



ИД «Академия Естествознания»

УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Научный журнал

№ 5 2025



ADVANCES IN CURRENT NATURAL SCIENCES

Scientific journal

No. 5 2025



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.

«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 ориентируется 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.

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Курзанов Анатолий Николаевич, д.м.н., профессор

Корректор

Галенкина Е.С.,

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

Дудкина Н.А.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.с.-х.н., доцент **Абдулвалеев Р.Р.** (Уфа); д.г.-м.н., проф., **Абильхасимов Х.Б.** (Астана); д.т.н., проф. **Айдосов А.** (Алматы); д.г.-м.н., проф., **Алексеев С.В.** (Иркутск); д.х.н., проф., **Алоев В.З.** (Нальчик); д.г.н., проф. **Андреев С.С.** (Ростов-на-Дону); д.г.н., доцент **Андреева Е.С.** (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н., доцент **Анищенко Л.Н.** (Брянск); д.с.-х.н., проф. **Байрамбеков Ш.Б.** (Камызяк); д.т.н., проф. **Бейсембаев К.М.** (Караганда); д.т.н., проф. **Белозеров В.В.** (Ростов-на-Дону); д.б.н., доцент **Белоус О.Г.** (Сочи); д.с.-х.н., проф. **Берсон Г.З.** (Великий Новгород); д.г.-м.н., проф. **Бондарев В.И.** (Екатеринбург); д.т.н., профессор **Галкин А.Ф.** (Ухта); д.г.-м.н., проф. **Гавришин А.И.** (Новочеркасск); д.с.-х.н., **Горбачева А.Г.** (Пятигорск); д.с.-х.н., **Горянин О.И.** (Самара); д.г.-м.н., проф. **Гусев А.И.** (Бийск); д.с.-х.н., проф. **Данилин И.М.** (Красноярск); д.б.н., доцент **Долгов А.В.** (Мурманск); д.э.н., проф. **Долятовский В.А.** (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. **Дресвянников А.Ф.** (Казань); д.г.н., проф. **Егорина А.В.** (Усть-Каменогорск); д.т.н., проф. **Ерофеев В.И.** (Томск); д.с.-х.н., проф. **Залесов С.В.** (Екатеринбург); д.с.-х.н., доцент **Захарченко А.В.** (Томск); д.с.-х.н., проф. **Зволинский В.П.** (Волгоград); д.х.н., проф. **Иваишвили А.Н.** (Москва); д.б.н., доцент **Кавецкий Н.Н.** (Мурманск); д.т.н., проф. **Калякин С.А.** (Донецк); д.с.-х.н., проф. **Караев М.К.** (Махачкала); д.г.-м.н., проф. **Кашаев А.А.** (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. **Кобрунов А.И.** (Ухта); д.г.-м.н., доцент **Копылов И.С.** (Пермь); д.г.-м.н., проф. **Костицын В.И.** (Пермь); д.с.-х.н., проф. **Костылев П.И.** (Зерноград); д.э.н., проф. **Косякова И.В.** (Самара); д.с.-х.н., **Коцарева Н.В.** (Белгород); д.т.н., доцент **Кузяков О.Н.** (Тюмень); д.г.-м.н., проф. **Кучеренко И.В.** (Томск); д.б.н., проф. **Ларионов М.В.** (Саратов); д.г.-м.н., проф. **Лебедев В.И.** (Кызыл); д.ф.-м.н., проф. **Лерер А.М.** (Ростов-на-Дону); д.г.н., проф. **Луговской А.М.** (Москва); д.г.-м.н., проф. **Мельников А.И.** (Иркутск); д.т.н., проф. **Мусаев В.К.** (Москва); д.т.н., доцент **Нехорошева А.В.** (Ханты-Мансийск); д.с.-х.н., **Никитин С.Н.** (Ульяновск); д.с.-х.н., **Оказова З.П.** (Владикавказ); д.с.-х.н., проф. **Партоев К.** (Душанбе); д.с.-х.н., проф. **Петелько А.И.** (Миценск); д.т.н., проф. **Петров М.Н.** (Красноярск); д.т.н., проф. **Пирумян Г.П.** (Ереван); д.с.-х.н., проф. **Проездов П.Н.** (Саратов); д.г.-м.н., проф. **Сакеев К.С.** (Бишкек); д.б.н. **Сибикеев С.Н.** (Саратов); д.с.-х.н., доцент **Сокольская О.Б.** (Саратов); д.т.н., проф. **Степанов В.В.** (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. **Тарасенко А.А.** (Тюмень); д.т.н. **Теплухин В.К.** (Октябрьский); д.э.н., проф. **Титов В.А.** (Москва); д.с.-х.н., проф. **Титов В.Н.** (Саратов); д.с.-х.н., проф. **Тихановский А.Н.** (Салехард); д.г.-м.н., проф. **Трофименко С.В.** (Нерюнгри); д.т.н., проф. **Ульрих Е.В.** (Кемерово); д.г.н., проф. **Чодураев Т.М.** (Бишкек); д.с.-х.н., проф. **Шамишев Б.Н.** (Ош); д.т.н., проф. **Шантарин В.Д.** (Тюмень); д.т.н., проф. **Шатов А.А.** (Уфа); д.ф.-м.н., проф. **Ширанов Д.Ш.** (Улан-Удэ); д.т.н., проф. **Шишелова Т.И.** (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. **Шугунов Л.Ж.** (Нальчик); д.г.-м.н., проф. **Юргенсон Г.А.** (Чита); д.г.н., проф. **Яковенко Н.В.** (Воронеж); д.т.н., проф. **Ямалетдинова К.Ш.** (Челябинск)

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 = 0,775

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,368

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, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

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

30.05.2025

Дата выхода номера

30.06.2025

Формат

60x90 1/8

Усл. печ. л.

7,5

Тираж

1000 экз.

Заказ

УСЕ 2025/5

Распространяется по свободной цене

Подписной индекс в электронном каталоге «Почта России»: П7816

© 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.

«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.

DEPUTY CHIEF EDITOR

Kurzanov Anatoly Nikolaevich, Dr. Sci. (Medical), Prof.

Corrector

Galenkina E.S.,

Dudkina N.A.

EXECUTIVE SECRETARY

Bizenkova Maria Nikolaevna, Cand. Sci. (Medical)

EDITORIAL BOARD

D.Sc., Docent **Abdulvaleev R.R.** (Ufa); D.Sc., Prof. **Abilkhasimov Kh.B.** (Astana); D.Sc., Prof. **Aidosov A.** (Almaty); D.Sc., Prof. **Alekseev S.V.** (Irkutsk); D.Sc., Prof. **Aloev V.Z.** (Nalchik); D.Sc., Prof. **Andreev S.S.** (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent, **Andreeva E.S.** (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent **Anishchenko L.N.** (Bryansk); D.Sc., Prof. **Bayrambekov Sh.B.** (Kamyzyak); D.Sc., Prof. **Beisembaev K.M.** (Karaganda); D.Sc., Prof. **Belozеров V.V.** (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent **Belous O.G.** (Sochi); D.Sc., Prof. **Berson G.Z.** (Velikiy Novgorod); D.Sc., Prof. **Bondarev V.I.** (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. **Galkin A.F.** (Ukhta); D.Sc., Prof. **Gavrilin A.I.** (Novocherkassk); D.Sc. **Gorbacheva A.G.** (Pyatigorsk); D.Sc. **Goryanin O.I.** (Samara); D.Sc., Prof. **Gusev A.I.** (Biysk); D.Sc., Prof. **Danilin I.M.** (Krasnoyarsk); D.Sc., Docent **Dolgov A.V.** (Murmansk); D.Sc., Prof. **Dolyatovsky V.A.** (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. **Dresvyannikov A.F.** (Kazan); D.Sc., Prof. **Egorina A.V.** (Ust-Kamenogorsk); D.Sc., Prof. **Erofeev V.I.** (Tomsk); D.Sc., Prof. **Zalesov S.V.** (Ekaterinburg); D.Sc., Docent **Zakharchenko A.V.** (Tomsk); D.Sc., Prof. **Zvolinsky V.P.** (Volgograd); D.Sc., Prof. **Ivashkevich A.N.** (Moscow); D.Sc., Docent **Kavtsevich N.N.** (Murmansk); D.Sc., Prof. **Kalyakin S.A.** (Donetsk); D.Sc., Prof. **Karaev M.K.** (Makhachkala); D.Sc., Prof. **Kashaev A.A.** (Irkutsk); D.Sc., Prof. **Kobrunov A.I.** (Ukhta); D.Sc., Docent **Kopylov I.S.** (Perm); D.Sc., Prof. **Kostitsyn V.I.** (Perm); D.Sc., Prof. **Kostylev P.I.** (Zernograd); D.Sc., Prof. **Kosyakova I.V.** (Samara); D.Sc., **Kotsareva N.V.** (Belgorod); D.Sc., Docent **Kuzakov O.N.** (Tyumen); D.Sc., Prof. **Kucherenko I.V.** (Tomsk); D.Sc., Prof. **Larionov M.V.** (Saratov); D.Sc., Prof. **Lebedev V.I.** (Kyzyl); D.Sc., Prof. **Lerer A.M.** (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. **Lugovskoy A.M.** (Moscow); D.Sc., Prof. **Melnikov A.I.** (Irkutsk); D.Sc., Prof. **Musaev V.K.** (Moscow); D.Sc., Docent **Nehorosheva A.V.** (Khanty-Mansiysk); D.Sc. **Nikitin S.N.** (Ulyanovsk); D.Sc. **Okazova Z.P.** (Vladikavkaz); D.Sc., Prof. **Partoev K.** (Dushanbe); D.Sc., Prof. **Petelko A.I.** (Mtsensk); D.Sc., Prof. **Petrov M.N.** (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. **Pirumyan G.P.** (Yerevan); D.Sc., Prof. **Proezdov P.N.** (Saratov); D.Sc., Prof. **Sakiev K.S.** (Bishkek); D.Sc. **Sibikeev S.N.** (Saratov); D.Sc., Docent **Sokolskaya O.B.** (Saratov); D.Sc., Prof. **Stepanov V.V.** (Saint Petersburg); D.Sc., Prof. **Tarashenko A.A.** (Tyumen); D.Sc. **Teplukhin V.K.** (Oktyabr'skiy); D.Sc., Prof. **Titov V.A.** (Moscow); D.Sc., Prof. **Titov V.N.** (Saratov); D.Sc., Prof. **Tikhonovskiy A.N.** (Salekhard); D.Sc., Prof. **Trofimenko S.V.** (Neryungri); D.Sc., Prof. **Ulrich E.V.** (Kemerovo); D.Sc., Prof. **Choduraev T.M.** (Bishkek); D.Sc., Prof. **Shamshiev B.N.** (Osh); D.Sc., Prof. **Shantarina V.D.** (Tyumen); D.Sc., Prof. **Shatov A.A.** (Ufa); D.Sc., Prof. **Shirapov D.Sh.** (Ulan-Ude); D.Sc., Prof. **Shishelova T.I.** (Irkutsk); D.Sc., Prof. **Shugunov L.Zh.** (Nalchik); D.Sc., Prof. **Yurgenson G.A.** (Chita); D.Sc., Prof. **Yakovenko N.V.** (Voronezh); D.Sc., Prof. **Yamaletdinova K.Sh.** (Chelyabinsk)

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) = 0,775

Impact-factor RISQ (five-year) = 0,368

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, st. Lermontov, 3

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

30.05.2025

Number issue date

30.06.2025

Format

60x90 1/8

Conditionally printed sheets

7,5

Circulation

1000 copies

Order

YCE 2025/5

Distribution at a free price

Subscription index in the Russian Post electronic catalog: P7816

© LLC PH Academy of Natural History

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственные науки (4.1.1 Общее земледелие и растениеводство)

СТАТЬИ

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ступин А.С. 6

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ «СИЛАТРАН» НА ОВСЕ И ОЗИМОЙ РЖИ

Широков Ю.А., Захарова Е.А., Мурко Е.В. 13

Географические науки (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

СТАТЬЯ

ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ НАВИГАЦИОННОГО ТУРИЗМА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Паранина А.Н. 24

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Токарев И.В., Мельников М.А., Смирнов В.Е. 31

Геолого-минералогические науки (1.6.3, 1.6.5, 1.6.6, 1.6.10, 1.6.12, 1.6.17, 1.6.21)

СТАТЬИ

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ В РАЙОНАХ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Галеева Э.Р., Нестеренко М.Ю., Белов В.С., Соломатин Н.В. 38

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ХАНТЫ-МАНСКИЙСКА

Романова Т.И. 45

РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СОВМЕСТИМОСТИ ПЛАСТОВЫХ И ЗАКАЧИВАЕМЫХ ВОД ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО МЕГАБАССЕЙНА

Сальникова Ю.И. 52

CONTENTS

Agricultural Sciences (4.1.1 General Agriculture and Plant Growing)

ARTICLES

MODERN ASPECTS OF GRAIN PRODUCTION DEVELOPMENT
IN THE RYAZAN REGION

Stupin A.S.6

THE EFFECTIVENESS OF THE PLANT GROWTH STIMULATOR
SILATRAN ON OATS AND WINTER RYE

Shirokov Yu.A., Zakharova E.A., Murko E.V.13

Geographical sciences (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)

ARTICLES

NATURAL RESOURCE POTENTIAL FOR THE DEVELOPMENT
OF NAVIGATIONAL TOURISM IN RUSSIA

Paranina A.N.24

ON THE ISSUE OF ASSESSING THE TOURIST AND RECREATIONAL
POTENTIAL OF THE MUNICIPALITIES OF THE PERM REGION

Tokarev I.V., Melnikov M.A., Smirnov V.E.31

Geological and mineralogical sciences (1.6.3, 1.6.5, 1.6.6, 1.6.10, 1.6.12, 1.6.17, 1.6.21)

ARTICLES

GEOECOLOGICAL ZONING OF THE SOUTHERN URALS
IN SUBSURFACE USE AREAS

Galeeva E.R., Nesterenko M.Yu., Belov V.S., Solomatin N.V.38

CHARACTERISTICS OF GROUNDWATER IN THE TERRITORY
OF KHANTY-MANSIYSK

Romanova T.I.45

RESULTS OF PHYSICOCHEMICAL MODELING OF COMPATIBILITY
OF FORMATION AND INJECTED WATERS OF THE WEST SIBERIAN
MEGABASIN

Salnikova Yu.I.52

СТАТЬИ

УДК 633.1:631.55.03(470.313)

DOI 10.17513/use.38390

**СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ
ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ****Ступин А.С.***ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева», Рязань, e-mail: stupin32@yandex.ru*

В Рязанской области с начала XXI в. зерновое хозяйство претерпело заметные изменения. Зерновые культуры традиционно занимают более половины посевных площадей региона, причем основными производителями являются сельскохозяйственные организации. На протяжении анализируемого периода урожайность зерновых в Рязанской области стабильно превышает средние показатели по России. Ключевыми положительными тенденциями стали значительное увеличение посевных площадей под зерновые культуры (в 2,3 раза с 2000 г., достигнув 146,7 тыс. га в 2023 г.) и еще более впечатляющий рост валового сбора зерна (в 3,7 раза). Однако для дальнейшего развития как крупных агрохолдингов, так и фермерских хозяйств, занятых выращиванием зерновых, необходима целенаправленная поддержка на региональном и федеральном уровнях. Особое внимание следует уделить семеноводческим хозяйствам, которые играют ключевую роль во внедрении в производство семян отечественной селекции, включая зерновые культуры. Решение существующих проблем позволит не только улучшить качество продовольственного и семенного зерна, сократить потери при уборке урожая и повысить общую эффективность отрасли, но и увеличить налоговые поступления в бюджет Рязанской области, что, в свою очередь, будет способствовать динамичному развитию региона.

Ключевые слова: Рязанская область, зерновое хозяйство, посевные площади, валовый сбор, урожайность, зерновые культуры

**MODERN ASPECTS OF GRAIN PRODUCTION
DEVELOPMENT IN THE RYAZAN REGION****Stupin A.S.***Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev,
Ryazan, e-mail: stupin32@yandex.ru*

In the Ryazan region since the beginning of the XXI century grain farming has undergone marked changes. Grain crops traditionally occupy more than half of the sown areas of the region, with the main producers being agricultural organisations. During the analysed period, grain yields in the Ryazan region are consistently higher than the average for Russia. The key positive trends were a significant increase in the area under grain crops (2.3 times since 2000, reaching 146.7 thousand hectares in 2023) and even more impressive growth in gross grain harvest (3.7 times). However, for further development of both large agricultural holdings and farms engaged in grain cultivation, targeted support at the regional and federal levels is needed. Special attention should be paid to seed farms, which play a key role in the introduction of domestic breeding seeds, including grain crops, into production. The solution of existing problems will not only improve the quality of food and seed grain, reduce harvesting losses and increase the overall efficiency of the industry, but also increase tax revenues to the budget of the Ryazan region, which, in turn, will contribute to the dynamic development of the region.

Keywords: Ryazan region, grain farming, sown areas, gross harvest, yield, grain crops

Введение

В центральной части европейской территории Российской Федерации расположена Рязанская область, которая входит в состав Центрального федерального округа. Общая площадь Рязанской области составляет около 40,0 тыс. км² и характеризуется разнообразными ландшафтами. Рязанская область обладает плодородными почвами, на которых возделываются зерновые, пропашные, технические и другие сельскохозяйственные культуры. На территории региона преобладают умеренно континентальные климатические условия, которые выражаются пониженным температурным режимом зимой и оптимальными температурами летом,

которые благоприятны для ведения сельского хозяйства [1, 2].

