дис. ... докт. техн. наук: Специальность 2.2.4 – приборы и методы измерения (по видам измерений). Москва, 2024. 218 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rostest.ru/page/education/dissertation-council/dissertitsii/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%93%D0%BE%D0%B%D1%8B%D0%B3%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%9D.%D0%A5..pdf> (дата обращения: 24.05.2026).
10. Староверов С. В. Разработка компактных средств геодезической метрологии для оперативной поверки и исследований нивелиров и тахеометров: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2018. 108 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://miigaik.ru/upload/iblock/ad4/ad46b72790529ac21d3e2695b-27f436b.pdf> (дата обращения: 24.05.2026).
11. Соловьев С. В. Разработка методов повышения надежности измерений при геодезическом обеспечении строительных работ: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2011. 24 с. [Электронный ресурс]. URL: https://miigaik.ru/science/councils/congregation/11_12_22_soloviev.pdf (дата обращения: 21.05.2026).
12. Никонов А. В., Рябова Н. М., Смирнов А. Д., Исков Д. М., Баранников Д. А. Исследование влияния хода фокусирующей линзы зрительной трубы электронных тахеометров на место нуля // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVIII Международный научный конгресс (г. Новосибирск, 18–20 мая 2022 г.): сборник материалов в 8 т. Т. 1: Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картогра-

фия, маркшейдерия». Новосибирск: СГУГиТ, 2022. С. 19–23. URL: <https://geosib.sgugit.ru/upload/geosibir/sborniki/2022/tom-1/%D0%A2.1.pdf> (дата обращения: 24.05.2026). DOI: 10.33764/2618-981X-2022-1-19-23.

13. Алексеев С. П. Исследование влияния перефокусировки зрительной трубы электронного тахеометра на место нуля // LXIX региональная студенческая научная конференция (г. Новосибирск, 5–10 апреля 2021 г.): сборник тезисов докладов: в 2 ч. Ч. 2. Новосибирск: СГУГиТ, 2021. С. 116–118. [Электронный ресурс]. URL: https://sgugit.ru/upload/science-and-innovations/konferentsii-i-nauchnyemeropriyatiya/rsnk/Sbornik_2021_2.pdf (дата обращения: 24.05.2026).

14. Гура Т. А., Старцева А. О. Особенности применения электронных тахеометров серии Trimble m3 для выполнения разбивочных работ на строительной площадке // Альманах современной науки и образования. 2016. № 11. С. 39–43. URL: <https://www.gramota.net/article/alm20160509/pdf> (дата обращения: 22.05.2026).

15. Гура Д. А. Разработка методов исследования электронных тахеометров в условиях производства для оценки и повышения точности измерения горизонтальных углов: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2016. 181 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.miiigaik.ru/upload/iblock/007/0070185b5b2bd31cc1fbcadf0972e6a2.pdf> (дата обращения: 24.05.2026).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.