Санкции европейских стран, затронувшие большинство регионов России, не миновали и производственные отрасли Рязанской области [3, 4]. Однако сельскохозяйственное производство справилось с внешним давлением и в настоящее время характеризуется как стабильная и рентабельная отрасль с развивающимися крупными агрохолдингами и фермерскими хозяйствами [5, 6].

Сельское хозяйство Рязанской области основывается на производстве продукции животноводства, включая молоко и мясо [7]. При этом растениеводческие хозяйства

не только выращивают сельскохозяйственные культуры для реализации, но и для обеспечения кормами сельскохозяйственных животных [8]. При этом зерновые культуры занимают около 40,8% от общего размера площадей в регионе. Однако по данным Натальи Николаевны Пашканг [9] существующие проблемы в зерновом хозяйстве Рязанской области носят в основном экономический характер и приводят не только к потерям урожая, но и к ухудшению качества зерна, что негативно отражается на устойчивости региона и его продовольственной безопасности. Разрабатываются мероприятия и программы поддержки сельскохозяйственного производителя, направленные на поддержку растениеводческой отрасли Рязанской области [10, 11]. В связи с вышеизложенным необходимость исследования развития зернового сектора Рязанской области представляется очевидной и определяет потребность в углубленном анализе.

Целью исследования является изучение изменений в ключевых параметрах зернового хозяйства Рязанской области в период с 2000 по 2023 г. В рамках работы предполагается исследовать динамику посевных площадей, определяя их расширение или сокращение.

Задачи исследования:

1. Проанализировать показатели урожайности зерновых культур, оценивая их влияние на общий объем производства. Важным аспектом исследования станет изучение валового сбора зерна, отражающего общий объем произведенной продукции в регионе.
2. Изучить структуры посевов, выявление изменений в соотношении различных видов зерновых культур, таких как пшеница, рожь, ячмень и др. Полученные данные позволят оценить приоритеты сельскохозяйственного производства в Рязанской области и их влияние на экономику региона.
3. Исследовать объем производства зерновых культур, что позволит определить основные тенденции развития зернового сектора в Рязанской области за указанный период.

Материалы и методы исследования

В рамках данного исследования были проанализированы данные по Рязанской области: размеры территорий, используемых для выращивания зерновых, общий объем собранного зерна и показатели продуктивности зерновых культур.

В ходе исследования были применены сравнительный анализ, метод аналитического сопоставления и анализ динамических временных рядов. Подтверждение надежности представленных результатов достигалось посредством использования проверенных методик статистического анализа, применения официальной информации, предоставленной Территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Рязанской области, а также путем тщательной оценки обоснованности сделанных заключений.

Практическая значимость исследования определяется возможностью использования полученных результатов для оптимизации и повышения стабильности зернового производства в Рязанской области. Это, в свою очередь, способствует улучшению социально-экономических показателей региона и укреплению продовольственной независимости государства. Полученные в ходе исследования данные могут служить основой для разработки и внедрения инновационных агротехнологий, направленных на увеличение урожайности зерновых культур и снижение производственных затрат. Реализация предложенных мер позволит повысить рентабельность зернового производства, создать новые рабочие места в сельской местности и улучшить благосостояние сельских жителей. Кроме того, результаты исследования могут быть использованы для разработки региональных программ развития сельского хозяйства, направленных на обеспечение продовольственной безопасности и повышение конкурентоспособности продукции рязанских аграриев на внутреннем и внешнем рынках. Внедрение результатов исследования в практику позволит обеспечить устойчивое развитие зернового производства в Рязанской области и внести существенный вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны.

Результаты исследования и их обсуждение

Рязанская область обладает значительными угодьями сельскохозяйственного назначения, на которых выращиваются различные сельскохозяйственные культуры [9]. Общая посевная площадь в 2023 г. в Рязанской области составила 1127,7 тыс. га, при этом растениеводство преимущественно ориентировано на выращивание зерновых культур, под которые отведено 653,3 тыс. га, то есть 57,9% занимают зерновые культуры (таблица).

Посевные площади в хозяйствах всех категорий Рязанской области [12]

Годы	Общая посевная площадь, тыс. га	Площадь под зерновые культуры, тыс. га	Соотношение площади зерновых культур к общей площади, %
2000	981,0	498,1	50,8
2005	808,2	439,8	54,4
2010	767,7	494,0	64,3
2012	815,3	497,1	61,0
2013	841,3	503,1	59,8
2014	809,5	444,5	54,9
2015	855,6	510,4	59,7
2016	871,5	517,7	59,4
2017	908,0	529,5	58,3
2018	904,7	529,6	58,5
2019	970,8	587,9	60,6
2020	1020,4	642,3	62,9
2021	1082,4	657,9	60,8
2022	1134,0	677,7	59,8
2023	1127,7	653,3	57,9

Анализ данных, представленных в таблице, позволяет выявить следующие изменения в общей посевной площади Рязанской области за исследуемый период. В начале 2000-х гг., с 2000 по 2005 г., наблюдалось заметное уменьшение обрабатываемых земель: с 981,0 тыс. га до 808,2 тыс. га. В последующие пять лет (2005–2010 гг.) тенденция к сокращению продолжилась, достигнув своего минимума к 2010 г., когда общая посевная площадь составила 767,7 тыс. га.

Однако начиная с 2010 г. ситуация изменилась, и начался процесс восстановления, в результате которого к 2023 г. площадь посевов увеличилась до 1127,7 тыс. га. Что касается зерновых культур, то их посевные площади в Рязанской области в целом демонстрировали тенденцию к росту в период с 2000 по 2021 г., особенно заметную в последние два года этого периода (2019–2021 гг.). В 2014 г. произошло резкое, но кратковременное сокращение посевных площадей под зерновые, после чего уже в 2015 г. началось восстановление, и площадь вновь стала увеличиваться. Максимальная площадь, занятая зерновыми культурами, была зафиксирована в 2022 г. и составила 677,7 тыс. га. В 2023 г. произошло незначительное снижение – до 653,3 тыс. га.

В структуре посевов Рязанской области доминируют озимые культуры, в частности озимая пшеница и озимая рожь. В 2000 г. озимые зерновые занимали 295,6 тыс. га, а к 2022 г. их площадь увеличилась

до 348,1 тыс. га, что соответствует росту в 1,2 раза (рис. 1).

Однако для 2023 г. наблюдалась тенденция снижения посевов озимых зерновых культур, которые занимали только 155,6 тыс. га, что связано с гибелью посевов в результате образования ледяной корки, толщина которой в некоторых районах области достигала 1,5 см. В качестве пересеваемой зерновой культуры использовали яровой ячмень, который более устойчив к климатическим условиям [1]. В 2023 г. посевные площади, отведенные под яровой ячмень, демонстрируют рост до 184,9 тыс. га, что превышает показатели 2000 г. в 1,5 раза. Начиная с 2000-х гг. наблюдается устойчивая тенденция к увеличению площадей, занятых кукурузой, выращиваемой на зерно. Если в 2000 г. под кукурузу на зерно было отведено лишь 0,7 тыс. га, то к 2023 г. эта площадь расширилась до 40,4 тыс. га, что в абсолютном выражении представляет собой прирост на 39,7 тыс. га.

Важным показателем развития зернового хозяйства Рязанской области является оценка валового сбора сельскохозяйственных культур. Валовый сбор зерновых культур зависит от посевной площади и урожайности, на которую существенно влияют метеорологические условия вегетационного года. Валовый сбор зерновых культур в Рязанской области составил 684,8 тыс. т (рис. 1), который максимально складывался из пшеницы и ячменя, а в последние годы и валового сбора кукурузы на зерно (рис. 2).

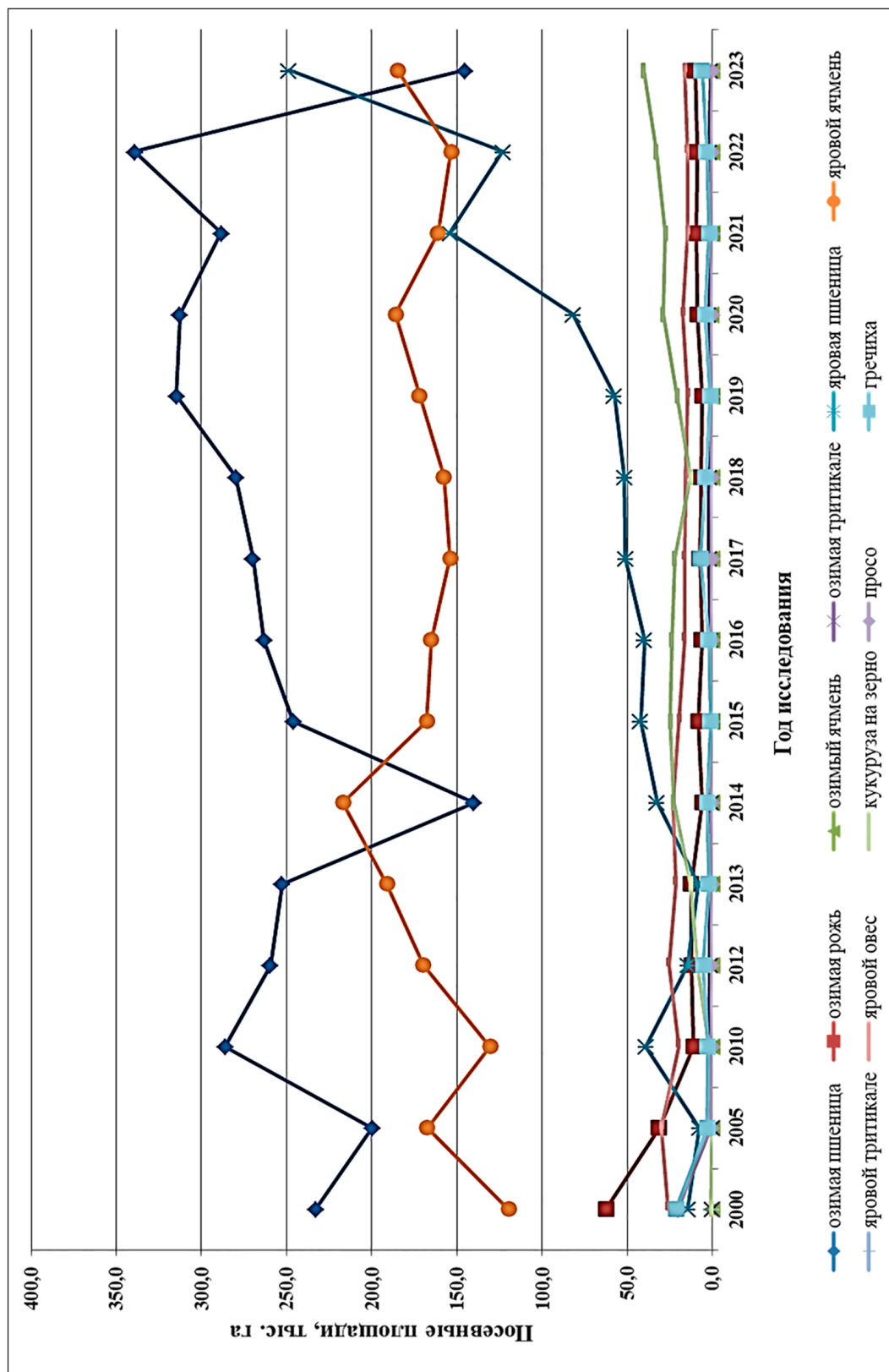


Рис. 1. Посевные площади зерновых культур Рязанской области в 2000–2023 гг. [13]

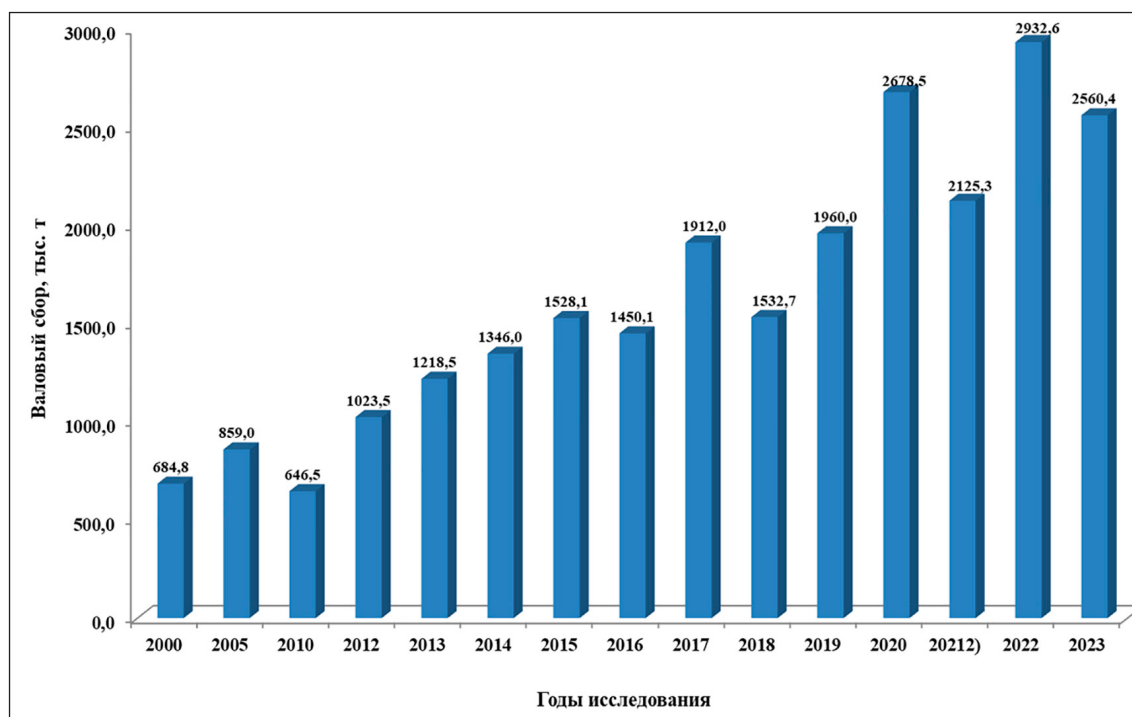


Рис. 2. Общий валовый сбор зерновых культур Рязанской области [13]

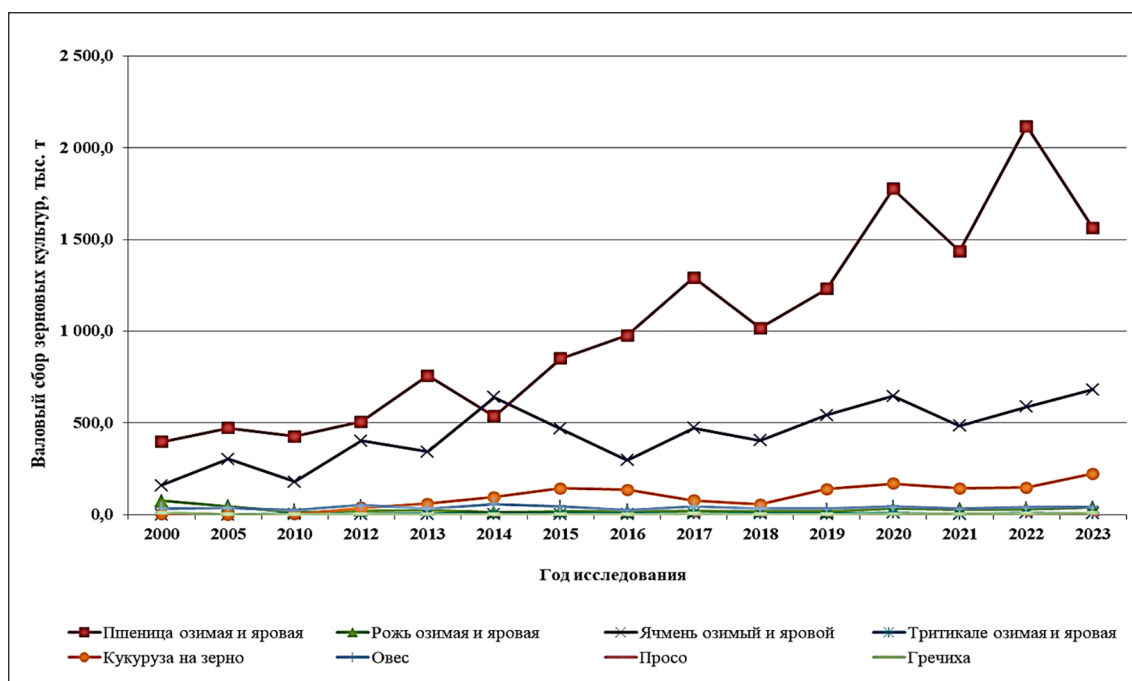


Рис. 3. Валовый сбор зерновых культур в Рязанской области [13]

Максимальный валовый сбор за анализируемый период был получен в 2022 г. и составил 2932,6 тыс. т (рис. 2), что связано с высокой урожайностью озимой пшеницы, ярового ячменя и кукурузы на зерно (рис. 3).

Проведенная оценка валового сбора отдельно по каждой зерновой культуре пока-

зывает, что он характеризуется скачкообразными тенденциями, которые зависят от применяемых агротехнологических мероприятий и метеорологических условий в течение периода роста и развития растений.

Проанализирована средняя урожайность зерновых культур по каждой культуре

отдельно. Полученные результаты представлены на рис. 4 и 5. В 2000 г. сбор зерновых в среднем составлял 16,7 ц/га. Наивысший показатель был зафиксирован в 2022 г., когда урожайность достигла 42,7 ц/га. Этот рекорд стал возможен благодаря высокой продуктивности озимой и яровой пшеницы, ячменя и кукурузы, выращенных для получения зерна. В 2023 г. средний показатель урожай-

ности зерновых культур составил 39,2 ц/га. Несмотря на снижение урожайности озимой и яровой пшеницы, а также ячменя по сравнению с результатами 2022 г., фермеры отметили существенный рост урожайности яровой ржи, которая достигла 65,0 ц/га. Благоприятные условия также способствовали увеличению урожайности кукурузы, используемой для производства зерна, до 74,8 ц/га.

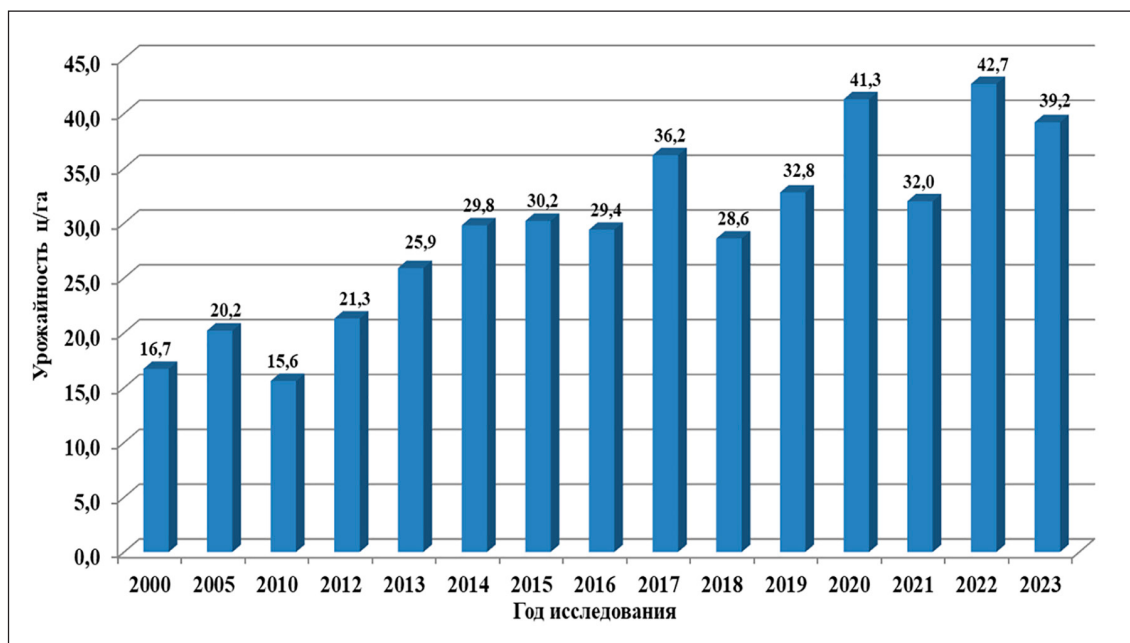


Рис. 4. Общая урожайность зерновых культур по годам в Рязанской области [13]

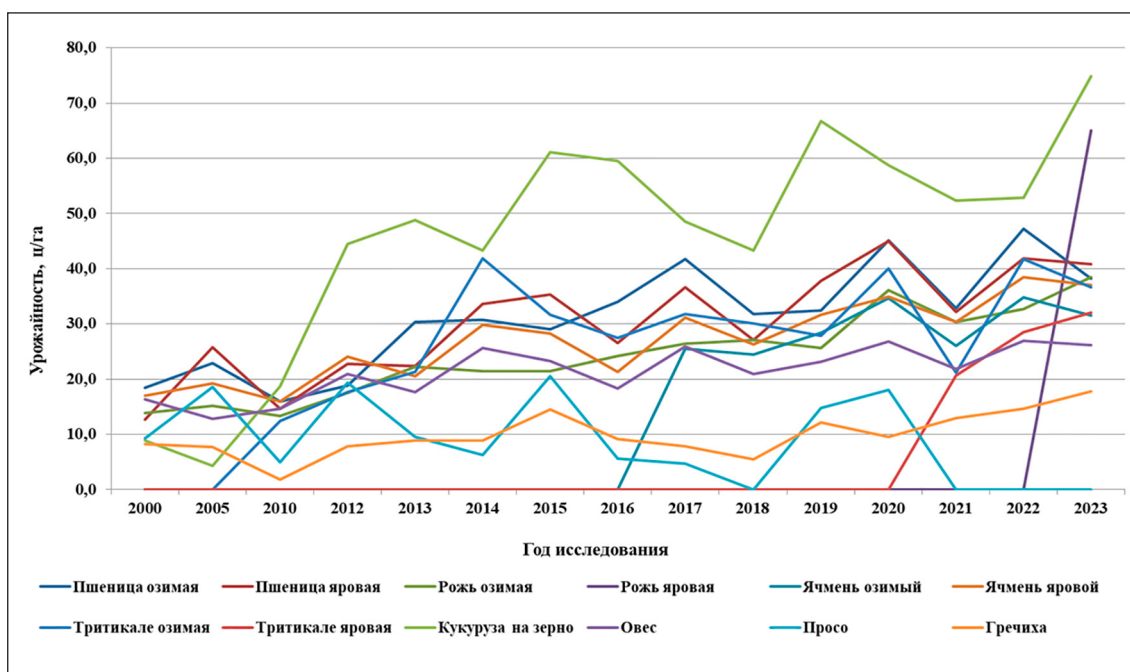


Рис. 5. Урожайность зерновых культур Рязанской области [13]

Объем производства зерновых культур напрямую зависит от площади посевов, что является определяющим экстенсивным фактором. В то же время урожайность, как интенсивный фактор, оказывает существенное влияние на валовой сбор зерна, и ее уровень обусловлен климатическими условиями, сортовыми характеристиками, применением минеральных удобрений и соблюдением сроков посевной кампании.

Анализ текущего состояния зернового производства в Рязанской области позволяет сформулировать ряд научно обоснованных предложений, направленных на повышение его эффективности и стабильности. Эти предложения можно систематизировать по следующим направлениям: увеличение урожайности и улучшение качества зерна, сокращение потерь зерна в процессе уборки, транспортировки и хранения, укрепление экономической устойчивости зернового сектора, повышение экологической устойчивости зернового производства, активизация государственной поддержки отрасли.

Представленные рекомендации взаимосвязаны и требуют комплексной реализации. Их внедрение позволит повысить результативность и стабильность зернового производства в Рязанской области, укрепить продовольственную безопасность региона и улучшить социально-экономическую ситуацию в сельских территориях.

Заключение

Более половины посевов Рязанской области занимают зерновые культуры, поэтому для роста рентабельности выращивания озимых и яровых культур необходимо разрабатывать программы поддержки и развития агрохолдингов и фермерских хозяйств. К основным зерновым культурам Рязанской области относятся озимая пшеница и яровой ячмень, а также кукуруза на зерно, которую активно вводят в сельскохозяйственное производство. В целом высокая урожайность зерновых в Рязанской области по сравнению с общероссийскими показателями обусловлена климатическими условиями, почвенными характеристиками и применением передовых технологий. Имеющаяся разница в урожайности между сельскохозяйственными организациями и фермерскими хозяйствами связана с различиями в доступе к ресурсам и технологиям. В целом данные аспекты могут стать основой для разработки стратегий по повышению эффективности производства зерновых в регионе, улучшения технологий, поддержки фермерских хо-

зяйств и укрепления продовольственной безопасности. Таким образом, развитие зернового хозяйства в Рязанской области обладает уверенными темпами роста, что создает основу для устойчивого развития. Для эффективного решения возникающих проблем требуется сотрудничество между государством, научными учреждениями и сельскохозяйственными производителями для создания устойчивой системы поддержки и развития зернового хозяйства в Рязанской области.

Список литературы

1. Гравшина И.Н., Денисова Н.И. Аналитический обзор показателей развития растениеводства в Рязанской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 1. С. 26–33. EDN: ZDWPVX.
2. Макарова О.В., Макаров В.А., Гаспарян С.В. Проблемные аспекты использования научно-технических достижений в зернопродуктовом подкомплексе // ЦИТИС. 2021. № 1 (27). С. 412–424. DOI: <http://doi.org/10.15350/2409-7616.2021.1.37>. EDN: ZQHVNK.
3. Лактюшина Е.В. Оценка роли и значения крестьянских (фермерских) хозяйств в продовольственном обеспечении населения Рязанской области // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. 2019. № 1 (28). С. 53–60. DOI: 10.21777/2587-554X-2019-1-53-60. EDN: AGFDUM.
4. Солодкова М.С., Солодкова С.С. Анализ влияния санкций на экономическую ситуацию в Рязани // Актуальные вопросы экономических наук. 2015. № 46. С. 45–48. EDN: UXLJXX.
5. Денисова Н.И., Гравшина И.Н., Лактюшина Е.В. Экономические аспекты растениеводства и продовольственного самообеспечения региона // Аграрный вестник Северного Кавказа. 2017. № 2 (26). С. 197–200. EDN: YULJFP.
6. Худякова Е.В., Никаноров М.С. Анализ технической оснащенности сельскохозяйственного производства Рязанской области // Известия Международной академии аграрного образования. 2021. № 54. С. 172–176. EDN: CHKYKB.
7. Гравшина И.Н. Сельское хозяйство Рязанской области: тенденции и перспективы развития // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. 2017. № 2 (21). С. 63–67. EDN: YSRSQL.
8. Серегина Т.А., Мажайский Ю.А. Некоторые итоги использования земельных ресурсов в аграрной сфере Рязанской области // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2020. Т. 44. № 2. С. 56–61. DOI: 10.32935/2221-7312-2020-44-2-56-61. EDN: IHWZYU.
9. Пашканг Н.Н., Мартынушкин А.Б., Романова Л.В., Троян М.В. Состояние зернового хозяйства в Рязанской области: основные проблемы и пути их решения // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2022. № 2 (24). С. 35–50. DOI: 10.36718/2500-1825-2022-2-35-50. EDN: MKXGWO.
10. Госпрограмма Рязанской области «Развитие агропромышленного комплекса» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ryazagro.ru/target-programs/regionalnye-tselevye-programmy/gosudars-tvennaya-programma-ryazanskoy-oblasti-razvitie-agropromyshlennogo-kompleksa/> (дата обращения: 15.04.2025).
11. Стратегия развития Рязанской области до 2030 г. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ryazagro.ru/upload/iblock/8c5/str_ro_2030.pdf. (дата обращения: 15.04.2025).
12. Структура продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств Орловской области [Электронный ресурс]. URL: https://57.rosstat.gov.ru/sh_ohota_lh. (дата обращения: 15.04.2025).
13. Валовой сбор сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий Орловской области [Электронный ресурс]. URL: https://57.rosstat.gov.ru/sh_ohota_lh. (дата обращения: 15.04.2025).

УДК 633.13/.14
DOI 10.17513/use.38391

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ «СИЛАТРАН» НА ОВСЕ И ОЗИМОЙ РЖИ

¹Широков Ю.А., ¹Захарова Е.А., ²Мурко Е.В.

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, e-mail: shirokov001@mail.ru;

²АНО ВО «Университет мировых цивилизаций имени В.В. Жириновского», Москва

Целью исследования является повышение урожайности овса и озимой ржи без увеличения доз минеральных удобрений за счет безопасных для человека и животных бионутриентов, основанных на силатранах. В задачи исследования входило выявление влияния силатранов на урожайность и определение вклада биометрических показателей продуктивности растений в урожай и изучение влияния биологически активного вещества на основные показатели качества зерна озимой ржи и овса. В результате исследований установлено, что обработка семян препаратом «Силатран» вызывает значительное и достоверное повышение полевой всхожести семян овса. Бионутриент способствует усилению роста корневой системы растений овса на начальных и последующих этапах вегетации. Получена достоверная прибавка (2,2 ц/га) урожая овса в варианте с обработкой посевов «Силатраном» в фазу кущения растений. К существенному повышению урожайности привело 3-кратное использование данного препарата (обработка семян и обработка посевов в кущение и выметывание). На посевах озимой ржи достоверные прибавки получены в вариантах с 2-кратной обработкой посевов «Силатраном». Установлено существенное повышение белковости зерна озимой ржи при 2-кратной обработке посевов препаратом «Силатран». В целом можно отметить, что на изучаемых культурах показана возможность заметного повышения урожайности без увеличения доз минеральных удобрений. Это может снизить химическую нагрузку в растениеводстве с соответствующими экологическими последствиями.

Ключевые слова: урожайность, минеральные удобрения, дозы, снижение, силатраны

THE EFFECTIVENESS OF THE PLANT GROWTH STIMULATOR SILATRAN ON OATS AND WINTER RYE

¹Shirokov Yu.A., ¹Zakharova E.A., ²Murko E.V.

¹Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, e-mail: shirokov001@mail.ru;

²University of World Civilizations named after V.V. Zhirinovskiy, Moscow

The aim of the research is to increase the yield of oats and winter rye without increasing the doses of mineral fertilizers due to bionutrients based on silatranes, which are safe for humans and animals. The objectives of the research were to identify the effect of silatranes on yield and to determine the contribution of biometric indicators of plant productivity to the harvest and to study the effect of biologically active substances on the main indicators of grain quality of winter rye and oats. As a result of research, it was found that seed treatment with Silatran causes a significant and significant increase in field germination of oat seeds. The bionutrient enhances the growth of the root system of oat plants at the initial and subsequent stages of vegetation. A reliable increase (2.2 c/ha) of the oat harvest was obtained in the variant with the treatment of Silatran crops in the tillering phase of plants. 3-fold use of this drug (seed treatment and tillering and sweeping of crops) has led to a significant increase in yield. On winter rye crops, reliable increases were obtained in variants with 2-fold treatment of Silatran crops. A significant increase in the protein content of winter rye grain was found with 2-fold treatment of crops with Silatran preparation. In general, it can be noted that the studied crops show the possibility of a noticeable increase in yield without increasing doses of mineral fertilizers. This can reduce the chemical load in crop production with corresponding environmental consequences.

Keywords: yield, mineral fertilizers, doses, reduction, silatrans

Введение

Традиционная химизация растениеводства ведет к химизации и продуктов питания, нарушению экологического баланса и, как следствие, к серьезному ухудшению здоровья населения и трактористов-машинистов, работающих в поле [1–3]. Однако очевидно, что без применения минеральных удобрений невозможно не только повысить объем производимой сельским хозяйством продукции, но и обеспечить продоволь-

ственную безопасность страны [4–6]. Минимизировать применение агрохимии без ущерба для урожайности можно за счет препаратов, повышающих эффективность усвоения питательных веществ из минеральных удобрений и повышения устойчивости растений к болезням [7–9]. Такими препаратами могут стать природные и синтетические бионутриенты: органические соединения, которые в малых дозах (5–20 г/га) активно влияют на обмен веществ в растениях, по-

вышая эффективность использования минеральных удобрений, а за счет повышения иммунитета и климатической устойчивости снижается потребность и в ядохимикатах [10–12]. Также такие бионутриенты могут быть использованы при применении шахтных и карьерных стоков, образующихся при ведении горных работ и используемых при биологическом этапе рекультивации нарушенных земель в целях орошения растений для их лучшей приживаемости [13, 14].

Цель исследования – изучить эффективность стимулятора роста растений «Силатран» на овсе и озимой ржи.

Задачи исследования:

- выявить влияние препарата на урожайность и определить вклад биометрических показателей продуктивности растений в урожай;

- оценить ретардантные свойства действующего вещества препарата;

- изучить влияние биологически активного вещества на основные показатели качества зерна озимой ржи и овса.

Кроме того, на посевах ржи, в отличие от овса, было намечено установить устойчивость растений к болезням при применении препарата «Силатран» без протравливания семян.

Материалы и методы исследования

Для реализации поставленных задач были проведены полевые опыты с использованием методики полевого опыта по Б.А. Доспехову, методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, также использован метод организованных повторений [15].

Таблица 1

Схема опыта для изучения эффективности препарата «Силатран» на овсе и озимой ржи

п/п	Вариант обработки	Агротехнический срок	Цель агроприема
1	2	3	4
ОВЕС			
1	Без обработки	–	Контроль – сравнение опытных вариантов
2	Протравливание семян «Винцитом»	За 1–2 дня до посева	Эталон – химический контроль
3	Протравливание семян «Силатраном»	Перед посевом	Изучение урожайных, адаптивных, фунгицидных свойств препарата
4	Протравливание семян и обработка посевов «Силатраном»	Семена – перед посевом; посевы – кушение	Изучение урожайных адаптивных, фунгицидных свойств препарата при сочетании способов обработки
5	Обработка посевов «Силатраном»	Кушение	Изучение урожайных, адаптивных, фунгицидных свойств препарата
	Обработка посевов «Тилтом»	Выметывание	Эталон – химический контроль
7	Протравливание семян и обработка посевов «Силатраном»	Протравливание семян – перед посевом; обработка посевов – кушение и выметывание	Опытный вариант – изучение урожайной и биологической эффективности препарата при кратном применении
ОЗИМАЯ РОЖЬ			
8	Без обработки	–	Контроль – сравнение опытных вариантов
9	Обработка посевов «Силатраном»	Весеннее кушение	Опытный вариант – изучение урожайных, адаптивных, фунгицидных свойств препарата
10	Обработка посевов ретардантом «Це-Це-Це»	2-е междоузлие	Эталон – химический контроль при оценке устойчивости к полеганию
11	Обработка посевов «Силатраном»	Колошение	Опытный вариант – изучение урожайных и фунгицидных свойств препарата
12	Обработка посевов «Силатраном»	Кушение и колошение	Опытный вариант – изучение урожайных и фунгицидных свойств препарата при кратном применении

Опыты проведены в 2019–2021 гг. в почвенно-климатических условиях Кировской области. Специфичность агроклиматических условий региона заключается в относительно низком уровне плодородия почв (содержание гумуса в среднем 2,3 %, подвижного фосфора – 119 мг/кг, обменного калия – 121 мг/кг); низкой биологической активности и повышенной кислотности почвенной среды ($pH = 5$). В опыте применяли дозы минеральных удобрений под овес $N - 49,94$, $P_2O_5 - 55,4$, $K_2O - 55,94$; дозы минеральных удобрений под рожь $N - 25,6$ кг/га; $P_2O_5 - 12,62$ кг/га; $K_2O - 25,80$ кг/га. В качестве минеральных удобрений использовали аммонизированный суперфосфат, карбамид и хлорид калия.

В качестве стимулятора роста применяли 1-хлорметилсилатран, далее «Силатран». Обработку семян производили водным раствором «Силатрана» из расчета 20 г / 10 л/т. Обработку растений производили водным раствором «Силатрана» из расчета 10 г / 300 л/га.

В процессе проведения опыта изучались:

1. Фенологические наблюдения.
2. Оценка устойчивости к полеганию и состояния растений перед уборкой.
3. Учет урожая.
4. Учет показателей качества зерна.

Объектами изучения были озимая рожь (Вятка 2) и овес (Кречет). Исследования проводились в течение 2019–2021 гг.

Схема полевых опытов представлена в табл. 1. Схема опыта составлена с учетом принципа единственного различия. Учетная площадь делянок 10 м² (овес) и 20 м² (озимая рожь), повторность 3-кратная в течение трех лет. Размещение делянок в опытах по методу полной рандомизации. Всего в изучении было 36 делянок.

Результаты исследования и их обсуждение

Предпосевная обработка семян овса препаратом «Силатраном» в рекомендуемой дозе способствовала статистически достоверному повышению полевой всхожести – с 83,0 до 92,2 % (табл. 2).

Таблица 2

Влияние препарата «Силатран» на всхожесть семян овса Кречет (среднее из трех повторений за 3 года)

Вариант	Растений на м ²		Полевая всхожесть		Лабораторная всхожесть	
	шт.	в % к контролю	%	в % к контролю	%	в % к контролю
Контроль – без обработки	498	–	83,0	–	93,0	–
Протравливание семян «Винцитом»	458	92	76,3	92	92,1	99
Протравливание семян «Силатраном»	553	111	92,2	111	93,6	101
$НСР_{05}$	10,1					

Таблица 3

Полнота всходов овса на учетных площадках ($S = 0,56$ м²)

№ дел.	Вариант обработки	Всего растений, шт.	в среднем, шт.	в % к контролю
1	Контроль – без обработки	279	93,0	–
2	Протравливание семян «Винцитом»	257	85,7	92,2
3	Протравливание семян «Силатраном»	310	103,3	111,1
4	Протравливание семян и обработка посевов «Силатраном»	322	107,3	115,4*
5	Обработка посевов «Силатраном» (кущение)	262	87,3	93,9
6	Обработка посевов «Тилтом» (выметывание)	257	85,7	92,2
7	3-кратная обработка «Силатраном»	321	107	115,1*
8	$P = 5,65\%$ $НСР_{05}$		15,1	

Примечание. * – достоверно к контролю при $P > 0,95\%$.

Таблица 4

Агробиологическая характеристика посевов овса Кречет

№ дел.	Вариант	Дата наступления фаз *		Состояние посевов перед уборкой, балл **	Устойчивость к полеганию, балл **
		Выметывание	Восковая спелость		
1	Контроль – без обработки	26.06. ... 27.06.	08.08.	3,7	3,3
2.	Протравливание семян «Винцитом»	26.06. ... 27.06.	07.08. ... 08.08.	3,7	3,3
3	Протравливание семян «Силатраном»	25.06. ... 26.06.	08.08.	3,7	3,3
4	Протравливание семян и обработка посевов «Силатраном» (кущение)	25.06.	08.08.	3,4	2,8
5	Обработка посевов «Силатраном» (кущение)	25.06. ... 26.06.	08.08.	3,7	3,8
6	Обработка посевов «Тилтом» (выметывание)	26.06. ... 27.06.	08.08.	3,7	3,7
7	3-кратная обработка «Силатраном»	25.06.	07.08. ... 08.08.	3,0	2,7

Примечание. * – диапазон дат между повторениями в опыте; ** – 5-балльная шкала (среднее из трех повторений).

Таблица 5

Изучение ростостимулирующих свойств препарата «Силатран» на посевах овса Кречет (среднее из трех повторений)

Вариант обработки	Длина зеленой массы по фазам						Длина корневой системы по фазам					
	Фаза трех листьев		Выметывание		Полная спелость		Фаза трех листьев		Выметывание		Полная спелость	
	см	% к конт.	см	% к конт.	см	% к конт.	см	% к конт.	см	% к конт.	см	% к конт.
Контроль – без обработки	9,2	-	7,2	-	3,5	—	3,3	-	4,7	-	6,8	—
«Винцит» – протравливание семян	6,7*	7,0	7,4	100,3	2,8	9,0	3,3	0	5,0	106,4	6,9	101,5
«Силатран» – протравливание семян	8,8	3,8	9,1	102,8	3,3	100	4,4*	133,3	5,2	110,6	6,9	101,5
«Силатран» – протравливание семян + обработка посевов(кущение)	-	-	7,3	100	5,1	102,2	-		6,8*	44,7	7,5*	110,3
«Силатран» – обработка посевов (кущение)	-	-	66,3	98,7	74,8	101,8	-		6,0*	27,7	7,2*	105,9
«Силатран» – протравливание семян + обработка посевов (кущение и колошение)	-	-	-	-	72,6	98,8	-		-	-	7,0	102,9

Примечание. * – достоверно к контролю при $P > 0,95\%$.

Таблица 6

Динамика роста растений озимой ржи сорта Вятка 2
(среднее из трех повторений)

Вариант обработки	Высота растений, см						Устойчивость к полеганию, балл
	Колошение		Цветение		Полная спелость		
	см	в % к конт.	см	в % к конт.	см	в % к конт.	
Контроль – без обработки	131	—	174	—	182	—	2,0
Обработка посевов «Силатраном» (кущение)	130	99	170	99	178	98	2,3
Обработка посевов ретардантом «Це- Це-Це» (2-е междоузлие)	114*	87	166	95	175	96	2,8
Обработка посевов «Силатраном» (колошение)	125	95	174	101	177	97	2,3
2-кратная обработка посевов «Силатраном» (кущение и колошение)	126	96	182*	105	181	99	3,7
НСР ₀₅	4,6		8,3		5,5		0,88

Примечание. * – достоверно к контролю при $P > 0,95\%$.

Количество растений на учетных площадках ($S = 0,56 \text{ м}^2$) в вариантах с протравливанием семян «Силатраном» (деланки 3, 4, 7) существенно превышало контрольный и эталонные варианты (табл. 3). Установлено, что бионутриент не оказывал влияния на динамику роста надземной биомассы растений овса в процессе онтогенеза растений (табл. 4).

Наступление фаз вегетации растений было близко к среднесезонным значениям (табл. 5, 6). На фоне применения препарата «Силатраном» отмечено более раннее (на 1–2 дня) выметывание метелки у овса. В результате даты наступления восковой и полной спелости зерна были примерно одинаковыми в опытных и контрольных вариантах.

Таким образом, полагаем, что биокремнийорганический бионутриент индуцирует повышение полевой всхожести семян и способствует более интенсивному росту корневой системы растений овса. Можно высказать также обоснованное предположение, что препарат не обладает ярко выраженными ретардантными свойствами и не способствует повышению устойчивости растений озимой ржи и овса к полеганию.

Несмотря на применение ростовых веществ, устойчивость растений к полеганию в обоих опытах была крайне низкой: от 2,0 до 3,7 баллов (озимая рожь) и от 2,7 до 3,8 баллов (овес) при 5-балльной шкале учета. Более высокая устойчивость (3,7 балла) наблюдалась у озимой ржи в варианте с 2-кратной обработкой посевов препаратом «Силатран», у овса – при обработке посевов в фазу кушения (3,8 балла) (табл. 7).

За весь период опытов наступление фаз вегетации растений было близко к среднесезонным значениям. На фоне применения препарата «Силатран» отмечено более раннее (на 1–2 дня) выметывание метелки у овса. Однако последующие условия вегетации (обильные дожди, высокая влажность почвы и воздуха) нивелировали данный факт. В результате даты наступления восковой и полной спелости зерна были примерно одинаковыми в опытных и контрольных вариантах.

На основании представленных результатов полагаем, что биокремнийорганический препарат «Силатран» индуцирует повышение полевой всхожести семян и способствует более интенсивному росту корневой системы растений овса.

Можно высказать также обоснованное предположение, что препарат не обладает ярко выраженными ретардантными свойствами и не способствует повышению устойчивости растений озимой ржи и овса к полеганию.

Изучение фунгицидных свойств и биологической эффективности препарата «Силатран» показало следующие результаты. В период вегетации растений озимой ржи и овса проводили диагностику, учет распространения и развития всех болезней, проявившихся в слабой или сильной степени. В результате исследований выявлено, что обработка семян препаратом Мивал-Агро незначительно снижала развитие корневых инфекций у овса в течение всего патологического процесса (табл. 8).

Таблица 7

Агробиологическая характеристика посевов овса Кречет

№ Дел.	Вариант	Дата наступления фаз *		Состояние посевов перед уборкой, балл **	Устойчивость к полеганию, балл **
		выметывание	восковая спелость		
1	Контроль – без обработки	26.06 ... 27.06	08.08	3,7	3,3
2	Протравливание семян «Винцитом»	26.06 ... 27.06	07.08 ... 08.08	3,7	3,3
3	Протравливание семян «Силатраном»	25.06 ... 26.06	08.08	3,7	3,3
4	Протравливание семян и обработка посевов «Силатраном» (кущение)	25.06	08.08	3,4	2,8
5	Обработка посевов «Силатраном» (кущение)	25.06 ... 26.06	08.08	3,7	3,8
6	Обработка посевов «Тилтом» (выметывание)	26.06 ... 27.06	08.08	3,7	3,7
7	3-кратная обработка «Силатраном»	25.06	07.08 ... 08.08	3,0	2,7

Примечание. * – диапазон дат между повторениями в опыте; ** – 5-балльная шкала (среднее из трех повторений).

Таблица 8

Изучение фунгицидных свойств препарата «Силатран» на посевах овса Кречет (среднее из трех повторений)

Вариант обработки	Динамика развития корневых гнилей						Интенсивность развития, %	
	фаза трех листьев		выметывание		полная спелость		красно-бурой пятнистости	корончатой ржавчины
	поражение, %	развитие болезни, %	поражение, %	развитие болезни, %	поражение, %	развитие болезни, %		
Контроль – без обработки	22,7	9,6	21,3	5,0	54,1	22,5	20,0	41,8
«Винцит» – протравливание семян	4,9*	3,2*	5,7*	1,4*	45,0*	17,7*	20,0	41,8
«Силатран» – протравливание семян	21,7	7,1*	21,0	3,7	49,3	16,7*	20,0	39,5
«Силатран» – протравливание семян + обработка посевов (кущение)	–	–	17,9	5,7	48,3	21,3	20,0	40,6
«Силатран» – обработка посевов (кущение)	–	–	–	–	–	–	18,3	39,3
«Тилт» – обработка посевов (выметывание)	–	–	–	–	47,5	22,9	10,0*	5,4*
«Силатран» – протравливание семян и обработка посевов (кущение и выметывание)	–	–	–	–	47,3	20,0	18,3	42,5
НСР ₀₅	5,9	1,9	7,8	2,7	8,3	3,7	5,5	6,9

Обработка посевов «Силатраном» в период вегетации растений также не оказывала существенного влияния на фитосанитарное состояние агроценозов овса и озимой ржи. Развитие красно-бурой пятнистости и корон-

чатой ржавчины на посевах овса Кречет в вариантах с применением «Силатрана» было на уровне контроля. Незначительное снижение листовой инфекции в отдельных вариантах химизации статистически не доказано.

Таблица 9

Влияние препарата «Силатран» на развитие листовых болезней озимой ржи Вятка 2 (среднее из трех повторений)

Вариант обработки	Степень поражения, %		
	Мучнистой росой	Бурой ржавчиной	Стеблевой ржавчиной
Контроль – без обработки	24,0	56,7	36,7
Обработка посевов «Силатраном» (кущение)	24,5	56,7	33,3
Обработка посевов ретардантом «Це-Це-Це» (2-е междоузлие)	27,7*	53,3	46,7*
Обработка посевов «Силатраном» (колошение)	20,1*	53,3	33,3
2-кратная обработка посевов «Силатраном» (кущение и колошение)	22,8	53,3	33,3
НСР ₀₅	3,8	4,3	9,3

Примечание. * – достоверно к контролю при $P > 0,95\%$.

Таблица 10

Биологическая эффективность химических препаратов, %

Препарат	Мучнистая роса (озимая рожь)	Корневые гнили (овес)			Красно-бурая пятнистость (овес)	Корончатая ржавчина (овес)	Бурая ржавчина (озимая рожь)	Стеблевая ржавчина (озимая рожь)
		кущение	выметывание	спелость				
«Винцит»	–	78,5	74,1	16,9	0	0	–	–
«Силатран»	10,6	4,6	14,1	11,1	3,2	17,0	6,4	9,3
«Тилт»	–	–	–	–	45,4	93,3	–	–

Аналогичные результаты получены и у озимой ржи в опытных вариантах с «Силатраном» (табл. 9). Степень развития мучнисто-росяной и ржавчинной инфекции была в основном на уровне контроля, а изменение данного признака в ту или другую сторону носили несущественный характер.

В целом выявлена очень низкая (3,2–17,0%) биологическая эффективность бионутриента «Силатран» (табл. 10). Химический контроль «Винцит» обладал высокой (74,1–78,5%) биологической защитой от корневых инфекций до фазы выметывания метелки. Фунгицид «Тилт» является высокоэффективным (93,3%) по отношению к корончатой ржавчине, но малоэффективным (45,4%) по отношению к гельминтоспориозным пятнистостям листьев овса.

Влияние препарата «Силатран» на микрофлору зерна оценивали в лабораторных экспериментах (*in vitro*), оценивали общую (поверхностную и внутреннюю) инфицированность семян овса и озимой ржи перед посевом и таксономическую структуру микроорганизмов, контаминирующих зерно. Обнаружена достаточно высокая исходная инфицированность зерна (65% – овес; 55% – озимая рожь) (табл. 11). Протравли-

вание семян фунгицидом «Винцит» в 2 и более раза снизило количество инфицированных зерновок в анализируемой пробе. Препарат «Силатран» несущественно влиял на снижение общей зараженности зерна обеих культур.

При микробиологическом анализе инфицированных зерновок после протравливания их препаратом «Винцитом» и «Силатраном» обнаружены значительные изменения в видовой структуре патогенных комплексов. В патогенном комплексе исходных партий семян овса и ржи превалировала фузариозная инфекция. Доля ее в общем контаминанте у овса составляла около 56%, у озимой ржи – около 60%. Среди фузариозных грибов на семенах овса доминировал вид *F. oxysporium* (25,3%), а также виды секции *Sporotrichiella* (30,6%). Семена ржи были контаминированы в основном наиболее патогенными видами: *F. nivale* и *F. culmorum* (37,3%).

При протравливании семян фунгицидом «Винцит» в структуре микроорганизмов зерна обеих культур остались так называемые условно-патогенные грибы и некоторые виды бактерий. Возбудители корневых гнилей не обнаружены.

Таблица 11

Общая инфицированность и видовая (родовая) структура микроорганизмов зерна овса Кречет и озимой ржи Вятка 2 после протравливания «Винцитом» и «Силатраном» (среднее из пяти повторений)

Вариант протравливания семян	Общая инфицированность, %		Патогенный комплекс	Доля в патогенном комплексе, %	
	овес	озимая рожь		овес	озимая рожь
Контроль – без обработки	65	55	<i>Cladosporium spp.</i> <i>Helminthosporium spp.</i> <i>Fusarium oxysporum</i> <i>F. sporotrichichoides</i> <i>Fus.</i> (не идентиф.) <i>Alternaria spp.</i> Бактерии (не идент.) <i>F. culmorum</i> <i>F. nivale</i>	28,5 10,7 25,3 15,3 15,3 4,9 – – –	30,3 – 5,5 11,0 5,5 5,5 5,5 17,0 20,3
Протравливание семян «Винцитом»	30*	19*	<i>Alternaria spp.</i> <i>Penicillium spp.</i> <i>Cladosporium spp.</i> Бактерии (не идент.)	35,7 35,7 28,6 –	– 25,0 25,0 50,0
Протравливание семян «Силатраном»	58	46	<i>Cladosporium spp.</i> <i>Penicillium spp.</i> <i>Aspergillus spp.</i> <i>Fus.</i> (не идентиф.) Бактерии (не идент.) <i>F. nivale</i> <i>F. culmorum</i>	32,2 32,2 11,1 11,1 11,1 – –	30,3 20,5 19,0 4,6 4,6 11,0 10,0

Примечание. * – достоверно к контролю при $P > 0, 95\%$.

При обработке семян биокремнийорганическим препаратом «Силатран» также наблюдали изменения в структуре микроорганизмов. Доля фузариозной инфекции у ржи (*F. nivale* и *F. culmorum*) снизилась в 1,5 раза по сравнению с исходной зараженностью семян. Из семян обеих культур изолировали в основном сапрофитные грибы (около 70%) и некоторые виды бактерий. Вероятно, действующее вещество препарата «Силатран» индуцирует химическую иммунзацию в отношении наиболее патогенных групп и видов микроорганизмов зерна.

Результаты оценки урожайности исследуемых культур следующие. Наибольшая урожайность овса Кречет получена в вариантах с обработкой посевов фунгицидом «Тилт» (53,5 ц/га) и «Силатраном» (53,3 ц/га) (табл. 12). Полученные прибавки (2,4 и 2,2 ц/га) статистически достоверны по отношению к контролю и могут быть обоснованы улучшением фитосанитарной ситуации в посевах ввиду снижения распространения и развития корончатой ржавчины и повышения устойчивости растений к полеганию.

Обработка семян и посевов «Силатраном» существенного влияния на повышение урожайности овса не оказала: прибавка

0,8 ц/га статистически не доказана. «Насыщение» растений действующим веществом препарата «Силатран» в результате 3-кратного его применения (протравливание семян, обработка посевов в фазы кущения и выметывания) вызвали значительное снижение урожайности (на 6,4 ц/га).

В опытах с озимой рожью Вятка 2 наибольшая урожайность получена при обработке посевов ретардантом «Це-Це-Це» (36,5 ц/га) и в варианте с 2-кратным применением препарата «Силатран» (36,2 ц/га) (табл. 13). В этих вариантах отмечена более высокая устойчивость растений к полеганию: 2,8 и 3,7 балла. Однократная обработка посевов озимой ржи «Силатраном» в фазы кущения или колошения растений оказалась неэффективной.

Таким образом, можно сделать предварительный вывод или обоснованное предположение, что обработка посевов овса Кречет «Силатраном» в фазу кущения растений более эффективна, чем вариант с протравливанием семян. При этом 2-кратное применение препарата на овсе оказалось неэффективным, а на озимой ржи Вятка 2, наоборот, 2-кратная обработка способствовала существенному повышению урожайности этого длинностебельного сорта.

Таблица 12

Влияние препарата «Силатран» на урожайность овса Кречет
(среднее из трех повторений)

№ дел.	Вариант	Урожайность		
		ц/га	+/- к контролю	в % к контролю
1	Контроль – без обработки	51,1	–	–
2	Протравливание семян «Винцитом»	51,3	+ 0,2	100
3	Протравливание семян «Силатраном»	51,3	+ 0,2	100
4	Протравливание семян и обработка посевов «Силатраном» (кущение)	51,9	+ 0,8	102
5	Обработка посевов «Силатраном» (кущение)	53,3*	+ 2,2	104
6	Обработка посевов «Тилтом»	53,5*	+ 2,4	105
7	3-кратная обработка «Силатраном»	44,7*	– 6,4	88
НСР ₀		1,4		

Примечание. * – достоверно к контролю при $P > 0,95\%$.

Таблица 13

Влияние препарата «Силатран» на урожайность озимой ржи Вятка 2
(среднее из трех повторений)

№ дел	Вариант	Урожайность		
		ц/га	+/- к контролю	в % к контролю
1	Контроль – без обработки	33,3	–	–
2	Обработка посевов «Силатраном» (кущение)	29,6	-3,7	89
3	Обработка посевов ретардантом «Це-Це-Це» (2-е междоузлие)	36,5*	+3,2	109
4	Обработка посевов «Силатраном» (колошение)	34,1	+0,8	102
5	2-кратная обработка посевов «Силатраном» (кущение и колошение)	36,2*	+2,9	108
НСР ₀₅		2,8		

Примечание. * – достоверно к контролю при $P > 0,95\%$.

В наших исследованиях были обнаружены некоторые положительные взаимосвязи между признаками качества зерна ржи и овса и применением биологически активного препарата «Силатран». Так, обнаружено существенное повышение натурального веса зерна у овса Кречет в результате протравливания семян «Силатраном», что наглядно представлено в таблице 14. Однако крупность зерна в этом варианте практически не изменялась (масса 1000 зерен – 32,3 г), что свидетельствует о снижении его пленчатости. Низконатурное зерно (439 г/л) сформировалось при 3-кратном применении препарата «Силатран» (протравливание семян и обработка посевов в фазы кущения и выметывания). Изменчивость массы 1000 зерен у овса и ржи

в большинстве опытных вариантов статистически не доказана.

Двукратная обработка посевов озимой ржи препаратом «Силатран» обусловила снижение показателя «число падения». Возможно, это связано с увеличением крупности зерна в данном варианте. Как известно, между этими признаками существует достаточно тесная отрицательная зависимость. Тем не менее данный факт необходимо еще раз проверить в последующих испытаниях. Однако в данном варианте получено зерно с высоким содержанием белка. Отмечено повышение показателя «число падения» при обработке посевов ретардантом «Це-Це-Це», обусловленное, вероятно, более высокой устойчивостью растений к полеганию и снижением прорастания зерна в колосе.

Таблица 14

Изменчивость некоторых признаков качества зерна овса и ржи
при обработке семян и посевов «Силатраном»

Вариант обработки	Овес Кречет				Озимая рожь Вятка 2		
	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Содержание, %		Масса 1000 зерен, г	Число падения, с	Содержание белка, %
			белка	жира			
Контроль – без обработки	32,9	449	11,40	2,74	25,8	119	10,93
Протравливание семян «Винцитом»	33,3	440	11,55	2,69	–	–	–
Протравливание семян «Силатраном»	32,3	461*	11,43	2,51*	–	–	–
Обработка посевов «Силатраном» (кущение)	32,2	446	11,12*	3,01*	25,4	123	11,02
Протравливание семян + обработка посевов (кущение) «Силатраном»	31,8	443	11,29*	3,02*	–	–	–
Обработка посевов «Силатраном» (колошение)	–	–	–	–	24,8	120	11,08
2-кратная обработка посевов «Силатраном» (кущение и колошение)	–	–	–	–	26,3	106*	12,10*
3-кратная обработка «Силатраном» (протравливание + обработка посевов кущение и выметывание)	32,4	439	11,28*	3,03*	–	–	–
Обработка посевов «Це-Це-Це»	–	–	–	–	25,6	135*	11,02
Обработка посевов «Тилт»	33,8*	445	11,69*	2,97*	–	–	–

Примечание. * – достоверно к контролю при $P > 0,95$.

Несколько противоречивые данные о качестве зерна получены в опыте с овсом. Статистически достоверное повышение белковости зерна отмечено в вариантах с фунгицидами «Винцит» и «Тилт». Что касается препарата «Силатран», то незначительное увеличение содержания белка выявлено в варианте с протравливанием семян; обработка посевов в период вегетации растений обусловила снижение данного показателя. Содержание жира в зерне повышалось на всех вариантах химизации, за исключением протравливания семян «Силатраном» (достоверное снижение жирных кислот) и «Винцитом» (статистически не доказанное изменение). Объяснить изменения в биохимии зерна овса Кречет под влиянием изучаемых препаратов пока не представляется возможным. Исследования необходимо продолжить.

Заключение

Обработка семян препаратом «Силатран» вызывает значительное повышение (на 11%) полевой всхожести семян овса.

Бионутриент способствует усилению роста корневой системы овса в фазе трех листьев – кущение-выметывание и далее. Изменение длины зеленой массы статистически не доказано. Получена достоверная прибавка (2,2 ц/га) урожая овса Кречет в варианте с обработкой посевов «Силатраном» в фазу кущения растений. 3-кратное использование данного препарата (обработка семян и обработка посевов в кущение и выметывание) привело к существенному повышению урожайности. Наибольшая прибавка (2,4 ц/г) получена в варианте с обработкой посевов «Тилт». На посевах озимой ржи Вятка 2 достоверные прибавки получены в вариантах с 2-кратной обработкой посевов «Силатраном» (2,9 ц/га). В целом на изучаемых культурах показана возможность заметного повышения урожайности без увеличения доз минеральных удобрений.

Список литературы

1. Петров Н.Ю., Юдаев И.В., Кувшинова Е.К., Родионова С.А. Биологическая активность и влияние Гумавита

на прорастание семян // Известия Нижневолжского агро-университетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 83–94. URL: https://www.volgau.com/Portals/0/izv_auk/izv_auk_058/izv_auk_058_st_08.pdf?ver=2020-07-28-135723-167 (дата обращения: 24.05.2025).

2. Shirokov Y., Tikhnenko V. Analysis of methodological bases of energy-economic assessment of agricultural technologies and projects // E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021, Rostov-on-Don. EDP Sciences. 2021. Vol. 273. P. 8066. DOI: /10.1051/e3sconf/202127308066.

3. Shirokov Y., Tikhnenko V. Analysis of environmental problems of crop production and ways to solve them // E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH. Rostov-on-Don. EDP Sciences. 2021. Vol. 273. P. 1025. DOI: 10.1051/e3sconf/202127301025.

4. Борисова Е.Е. Анализ вредного воздействия пестицидов на биоту и здоровье человека, организационные основы решения проблемы // Евразийское пространство: экономика, право, общество. 2024. № 1. С. 7–10. URL: <https://eurasian-expanse.ru/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%B2-%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B%D0%B2/> (дата обращения: 25.05.2025).

5. Yolanda Picó, Barceló Damià Pyrolysis gas chromatography-mass spectrometry in environmental analysis: Focus on organic matter and microplastics // Trends in Analytical Chemistry. 2020. № 130. P. 115964. DOI: 10.1016/J.TRAC.2020.115964.

6. Likhacheva N.A., Zakharova E.A. Detoxifying Capacity of Oxidized Humic Substances in Oil-Contaminated Soils // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2021. Vol. 57, Is. 3. P. 487–491. DOI: 10.1007/s10553-021-01271-6.

7. Максимов И.В., Веселова С.В., Шеин М.Ю., Хайруллин Р.М. Эндифиты и защита растений от биотического стресса: перспективы создания биопрепаратов нового поколения // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 98. С. 98–104. DOI: 10.21515/1999-1703-98-98-104.

8. Зеленков В.Н., Петриченко В.Н., Лапин А.А., Барышок В.П. Биотехнологические аспекты использования в растениеводстве комплексного препарата 1-этоксисилатран с крезацином // Бутлеровские сообщения. 2019. Т. 60. № 11. С. 69–74.

9. Каренгина Л.Б., Байкин Ю.Л., Кандаков Н.В. Влияние гумата калия различной концентрации на эффективность минеральных удобрений при выращивании овса // Аграрный вестник Урала. 2019. № 3 (182). С. 12–16. DOI: 10.32417/article_5ce3f80b1904b4.41851727.

10. Павлов А.А., Сибирная Л.Н. Влияние внесения гуминового удобрения на урожайность и качество вико-овсяной смеси // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16. № 4 (79). С. 42–49. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_4_42.

11. Еремин Д.И., Моисеева М.Н., Еремина Д.В. Урожай и качество зерна овса при различном уровне минерального питания // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 9. С. 48–54. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_9_48.

12. Vasiliev A.S., Farinyuk Yu.T. Improving the efficiency of oat cultivation technologies in the Central non-Black Earth region of Russia // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Vol. 14, Is. 4. P. 384–402. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-4-384-402.

13. Садовая И.И., Захарова О.А. Инновационный прием в технологии возделывания зерновых культур в звеньях севооборотов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2023. Т. 15. № 2. С. 66–75. DOI: 10.36508/RSATU.2023.76.15.010.

14. Murko E., Janočko Ju., Makridin E.V., Kapko M. On the need to consider the lithological composition of overburden rocks in the design of wastewater treatment plants at open pit mines // E3S Web of Conferences: VIth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo. Vol. 315. Kemerovo: EDP Sciences. 2021. P. 02013. DOI: /10.1051/e3sconf/202131502013.

15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. URL: <https://djvu.online/file/p6tARZovllmiZ?ysclid=mawafg5wdl320941372> (дата обращения: 24.03.2025).

СТАТЬЯ

УДК 910.1:911.3(470)
DOI 10.17513/use.38392

ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ НАВИГАЦИОННОГО ТУРИЗМА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Паранина А.Н.

ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена»,
Санкт-Петербург, e-mail: galina_paranina@mail.ru

Цель работы – развитие территориальных рекреационных систем России на основе реализации рекреационного потенциала доисторических объектов культурного наследия. В статье рассмотрены возможности включения доисторических объектов культурного наследия России в инновационную (навигационную) туристскую деятельность. Разнообразие объектов, пригодных для навигационной туристской деятельности, выявлено в ходе экспедиционных работ 2008–2024 гг. на территории Русской равнины, в горах Северного Кавказа и Южной Сибири. В работе применялись стандартные географические методы исследований: комплексное описание объектов и окружающих ландшафтов, создание базы данных и геопрограммный анализ. Методологической основой работы послужила навигационная концепция информационного моделирования мира. Разработаны навигационные аспекты доисторического культурного наследия и формы его использования туризмом. Определен природно-ресурсный потенциал территории России для развития навигационной туристской деятельности на основе балльной оценки с учетом природных, культурных и социально-экономических факторов. Выделенные зоны с разным уровнем природно-ресурсного потенциала необходимо учитывать в процессе разработки стратегии пополнения ресурсной базы внутреннего туризма. Территории с высоким потенциалом приурочены к популярным туристским направлениям и могут стать первыми в реализации инновационных проектов навигационной деятельности, что поможет рассредоточить туристский поток и снизить нагрузку на другие объекты туристского интереса. Низкий потенциал навигационного туризма отмечен в Арктической зоне и на прилегающих малоосвоенных территориях. Расположенные здесь доисторические объекты культурного наследия могут выполнять роль точек притяжения туристского интереса и новых центров хозяйственного освоения.

Ключевые слова: Россия, объекты доисторического культурного наследия, навигационная деятельность, внутренний туризм

NATURAL RESOURCE POTENTIAL FOR THE DEVELOPMENT OF NAVIGATIONAL TOURISM IN RUSSIA

Paranina A.N.

Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg,
e-mail: galina_paranina@mail.ru

The aim of the work is to develop territorial recreational systems of Russia based on the implementation of the recreational potential of prehistoric cultural heritage sites. The article considers the possibilities of including prehistoric cultural heritage sites of Russia in innovative (navigational) tourism activities. A variety of objects suitable for navigational tourism activities was identified during expeditionary work in 2008–2024 on the territory of the Russian Plain, in the mountains of the North Caucasus and Southern Siberia. Standard geographical research methods were used in the work: a comprehensive description of objects and surrounding landscapes, database creation and geospatial analysis. The methodological basis of the work was the navigation concept of information modeling of the world. Navigational aspects of prehistoric cultural heritage and forms of its use in tourism have been developed. The natural resource potential of the territory of Russia for the development of navigational tourism activities has been determined on the basis of a point assessment taking into account natural, cultural and socio-economic factors. The identified zones with different levels of natural resource potential must be taken into account in the process of developing a strategy for replenishing the resource base of domestic tourism. Territories with high potential are located in popular tourist destinations and can become the first to implement innovative navigation projects, which will help to disperse the tourist flow and reduce the load on other objects of tourist interest. Low potential for navigation tourism is noted in the Arctic zone and adjacent underdeveloped territories. Prehistoric cultural heritage sites located here can act as points of attraction for tourist interest and new centers of economic development.

Keywords: Russia, objects of prehistoric cultural heritage, navigation activities, domestic tourism

Введение

Вопросы развития туризма и его роль в устойчивом развитии территории России активно обсуждаются [1; 2]. Отмечается, что расширение ресурсной базы рекреационного природопользования России может быть обеспечено экстенсивным и интенсивным путем – за счет увеличения количества

туристских объектов и разнообразия связанной с ними деятельности. Исследования, проведенные автором в разных регионах России, показывают, что повысить рекреационный потенциал доисторических объектов культурного наследия можно на основе навигации – деятельности, обеспечивающей движение и ориентирование в географиче-

ском пространстве и времени [3; 4]. Методологической основой междисциплинарных исследований рекреационного потенциала доисторических объектов наследия стала навигационная концепция информационного моделирования мира [5, с. 50].

Навигационная деятельность на объектах доисторического наследия увеличивает время пребывания на открытом воздухе, наполняет практическим смыслом контакт с окружающим ландшафтом и космосом – повышает уровень географической культуры, способствует укреплению физического и психического здоровья и в перспективе может сформировать навигационный туризм – новое направление на стыке научно-образовательного и экологического туризма.

Выявление доисторических объектов и включение навигационной деятельности в туристские программы позволяет также решить ряд научных, геополитических и хозяйственных задач: 1) раскрыть новые рациональные функции доисторических объектов культуры на фундаментальной естественно-научной основе, объединяя и дополняя знания, накопленные в археологии, антропологии, этнографии и других науках; 2) сохранить, показать и обосновать доисторическую глубину навигационных традиций народов, проживающих на территории России; 3) разработать рекомендации по развитию территорий, с учетом дальнейших исследований, охраны и рационального использования доисторических объектов наследия в сфере туризма.

На территориях интенсивного освоения новые объекты и виды туристской деятельности будут способствовать более равномерному распределению туристской нагрузки и сохранению объектов. В малоосвоенных регионах России объекты доисторического наследия могут выполнить роль центров притяжения туристских потоков и узлов в сети рекреационно-хозяйственного освоения территорий. Разработка стратегии использования навигационных объектов доисторического наследия для целей территориального развития России должна опираться на современные методы геопространственного анализа, оценку регионального природно-ресурсного потенциала и территориальное зонирование.

Цель исследования – развитие территориальных рекреационных систем России на основе реализации навигационного потенциала доисторических объектов культурного наследия.

Материалы и методы исследования

Для пополнения ресурсов внутреннего туризма в России разработаны формы навигационной деятельности, которые позволяют использовать доисторические объекты культурного наследия для навигации – движения и ориентирования в географическом пространстве и времени. Маркерами пространства и физическими ориентирами («маяками») служат заметные на расстоянии скальные выходы, горные вершины и холмы. Для определения дат астрономических сезонов удобны скульптуры-останцы – визиры, фиксирующие точки горизонта, связанные с заходами/восходами Солнца. Наиболее компактные объекты (лабиринты, петроглифы) аналогичны циферблату солнечных часов-календарей, стрелкой которых служит тень (гномон – предмет или человек).

Разнообразие доисторических объектов, пригодных для навигационной туристской деятельности, выявлено в ходе экспедиционных работ 2008–2024 гг. на островах Белого моря и территории Русской равнины, в горах Северного Кавказа и Южной Сибири. Объекты в других регионах изучены по материалам научных публикаций [6–8].

В процессе полевых исследований применялись стандартные географические методы (описание, топографическая и ландшафтная съемка местоположений), описание и метрологический анализ объектов, дистанционные исследования с квадрокоптером и расчеты с астрокалькулятором [9].

Камеральная работа включала анализ данных дистанционного зондирования Земли и тематических карт, а также ГИС-моделирование [10; 11].

Региональные различия природно-ресурсного потенциала территорий России для развития навигационного туризма определены на основе комплексной балльной оценки:

$$B = 3ДО + СД + БП + ЗП + КБ + СЗ, \quad (1)$$

где B – сумма баллов, $ДО$ – доисторические объекты наследия (3 – весовой коэффициент, получен методом экспертной оценки), $СД$ – количество солнечных дней в году, $БП$ – продолжительность безморозного периода, $ЗП$ – зона туристской посещаемости, $КБ$ – число бронирований в гостиницах, $СЗ$ – статистика заявок на создание туристско-рекреационных кластеров.

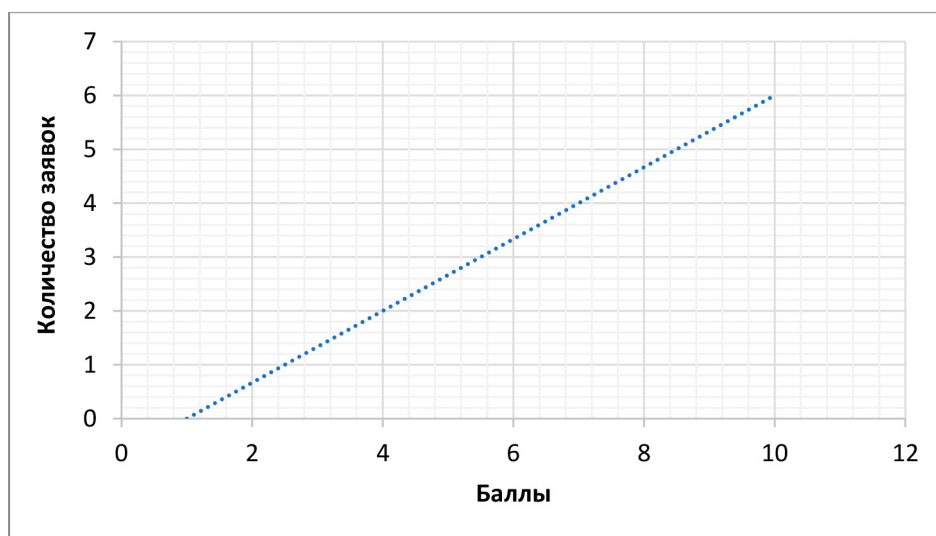


Рис. 1. Пример графика для перевода показателей в баллы (пояснения в тексте)

Стандартный алгоритм балльной оценки, примененный в работе, включает следующие действия: 1) выбор критериев оценки; 2) определение балльных эквивалентов показателей по каждому критерию (рис. 1); 3) определение суммы баллов по каждому региону; 4) создание шкалы суммарной оценки и оценивание территорий; 5) создание и анализ карты зонирования территории. Здесь рассмотрим этапы работы с первого по четвертый.

1. Критерии оценки территорий, в соответствии с целями данной работы, отражают возможности организации навигационной деятельности туристов на объектах наследия: представленность доисторических объектов наследия навигационного назначения (этот показатель имеет больший вес в связи с приоритетом в организации навигационной деятельности и возможности ее сочетания с решением культурно-просветительских и образовательных задач), погодные условия наблюдения за Солнцем (определяющие возможности навигационной деятельности – комфортность пребывания на открытом воздухе и метеорологические условия проведения наблюдений), туристская доступность и посещаемость (потенциальные и реальные показатели туристской привлекательности территорий), готовность местного населения к созданию и реализации инновационных туристских программ (статистика заявок на создание туристско-рекреационных кластеров в определенной мере отражает креативный потенциал местного населения, необходи-

мый для организации навигационной туристской деятельности).

2. Балльные эквиваленты показателей по каждому критерию определялись с помощью графиков, построенных по двум заданным точкам (рис. 1): в приведенном примере 1 балл соответствует минимальному благоприятному значению, 10 баллов – максимальному. Для получения балльного эквивалента необходимо провести перпендикулярную линию от точки на вертикальной оси до пересечения с линией графика, затем опустить перпендикуляр к горизонтальной оси (значению 2 соответствует 4 балла).

3. Таблица для получения суммы данных по каждому региону РФ включает колонки: название региона, критерии (в баллах), сумма баллов по каждому региону.

4. Шкала суммарной оценки построена от минимально возможной до максимально возможной суммы баллов (если минимальный балл 1, а максимально возможный 10, то для 6 критериев – шкала от 6 до 60, весовой коэффициент при построении шкалы не учитывается); шаг шкалы из 4 уровней $(60-6)/4 = 13,5$ баллов: первый уровень 6–19,5; второй 19,5–33; третий 33–46,5; четвертый 46,5–60.

Результаты исследования и их обсуждение

Теоретические основы навигационного туризма

Большая часть истории человечества – мир без границ, в котором не было посто-

янных поселений, а экстенсивный характер хозяйственной деятельности обеспечивало движение [12]. Реконструкции доисторического этапа освоения географического пространства и времени посвящена навигационная концепция, разработанная в географии. В процессе моделирования территориальных рекреационных систем России концепция опирается на представления о геокультурном пространстве по В.Н. Стрелецкому [13] и новые формулировки понятий «навигация» и «информация».

Понятие «геокультурное пространство» основано на представлении о культуре как совокупном опыте надбиологической адаптации. Горизонтальная (площадная) структура геокультурного пространства, «человек в ландшафте», соответствует территориальной организации общества и раскрывается через функциональное зонирование природного ландшафта, его антропогенную трансформацию и насыщение искусственными объектами. Влияние навигации на эти процессы осуществляется через определение геопозиции, выделение точек, направлений и границ освоенных территорий. Вертикальная структура геокультурного пространства, «ландшафт в человеке», развивается как накопление опыта адаптации к динамичной географической среде

в форме информации (знаний, культурных традиций), роль навигационных технологий в этом процессе – создание модели мира в масштабах Вселенной.

Навигационная деятельность является основой территориальной организации общества, поскольку обеспечивает освоение ресурсов с учетом их положения в географическом пространстве и времени. Древние объекты навигационного назначения сохранились, поскольку создавались для длительного использования и получали охраняемый (сакральный) статус.

Определение навигации как процессов ориентирования и движения согласуется с научными моделями эволюции поведенческих адаптаций в живой природе, современными видами и технологиями навигации и применимо к любому пространству, освоенному человеком (таблица). Предложенная дефиниция, выделяющая инвариантное звено в представлениях о навигации, восходит к движению как атрибуту материи, опирается на универсальное теоретическое положение «поток организует пространство» и мобилизует общесистемные представления о проточности как устойчивости систем. Место доисторических видов и технологий навигации обозначено в таблице темным фоном ячеек.

Виды и технологии навигации

Технологии Виды	Астрономическая	Образно- знаковая	Радионавигация	Спутниковая	Инерционная	Автоматические и тахеометрические
Органическая:						
Тропизмы у растений	+					
Бионавигация у животных	+	+				
Инструментальная*:						
Сухопутная	+	+				
Морская	+	+	+	+	+	
Автомобильная		+		+	+	
Воздушная		+	+	+		
Космическая	+				+	
Геонавигация		+		+	+	+
Виртуальная:						
Информационная	+	+	+	+	+	+
Комментарии к технологиям *фоном выделены виды и технологии навигации, освоенные в доисторическое время	Световое и радиоизлучение, сила тяжести	Указатели: карты, маяки, таблички	Радиотехнические средства и устройства	GPS, ГЛНАСС, «Бэйдоу»	Без внешних ориентиров и сигналов	Технологии CO ₂ -лазеров и др.

Источник: составлено автором.

В географической оболочке Земли направление потоков определяется неоднородностью среды (градиентами значений, разницей потенциалов). Направленность движения живых организмов связана с распределением ресурсов и ограничивающих факторов, примерами бионавигации служат: гео- и гелиотропизмы у растений (к почве – источнику минерального питания, субстрату для закрепления, к свету – источнику энергии); хемо- и фототаксисы, миграции и кочевки – у животных. Человек также стремится приближаться к цели и избегать опасностей, но при этом использует инструменты.

Ориентирами для навигации являются устойчивые компоненты ландшафтов (рельеф и геологические образования, элементы гидрографии, фенологические явления в живой и неживой природе). Надежность астрономических ориентиров обусловлена значительно большей инертностью космической надсистемы по сравнению с динамичной природой географической оболочки Земли. Кроме того, астрономические ориентиры являются более древними – они использовались первыми формами жизни на ранних стадиях биогенеза. Особое значение солярной навигации объясняется тем, что солнечная энергия дает одновременно информацию и энергию, обеспечивающую 99% географических процессов на поверхности Земли.

В узком смысле понятие «навигация» относится к ориентированию на море и передвижению по водным путям. Разработанное автором широкое определение: *навигация – движение, определение позиции и направления движения объекта или субъекта в каком-либо пространстве* (космическом, географическом, информационном). В данной работе, посвященной доисторическим инструментам, используется короткая формулировка: *навигация – ориентирование и движение в географическом пространстве*.

Геопространственный анализ ресурсов навигационного туризма

Для пространственного анализа распределения объектов доисторического наследия разработана ГИС «Туристско-навигационный потенциал доисторических объектов культурного наследия России». Выявлены особенности природных и социально-экономических условий размещения доисторических объектов наследия: приуроченность объектов к горным территориям и местам выхода на дневную поверхность кристаллических горных пород, связь

с системой древних водно-волоковых путей и дорог, повышенная концентрация хорошо изученных навигационных объектов наследия на территории СЗФО.

Для оценки условий включения доисторических объектов наследия в инфраструктуру туризма использовались карты туристского районирования [14; 15]. Сопоставление локализации доисторических объектов с картами районирования туристских ресурсов РФ по степени доступности показывает, что 50% объектов расположены в зонах общероссийского интереса, 25% – в зонах межрайонного значения, 15% – на территориях местного туризма и 10% – в малодоступных регионах. В районах с высокой плотностью туристских маршрутов новые объекты способствуют распределению рекреационных нагрузок, в малоосвоенных районах они могут выполнить роль базовых точек в формирующейся туристской сети.

Зонирование территории России по результатам комплексной балльной оценки природно-ресурсного потенциала навигационного туризма представлено на карте (рис. 2). Высокий потенциал развития навигационного туризма имеют территории, которые имеют хорошо исследованные доисторические объекты и природные условия, способствующие длительному пребыванию в походных условиях и развитию навигационной деятельности: Ленинградская область, Республика Карелия, Республика Алтай, Республика Крым, Краснодарский край. Эти территории могут стать первыми в реализации инновационных проектов навигационной деятельности, но этому процессу необходимо обеспечить информационную поддержку, включая издание справочной литературы по объектам.

Показатели выше среднего характеризуют территории Псковской и Мурманской областей в СЗФО; Московской, Калужской, Владимирской и Воронежской областей в Центральном ФО; Ростовской области в Южном ФО и территории Северо-Кавказского ФО; Саратовская, Самарская области, республики Татарстан и Башкортостан Приволжского ФО; Челябинская область Уральского ФО; Республика Хакасия, Кемеровская область, Алтайский и Красноярский край в Сибирском ФО; Республика Саха (Якутия) в Дальневосточном ФО. Это районы древнего освоения, связанные с сетью трансконтинентальных коммуникаций широтного и меридионального направлений. Возможна разработка туристских маршрутов с опорой на водные и водно-волоковые пути.



Рис. 2. Природно-ресурсный потенциал навигационного туризма на территории России
Источник: составлено автором по [16]

Средние показатели природно-ресурсного потенциала для развития навигационного туризма отмечены на значительных по площади территориях страны, прилегающих к двум зонам, описанным выше (рис. 2). Снижение балльных показателей здесь связано в первую очередь с суровым климатом и более слабой освоенностью территории. Приоритет навигационного туризма здесь определяется автономным характером взаимодействия с дикой природой.

Низкий потенциал навигационного туризма определен для арктических и прилегающих к ним малоосвоенных территорий России: Ненецкий АО, Ямало-Ненецкий, Ханты-Мансийский АО, Чукотский АО, Камчатский край. Расположенные здесь доисторические объекты культурного наследия могут выполнять роль точек притяжения туристского интереса и новых центров хозяйственного освоения. Здесь необходимо провести комплексные географические исследования – выявить и изучить новые объекты. Важно своевременно определить статус объектов наследия как элементов рекреационных территориальных и ресурсов туризма, опережая другие виды хозяйственного освоения.

Заключение

Для расширения ресурсной базы внутреннего туризма в России рекомендуется использовать доисторические объекты культурного наследия, связанные с навигацией – движением и ориентированием в географическом пространстве и времени.

Результаты оценки природно-ресурсного потенциала территории России показывают возможности первоочередного развития навигационного туризма в районах активного туристского освоения (Ленинградская область, Краснодарский край и республики – Карелия, Алтай, Крым) – это решает проблемы рассредоточения высокой рекреационной нагрузки.

Развитие навигационных форм туризма в малоосвоенных территориях Арктики и Сибири позволит создать новые опорные точки развития и определить приоритет рекреационного использования уникальных территорий и доисторических объектов природно-культурного наследия перед иными формами хозяйственного освоения.

Для обеспечения рационального использования объектов доисторического наследия в рекреации и туризме необходимо

продолжить комплексные научные исследования и увеличить выпуск справочной информации.

Список литературы

1. Александрова А.Ю., Аигина Е.В. Туристский вектор в актуализации культурного наследия // Современные проблемы сервиса и туризма. 2016. Т. 10. № 2. С. 19–28. URL: <https://sciup.org/140206474> (дата обращения: 13.04.2025). DOI: 10.12737/19500.
2. Кружалин В.И., Мажар Л.Ю. Геосистемный подход к освоению туристского пространства в контексте устойчивого развития внутреннего туризма в России // Географическая среда и живые системы. 2023. № 4. С. 7–19. DOI: 10.18384/2712-7621-2023-4-7-19.
3. Paranina A., Paranin R. Primary navigation purpose of petroglyphs: reconstruction on the basis of the gnomon // OALib Journal is an all-in-one open access journal. 2017. Vol. 4. P. 1–13. DOI: 10.4236/oalib.1103811.
4. Паранина А.Н. Моделирование географического пространства и времени как основа символов власти // Астраханский вестник экологического образования. 2024. № 5 (83). С. 53–63. DOI: 10.36698/2304-5957-2024-5-53-63.
5. Паранина А.Н. Навигационная концепция информационного моделирования мира. М.: Инфра-М, 2025. 271 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=450353&ysclid=maovtf19h7778448421> (дата обращения: 15.04.2025).
6. Марсодолов Л.С. Отчет об исследовании Большого Салбыкского кургана и его окружения // Материалы Саяно-Алтайской археологической экспедиции Государственного Эрмитажа. 2015. Вып. 6. 248 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008889836?ysclid=ma2t19hmce397712318> (дата обращения: 13.04.2025).
7. Хетагуров Т.Н. Археоастрономические свойства Махчского лабиринта // География: развитие науки и образования. Ч. I. Коллективная монография по материалам научно-практической конференции LXIX Герценовские чтения. СПб.: Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 2016. С. 95–104.; URL: <https://elib.mgppu.ru/docfulldescription.php?docid=510688> (дата обращения: 13.04.2025).
8. Синюк А.Т., Березуцкий В.Д. Мостищенский комплекс древних памятников (эпоха бронзы – ранний железный век). Воронеж, 2001. 192 с. <https://h.twirpx.one/file/4114030/?ysclid=maovzkwgh1663307665> (дата обращения: 15.04.2025).
9. Азимут и высота солнца над горизонтом. [Электронный ресурс]. URL: <https://planetcalc.ru/320/?ysclid=mal-j3ku9it494229911> (дата обращения: 13.04.2025).
10. Андреева Т.А., Подшувейт О.В., Субетто Д.А. Культурное наследие арктических музеев как объект государственного управления // Арктика 2035: актуальные вопросы, проблемы, решения. 2024. № 1 (17). С. 25–31. URL: <https://arctic2035.ru/n17-p25?ysclid=ma2sbwnls277918881> (дата обращения: 13.04.2025).
11. Сидорина И.Е., Сюзюмов А.А., Ракова А.И., Андреева Т.А., Артемьева О.В. Геоинформационное картографирование в современных этнографических, конфессиональных и этноконфессиональных исследованиях // Кунсткамера. 2024. № 2 (24). С. 61–79. DOI: 10.31250/2618-8619-2024-2(24)-61-79.
12. Аникович М.В. О миграциях в палеолите // Stratum plus. 1999. № 1. С. 72–82.; URL: https://psv4.userapi.com/s/v1/d/8alwrYrLTp6IY3RiV17uE9PhUF68BNYlaIbX7W_2DbRZRH4USpsqjNwxBsVNzJAldAnmzWrI3RqyOiwiSRPI4wiGkrOzNnwWx6TKsjulaKHLt8E5/Stratum_plus_1999_1_Vremya_sobirat_kamni.pdf (дата обращения: 13.04.2025).
13. Стрелецкий В.Н. Геопространство в культурной географии // Гуманитарная география. Научный и культурно-просветительский альманах. 2005. Вып. 2. С. 332–334. URL: https://heritage-institute.ru/wp-content/uploads/library_elibs/2190-preview.pdf?ysclid=ma2t45krpb113909600 (дата обращения: 13.04.2025).
14. Туристско-классификационное районирование // Национальный атлас России в 4-х т. Т. 3: Население Экономика / Отв. ред.: Г.В. Поздняк. Калининград: ООО Сказ, 2008. С. 222. URL: <https://nationalatlas.ru/tom3/222.html> (дата обращения: 13.04.2025).
15. Туристские ресурсы и современное состояние туризма. Большая российская энциклопедия (портал). URL: <https://bigenc.ru/c/rossiia-geografiia-turizma-turistskie-resursy-i-sovremennoe-sostoianie-turizma-608dc4?ysclid=malip27kztz972402476> (дата обращения: 13.04.2025).
16. Русская Православная Церковь. Первая четверть XXI века. Статистика и пространство: историко-географический атлас / Г.Н. Озерова, Т.А. Андреева, М.В. Литвинова, Д.В. Орженовский. СПб.: Институт Карпинского, 2025. 105 с. (Русская Православная Церковь: из века в век). ISBN 978-5-93761-878-8. ИС P25-424-0535.

УДК 911.3:338.48-1/-6
DOI 10.17513/use.38393

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПЕРМСКОГО КРАЯ

^{1,2}Токарев И.В., ¹Мельников М.А., ¹Смирнов В.Е.

¹ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
Пермь, e-mail: swedish123@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Пермский государственный институт культуры», Пермь

Целью исследования является оценка туристско-рекреационного потенциала муниципальных образований на территории Пермского края. Исследование актуально, так как важно продемонстрировать, какие муниципальные образования обладают наибольшей туристской привлекательностью в настоящий момент, а в каких туристская отрасль развивается медленно или не развита вообще, исходя из их специфических особенностей. Опираясь на опыт прошлых авторских исследований, авторы использовали статистические данные муниципальных образований Пермского края. Критерии выделялись по показателям муниципальных образований региональной службы статистики за 2024 г. Путем вычисления общей балльной оценки, на основе доработанной формулы расчета туристско-рекреационного потенциала М.В. Гудковских, статистические данные были нормированы по принципу среднего индекса по каждому муниципальному образованию. С помощью компьютерных расчетов и метода иерархической кластеризации (метод Варда) данные были преобразованы в дендрограмму и картоид, в которых муниципальные образования региона были разделены на четыре группы в соответствии с уровнем их туристского потенциала. Результаты исследования позволяют оценить туристский потенциал муниципальных образований Пермского края, опираясь на современные реалии, связанные с социально-экономическими, политическими и внутренними факторами развития субъектов на региональном уровне.

Ключевые слова: туризм, муниципальные образования, туристско-рекреационный потенциал, статистика, кластер

ON THE ISSUE OF ASSESSING THE TOURIST AND RECREATIONAL POTENTIAL OF THE MUNICIPALITIES OF THE PERM REGION

^{1,2}Tokarev I.V., ¹Melnikov M.A., ¹Smirnov V.E.

¹Perm State National Research University, Perm, e-mail: swedish123@yandex.ru;

²Perm State Institute of Culture, Perm

The aim of the study is to assess the tourism and recreational potential of municipalities in the Perm region. The relevance of the study lies in the importance of demonstrating which municipalities have the greatest tourist attractiveness at the moment, and in which the tourism industry is developing slowly or is not developed at all, based on their specific features. As the main array of analyzed information, statistical materials of the territorial body of the Federal State Statistics Service for the Perm Territory were used. By calculating the overall score, according to the formula of M.V. Gudkovskikh, the statistical data were normalized according to the principle of the average index for each administrative district. Using the software "Statistica 10" the data were transformed into a dendrogram using the method of hierarchical clustering of special criteria identified specifically for this study, and a cartoid in which the municipalities of the region were divided into four groups in accordance with the level of their tourism potential. The results of the study allow us to assess the tourism potential of municipalities in the Perm region, based on modern realities associated with socio-economic, political and internal factors in the development of subjects at the regional level.

Keywords: tourism, municipalities, tourism and recreational potential, statistics, cluster

Введение

Развитие туризма в Российской Федерации играет важную роль в решении социально-экономических проблем. Туристская привлекательность территорий способствует росту налоговых отчислений в бюджеты различных уровней, привлечению потребителей услуг социальной инфраструктуры, приводящей к развитию торговли, средств размещения, общественного питания, досуговых предприятий, туристских, транспортных организаций и иной экономической деятельности внутри территории [1].

Туризм в Пермском крае относится к развивающимся отраслям экономического развития региона. Каждое муниципальное образование Пермского края обладает своим уникальным набором факторов и особенностей для развития туризма, что способствует региональной разнообразности [2, 3].

Туристская привлекательность в контексте муниципальных образований субъектов России – это сочетание туристских ценностей, туристской инфраструктуры и туристской индустрии в целом. Для муниципальных образований она имеет важнейшее зна-

чение в решении целого ряда социальных и экономических проблем. Так, туристская отрасль способствует решению вопроса занятости населения, создаются новые рабочие места, повышается благосостояние населения. Кроме того, туристская индустрия оказывает влияние на рост экономики, происходит развитие предприятий туристской индустрии [4].

Туризм в Пермском крае характеризуется неравномерностью по муниципальным образованиям. Основной вклад в туристский региональный показатель вносят крупные региональные центры – Кунгур, Чайковский, Соликамск, Березники, Кудымкар и столица региона Пермь. Вокруг основных туристских доминант сформировалась туристско-рекреационная территория [5, 6].

Туристско-рекреационный потенциал в контексте муниципального образования подразумевает совокупность природных, культурно-исторических и социально-экономических ресурсов, которые могут быть использованы для развития туристско-рекреационной деятельности в конкретных муниципальных районах Пермского края [7].

Цель исследования – оценка туристско-рекреационного потенциала муниципальных образований Пермского края.

Материалы и методы исследования

Опираясь на прошлые авторские исследования в качестве метода исследования муниципальных образований Пермского края, был выбран кластерный анализ, который классифицирует объекты с разными характеристиками, но схожими общими признаками. В основу методологии кластерного анализа настоящего исследования заложены труды отечественных географов и экономистов, занимающихся изучением туризма [8–10].

Кластерный анализ подразумевает несколько этапов исследования:

1. Составление таблицы статистических данных с выделением исследуемых показателей.
2. Составление таблицы вычисления баллов показателей и расчет максимального и минимального шагов.
3. Перевод статистических данных в баллы согласно таблице шагов.
4. Нормирование полученных баллов с помощью среднего индекса.
5. Кластеризация полученных индексов методом Варда.
6. В конечном результате проводится классификация, составление дендрограммы

и последующая интерпретация полученных результатов в виде картоидов.

В качестве исследуемой информации была использована таблица балльной оценки туристско-рекреационного потенциала 42 муниципальных образований Пермского края за 2024 г. В ней были выделены критерии оценки муниципалитетов по блокам: «Природные факторы» (ПФ) [11], «Культурно-исторические факторы» (КИФ) [11], «Социально-экономические факторы» (СЭФ) [12], «Обеспеченность туристской инфраструктурой» (ОТИ) [11], а также был выделен блок «Туристский результат» (ТР). Исходные данные по критериям были взяты из статистических материалов территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю [13].

Результаты исследования и их обсуждение

Пермский край насчитывает 43 муниципальных образования, но в данной статье проводится анализ 42, не принимая во внимание городской округ «ЗАТО Звездный». Причиной для исключения данного муниципалитета из интегральной оценки туристско-рекреационного потенциала муниципальных образований Пермского края послужила его направленность, исходя из военного прошлого округа.

В блоке «Природные факторы» были определены климатические данные муниципальных образований, такие как среднемесячные температуры и количество осадков, а также число природных объектов высотой более 500 м и водных объектов длиной более 50 км. Также учитывалось количество особо охраняемых природных объектов на основе данных карты, представленной кафедрой биологической и охраны природы ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

В КИФ были определены: количество музеев, театров, зоопарков, организаций культурно-досугового типа, цирков, парков развлечений и отдыха.

В СЭФ были определены: протяженность автомобильных дорог общего пользования местного значения (в км); оборот общественного питания (тыс. руб.).

В ОТИ были определены число спортивных сооружений, число узнаваемых объектов лечебно-оздоровительного туризма и число мест в коллективных средствах размещения.

Таблица 1

Туристско-рекреационный потенциал
муниципальных образований Пермского края

Муниципальное образование	ПФ	КИФ	СЭФ	ОТИ	ТП	Общий
Александровский	15	8	7	4	3	62
Бардымский	15	9	7	4	2	60
Берёзовский	17	7	3	3	2	48
Большесосновский	18	7	7	3	2	57
Гайнский	18	8	7	3	2	59
Губахинский	13	9	7	7	7	75
Еловский	19	7	7	3	2	58
Карагайский	18	8	8	4	2	63
Кишертский	17	7	3	3	2	48
Косинский	15	6	5	3	2	49
Кочевский	17	7	5	3	2	52
Кудымкарский	16	10	9	6	2	71
Куединский	19	8	7	3	3	62
Кунгурский	21	11	10	8	7	95
Ординский	16	8	6	3	2	55
Пермский	19	10	10	13	10	106
Сивинский	18	9	7	4	2	63
Уинский	17	8	6	3	2	56
Частинский	18	6	5	3	2	52
Юрлинский	17	6	6	3	2	52
Юсьвинский	20	8	4	3	2	56
Пермь	16	19	10	14	10	123
Березники	19	14	9	11	10	109
Вережагинский	16	7	5	4	2	53
Горнозаводский	14	7	7	4	4	60
Добрянский	17	8	8	10	6	83
Ильинский	18	9	7	4	2	63
Кизел	10	7	2	3	2	39
Красновишерский	21	8	4	3	2	58
Краснокамский	16	11	7	7	6	79
Лысьвенский	17	8	8	8	3	72
Нытвенский	19	9	8	8	7	84
Октябрьский	15	9	4	5	2	56
Осинский	15	8	7	5	5	66
Оханский	16	8	7	3	3	59
Очёрский	17	8	3	5	3	57
Соликамский	20	10	7	13	9	101
Суксунский	16	7	7	8	10	81
Чердынский	19	8	8	4	2	68
Чернушинский	16	9	8	6	5	73
Чусовской	18	13	8	7	7	91
Чайковский	18	12	7	14	10	105

Источник: составлено авторами.

В ТР были определены число ночевков в коллективных средствах размещения (тыс. ед.) и численность размещенных лиц в коллективных средствах размещения (ед.). Данная категория позволяет определить степень удовлетворенности путем выявления количества туристских потоков в муниципальные образования, а также определить общее время нахождения в определенном муниципальном образовании Пермского края. Чем больше число ночевков, тем более attractive становится муниципальный район для туриста.

Критерии определялись по шкале от 1 до 5 баллов соответственно. Затем был произведен расчет общей суммы баллов с помощью формулы М.В. Гудковских [14].

Авторами статьи было принято решение добавить в формулу категорию «туристский результат» (ТР) для более эффективной оценки муниципалитетов.

Итоговый вариант формулы выглядит следующим образом:

$$\text{ТРП} = \text{ПФ} + \text{КИФ} + \text{СЭФ} + \text{ОТИ} + \text{ТР}.$$

Результаты расчетов представлены в табл. 1. Затем полученные суммы баллов по муниципалитетам были нормированы по среднему индексу по формуле [15]:

$$I_{\text{фр}} = \sum_{\text{б}} / \sum_{\text{фр}},$$

где $I_{\text{фр}}$ – средний индекс блока фактора региона;

$\sum_{\text{б}}$ – сумма баллов по каждому показателю;

$\sum_{\text{фр}}$ – общая сумма показателей в блоке факторов.

Результаты расчетов нормирования представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Норма показателей по блокам факторов

ПФ	30
КИФ	30
СЭФ	10
ОТИ	15
ТП	10
ПФ+КИФ+СЭФ+ОТИ+ТП	95

Источник: составлено авторами.

Таблица 3

Средний индекс муниципальных образований Пермского края

Муниципальное образование	Общий	ПФ	КИФ	СЭФ	ОТИ	ТП
Александровский	0,39	1,0	1,4	3,8	0,3	0,3
Бардымский	0,39	1,0	1,4	3,8	0,3	0,2
Березовский	0,34	0,8	1,2	3,3	0,2	0,2
Большесосновский	0,39	1,0	1,4	3,8	0,2	0,2
Гаинский	0,40	1,0	1,5	3,9	0,2	0,2
Губахинский	0,45	1,1	1,7	4,5	0,5	0,7
Еловский	0,40	1,0	1,5	3,9	0,2	0,2
Карагайский	0,42	1,1	1,6	4,1	0,3	0,2
Кишертский	0,34	0,8	1,2	3,3	0,2	0,2
Косинский	0,33	0,8	1,2	3,2	0,2	0,2
Кочевский	0,36	0,9	1,3	3,5	0,2	0,2
Кудымкарский	0,45	1,1	1,7	4,5	0,4	0,2
Куединский	0,42	1,1	1,6	4,1	0,2	0,3
Кунгурский	0,60	1,5	2,3	5,9	0,5	0,7
Ординский	0,37	0,9	1,4	3,6	0,2	0,2
Пермский	0,65	1,6	2,5	6,4	0,9	1
Сивинский	0,42	1,1	1,6	4,1	0,3	0,2
Уинский	0,38	0,9	1,4	3,7	0,2	0,2
Частинский	0,36	0,9	1,3	3,5	0,2	0,2
Юрлинский	0,36	0,9	1,3	3,5	0,2	0,2
Юсьвинский	0,39	1,0	1,4	3,8	0,2	0,2
Пермь	0,73	2,9	0,6	1,0	0,9	1,0

Окончание табл. 3

Муниципальное образование	Общий	ПФ	КИФ	СЭФ	ОТИ	ТП
Березники	0,66	2,6	0,4	0,0	0,7	1,0
Верецагинский	0,36	1,4	0,2	0,7	0,2	0,2
Горнозаводский	0,38	1,5	0,2	0,7	0,2	0,4
Добрянский	0,52	2,0	0,2	0,3	0,6	0,6
Ильинский	0,42	1,7	0,3	0,7	0,2	0,2
Кизел	0,25	1,0	0,2	0,7	0,2	0,2
Красновишерский	0,40	1,6	0,2	0,7	0,2	0,2
Краснокамский	0,49	2,0	0,3	0,7	0,4	0,6
Лысьвенский	0,46	1,8	0,2	0,8	0,5	0,3
Нытвенский	0,54	2,1	0,3	0,3	0,5	0,7
Октябрьский	0,37	1,5	0,3	0,5	0,3	0,2
Осинский	0,42	1,7	0,2	0,5	0,3	0,5
Оханский	0,39	1,5	0,2	0,9	0,2	0,3
Очёрский	0,38	1,5	0,2	0,7	0,3	0,3
Соликамский	0,62	2,5	0,3	1,0	0,8	0,9
Суксунский	0,51	2,0	0,2	0,6	0,5	1,0
Чердынский	0,43	1,7	0,2	1,0	0,2	0,2
Чернушинский	0,46	1,8	0,3	0,7	0,4	0,5
Чусовской	0,56	2,2	0,4	0,6	0,4	0,7
Чайковский	0,64	2,5	0,4	0,5	0,9	1,0

Источник: составлено авторами.

Таблица 4

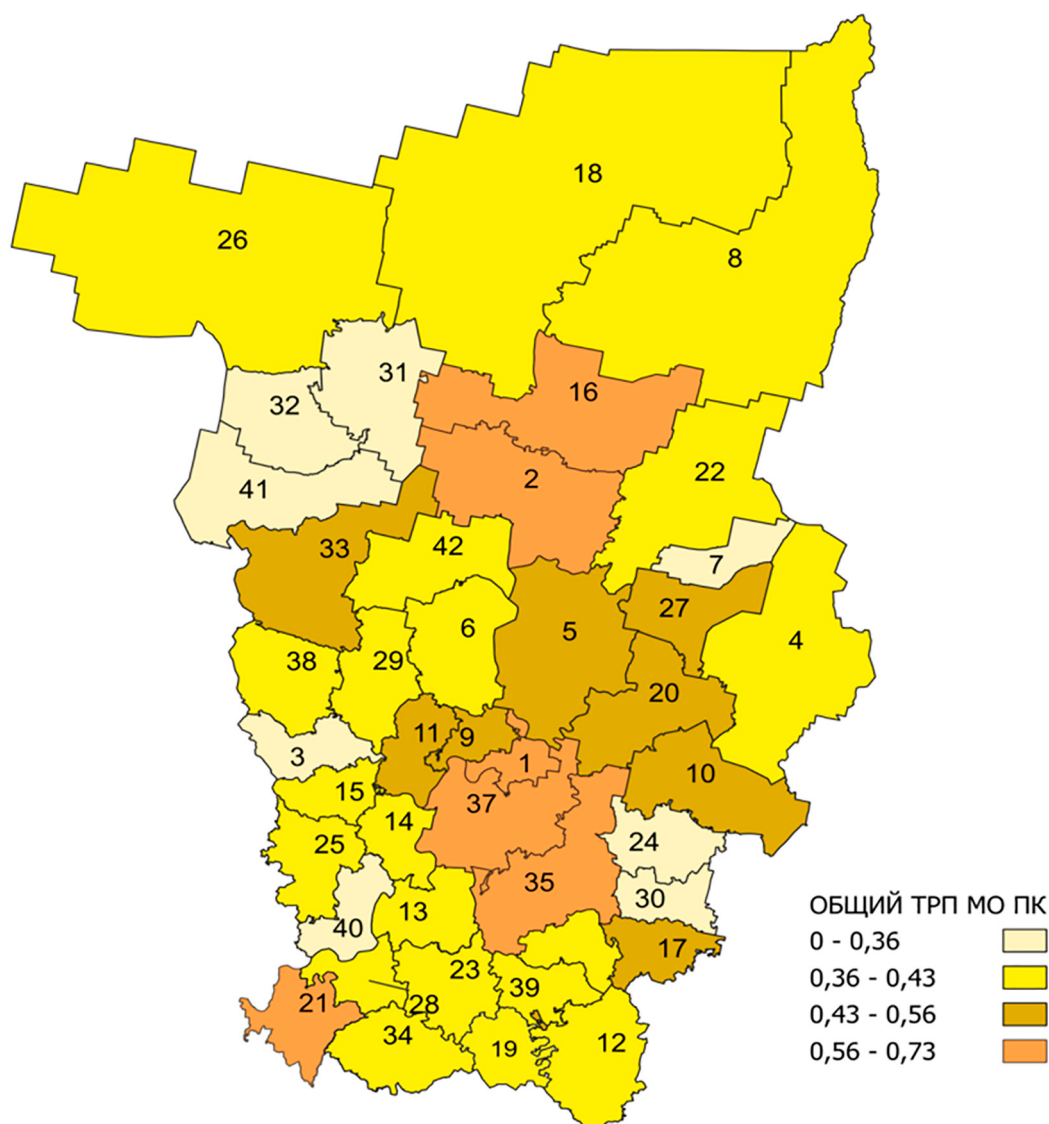
Туристско-рекреационный потенциал муниципальных образований Пермского края

Муниципальные образования
Развитые – с высоким ТРП
Кунгурский МО, Пермский МО, Пермский ГО, МО «Город Березники», Соликамский МО, Чайковский ГО
Развивающиеся – с уровнем ТРП выше среднего
Губахинский МО, Кудымкарский МО, Карагайский МО, Сивинский МО, Куединский МО, Чусовской МО, Суксунский МО, Нытвенский МО, Добрянский МО
Средние – со средним уровнем ТРП
Александровский МО, Бардымский МО, Большесосновский МО, Юсьвинский МО, Гайнский МО, Еловский МО, Осинский МО, Лысьвенский МО, Чернушинский МО, Краснокамский МО
Аутсайдеры – с низким уровнем ТРП
Березовский МО, Кишертский МО, Косинский МО, Кочевский МО, Частинский МО, Юрлинский МО, Ординский МО, Уинский МО, МО Кизел, Чердынский МО, Оханский МО, Красновишерский МО, Ильинский МО, Октябрьский МО, Очёрский МО, Горнозаводский МО, Верецагинский МО

Источник: составлено авторами.

Для облегчения расчетов полученные индексы были округлены до сотых и десятых долей. По результатам расчетов блоки показателей каждого региона получили значения от 1 до 5 соответственно. Далее, используя программу «Statistica 10», был проведен кластерный анализ методом иерархической классификации (метод Варда).

После проведения кластерного анализа данные были интерпретированы в картографический рисунок (картоид). На рисунке представлен общий туристско-рекреационный потенциал (ТРП) муниципальных образований Пермского края.



Картоид кластерного анализа общего ТРП муниципальных образований Пермского края

Числами обозначены следующие муниципальные образования: 1 – Пермь; 2 – Березники; 3 – Верещагино; 4 – Горнозаводск; 5 – Добрянка; 6 – Ильинский; 7 – Кизел; 8 – Красновишерск; 9 – Краснокамск; 10 – Лысьва; 11 – Нытва; 12 – Октябрьский; 13 – Оса; 14 – Оханск; 15 – Очер; 16 – Соликамск; 17 – Суксун; 18 – Чердынь; 19 – Чернушка; 20 – Чусовой; 21 – Чайковский; 22 – Александровск; 23 – Барда; 24 – Березовский; 25 – Большая Соснова; 26 – Гайны; 27 – Губаха; 28 – Елово; 29 – Карагай; 30 – Кишерт; 31 – Коса; 32 – Кочёво; 33 – Кудымкар; 34 – Куеда; 35 – Кунгур; 36 – Орда; 37 – Пермский МО; 38 – Сива; 39 – Уинский; 40 – Частые; 41 – Юрла; 42 – Юсьва

Источник: составлено авторами

Таким образом, путем полученных расчетов муниципальные образования были разделены на 4 типа по уровню развития туристско-рекреационного потенциала. Типология представлена в табл. 4.

Результаты исследования отражают туристско-рекреационный потенциал муниципальных образований Пермского края.

Высокий уровень туристско-рекреационного потенциала обусловлен комплексом

следующих факторов: приток федеральных и региональных средств в местную туристскую индустрию, выгодное географическое положение, обеспеченность туристской инфраструктурой, объектами общественного питания, коллективными средствами размещения, многообразие культурно-исторических и природных объектов, вовлеченность муниципальных властей в развитие туристской отрасли.

Низкий уровень туристско-рекреационного потенциала обусловлен низкими темпами развития транспортной системы, коллективных средств размещения и питания, низкой узнаваемостью туристского бренда муниципальных образований, эффективностью использования собственных туристских ресурсов.

Заключение

Кластерный анализ в условиях исследования туризма в контексте муниципальных образований позволяет выявить сильные и слабые места в туристской индустрии этих территорий, а также выделить перспективы развития новых направлений туристской индустрии с учетом географических, политических и социально-экономических особенностей конкретного муниципального образования Пермского края. Данное исследование будет полезно для ознакомления органам местной власти и применимо для исследования муниципальных образований других субъектов Российской Федерации.

Список литературы

1. Konyshev E.V., Safarian A.A. The evaluation of development efficiency for the tourism and recreation complex in the regions of Russia with the DEA method // *Geographical Bulletin*. 2023. № 4 (67). P. 147–159. DOI: 10.17072/2079-7877-2023-4-147-159.
2. Афанасьев О.Е. Туристско-экскурсионные макрорегионации и новое туристско-экскурсионное районирование России как организационные формы планирования развития отрасли // *Современные проблемы сервиса и туризма*. 2023. № 17 (2). С. 82–109. EDN: JMNXQM.
3. Кабанова Е.Е. Туристическая привлекательность муниципальных образований Российской Федерации // *Ученые записки Российского государственного социального университета*. 2014. № 4 (126). С. 100–106. EDN: TICKNR.
4. Коньшев Е.В., Фадеева С.М. Методика интегрально-балльной оценки промышленно-туристской привлекательности муниципальных образований (на примере Пермского края) // *Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса*. 2023. № 4. С. 13–24. DOI: 10.18413/2408-9346-2023-4-0-2.
5. Зырянова И.С., Пачина Д.М. Планирование промышленного тура: выбор объектов и услуг для кольцевого маршрута // *География и туризм*. 2024. № 2 (14). С. 26–31. EDN: NMFIKS.
6. Об утверждении Стратегии развития туризма в Пермском крае на период до 2035 года (с изм. на 27.09.2023). Распоряжение правительства Пермского края № 82-рп от 01.04.2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/406008612> (дата обращения: 30.04.2025).
7. Саранча М.А. Туристский потенциал территории: проблематика определения сущности и структуры // *Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о земле*. 2015. Т. 25. Вып. 1. Ижевск: Удмуртский государственный университет, 2015. С. 135–140. EDN: TNCWDF.
8. Токарев И.В., Мельников М.А., Смирнов В.Е. К вопросу об оценке туристского потенциала регионов Российской Федерации // *Успехи современного естествознания*. 2025. № 1. С. 23–27. DOI: 10.17513/use.38366.
9. Кисляков А.Н., Поляков С.В. Иерархические методы кластеризации в задаче поиска аномальных наблюдений на основе групп с нарушенной симметрией // *Управленческое консультирование*. 2020. № 5 (137). С. 116–127. DOI: 10.22394/1726-1139-2020-5-116-127.
10. Домбровская В.Е. Возможности применения кластерного анализа в исследованиях туризма // *Экономические и социальные проблемы России*. 2023. № 4 (56). С. 35–47. DOI: 10.31249/espr/2023/04.03.
11. Мамраева Д.Г., Ташенова Л.В. Методический инструментарий оценки туристско-рекреационного потенциала региона // *Экономика региона*. 2020. Т. 16. Вып. 1. С. 127–140. DOI: 10.17059/2020-1-10.
12. Коньшев Е.В., Смирнов В.Е. Структура туристско-рекреационного потенциала регионов ПФО // *География, экология, туризм: новые горизонты исследований: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию создания факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ. В 3 т. (Воронеж, 10–12 октября 2024 г.)*. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2024. С. 269–272. EDN: VLOXLR.
13. Официальный сайт территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю. [Электронный ресурс]. URL: <https://59.rosstat.gov.ru/>. (дата обращения: 20.04.2025).
14. Гудковских М.В. Методика комплексной оценки туристско-рекреационного потенциала // *Географический вестник*. 2017. № 1 (40). С. 102–116. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-1-102-116.
15. Ключникова Е.В., Шитова Е.М. Методические подходы к расчету интегрального показателя, методы ранжирования // *ИнноЦентр*. 2016. Вып. 1 (10). С. 4–17. EDN: YHWMIL.

СТАТЬИ

УДК 502.35

DOI 10.17513/use.38394

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ
В РАЙОНАХ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ****Галеева Э.Р., Нестеренко М.Ю., Белов В.С., Соломатин Н.В.***ФГБУН Оренбургский федеральный исследовательский центр Уральского отделения
Российской академии наук, Оренбург, e-mail: n_mu@mail.ru*

Данное исследование проводилось с целью выявления наиболее сейсмоактивных участков Южного Зауралья и проведения геоэкологического районирования Ясненского района по степени сейсмической опасности и возможных рисков. В основу анализа сейсмической активности Южного Зауралья положены данные инструментальных наблюдений Казахстанского национального центра данных и данных сейсмологической сети Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук с 2006 по 2024 г. Исследуемая территория асейсмична, но при этом регистрируются сильные землетрясения, превышающие порог сейсмической безопасности по картам общего сейсмического районирования 2015 г. по шкале Медведева – Шпонхойера – Карника в Ясненском районе. Южное Зауралье богато твердыми полезными ископаемыми. При их добыче применяются буровзрывные работы, которые приводят к увеличению сейсмичности из-за импульсных нагрузок на геологическую среду. Были выявлены наиболее сейсмоактивные участки Южного Зауралья и проведено геоэкологическое районирование Ясненского района Оренбургской области по степени сейсмической опасности. Выявлено, что в зону повышенной сейсмической активности, превышающей прогнозную по карте общего сейсмического районирования (2015), попадают жилые, общественно-деловые, производственные зоны, а также зоны сельскохозяйственного использования и лесного фонда, которые подвержены геоэкологическому риску. Для обеспечения геоэкологической безопасности Южного Зауралья необходимо создание сети сейсмических станций для полного и точного анализа влияния буровзрывных работ на геодинамичность территории.

Ключевые слова: геодинамика, техногенно-тектоническая сейсмичность, техногенные землетрясения, геоэкологическое районирование, Южное Зауралье

**GEOECOLOGICAL ZONING OF THE SOUTHERN URALS
IN SUBSURFACE USE AREAS****Galeeva E.R., Nesterenko M.Yu., Belov V.S., Solomatina N.V.***Orenburg Federal Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
(department of Geoecology), Orenburg, e-mail: n_mu@mail.ru*

This study was conducted in order to identify the most seismically active areas of the Southern Trans-Urals and conduct geoecological zoning of the Yasnensky district according to the degree of seismic hazard and possible risks. The analysis of seismic activity in the Southern Trans-Urals is based on instrumental observations from the Kazakhstan National Data Center and data from the Seismological Network of the Orenburg Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences from 2006 to 2024. The studied area is aseismic, but at the same time, strong earthquakes exceeding the seismic safety threshold are recorded according to the maps of the general seismic zoning of 2015 on the Medvedev–Sponheuer–Karnik scale in the Yasnensky district. The Southern Trans-Urals is rich in solid minerals. Drilling and blasting operations are used in their extraction, which lead to an increase in seismicity due to impulse loads on the geological environment. The most seismically active areas of the Southern Trans-Urals were identified and geoecological zoning of the Yasnensky district of the Orenburg region was carried out according to the degree of seismic hazard. It has been revealed that residential, public-business, industrial zones, as well as areas of agricultural use and forestry, which are subject to geoecological risk, fall into the zone of increased seismic activity exceeding the forecast according to the map of general seismic zoning (2015). To ensure the geo-ecological safety of the Southern Trans-Urals, it is necessary to create a network of seismic stations for a complete and accurate analysis of the impact of drilling and blasting operations on the geodynamics of the territory.

Keywords: geodynamics, technogenic-tectonic seismicity, man-made earthquakes, geoecological zoning, Southern Trans-Urals

Введение

Восточная часть Оренбургской области (Южное Зауралье) – одна из ведущих областей страны по добыче твердых полезных ископаемых (ТПИ) с возросшей сейсмической активностью территории [1, 2]. На площади выявлены проявления минерализации, относящиеся к семейству колчеданных формаций (медь, цинк, свинец); известны проявления и пункты минерализации других

цветных металлов (никеля, кобальта, молибдена, вольфрама, алюминия, висмута), черных металлов, редкоземельных элементов иттриевой и цериевой группы. Благородные металлы представлены мелкими золоторудными объектами различного генезиса.

Важнейшими месторождениями Южного Зауралья являются:

– по запасам меди и цинка – Гайское, Джусинское, Весеннее, Осеннее (колчедан-

ные объекты с сопутствующими свинцом и золотом);

- по запасам асбеста – Кiemбаевское;
- по запасам золота – Южно-Кировское, Белозерское.

Месторождения отрабатываются карьерами (Весеннее, Осеннее, Кiemбаевское, Южно-Кировское, Белозерское) и шахтами (Гайское, Джусинское).

На всех предприятиях по добыче ТПИ применяются буровзрывные работы (БВР) для наиболее эффективного и быстрого извлечения горных пород.

Разработка месторождений ТПИ нарушает природное напряженно-деформированное равновесие в массиве пород [3–5]. Происходит постоянное перераспределение гравитационно-тектонических напряжений в массиве горных пород, что в свою очередь усиливает сейсмичность [6–8]. Горные работы влияют на сейсмическую активность не только самой зоны ведения работ, но и более обширных областей [9, 10].

При активном ведении взрывных работ происходит перераспределение напряжений в массиве таким образом, что часть массива разгружается вследствие взрывов и формирования трещиноватости, а в некоторых частях массива могут происходить сильные сейсмические события [11]. Местоположение таких участков характеризует отклик массива на взрывное воздействие и зависит от поля напряжений, которое формируют различные природно-техногенные факторы (тектонические напряжения, геологическое строение массива, технические и технологические характеристики БВР и др.) [12].

Цель исследования – выявить наиболее сейсмоактивные участки Южного Зауралья и провести геоэкологическое районирование Ясненского района по степени сейсмической опасности и возможных рисков.

Материалы и методы исследования

Место проведения исследования – восточная часть Оренбургской области (Южное Зауралье). В основу анализа сейсмической активности Южного Зауралья положены данные инструментальных наблюдений Казахстанского национального центра данных (КНЦД) и данных сейсмологической сети Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ОФИЦ УрО РАН) с 2006 по 2024 г. [13, 14]. Для уточнения сейсмичности в с.Еленовка Ясненского района была установлена сейсмостанция

«ELN-Еленовка». Все зарегистрированные сейсмические события собраны в электронный каталог. Работа с пространственными данными осуществлялась в программах ArcGIS и Mapinfo. Статистический анализ экспериментальных данных был проведен с применением эмпирической модели Шебалина – Блейка.

Результаты исследования и их обсуждение

Возросшая техногенная нагрузка на сейсмичность в Южном Зауралье при проведении БВР при добыче ТПИ отмечена в работах [1, 2, 13].

Сейсмические события в Южном Зауралье фиксируются на территории неравномерно. Схема распределения зарегистрированных сейсмических событий, полученных КНЦД и ОФИЦ УрО РАН за 2006–2024 гг. представлена на рис. 1. Преимущественно события тяготеют к промышленным площадкам по добыче ТПИ [1, 2, 13].

Карта плотности сейсмических событий на 1 км² за 2006–2004 гг. построена на основании зарегистрированных сейсмических событий при помощи программы ArcGIS (инструмент «плотность точек») и показывает участки сгущения событий. Сгущение происходит у Кiemбаевского карьера, Осеннего, Весеннего, а также Джусинского и Гайского горно-обогатительного комбината. Самыми сейсмоактивными областями по плотности сейсмических событий являются Ясненский и Домбаровский районы, а также Гайский район, южная часть Орского района, северная часть Новоорского района и центральная и западная часть Адамовского района (рис. 2).

В Ясненском районе располагается Кiemбаевский рудник, активно ведущий промышленную деятельность по добыче полезных ископаемых, соответственно, с проведением сопутствующих БВР. Область, попадающая под самую сейсмоактивную, приходится на окружность радиусом от 10 до 25 км. Также здесь располагаются Осенний и Весенний рудники на территории Домбаровского района.

Наиболее точной характеристикой сейсмических воздействий является сейсмическая интенсивность, поскольку она напрямую связана с повреждаемостью строительных объектов. Необходимо отметить, что действующая шкала ГОСТ Р 57546-2017 [15] однозначно связывает баллы шкалы сейсмической интенсивности со степенями повреждений различных типов зданий.

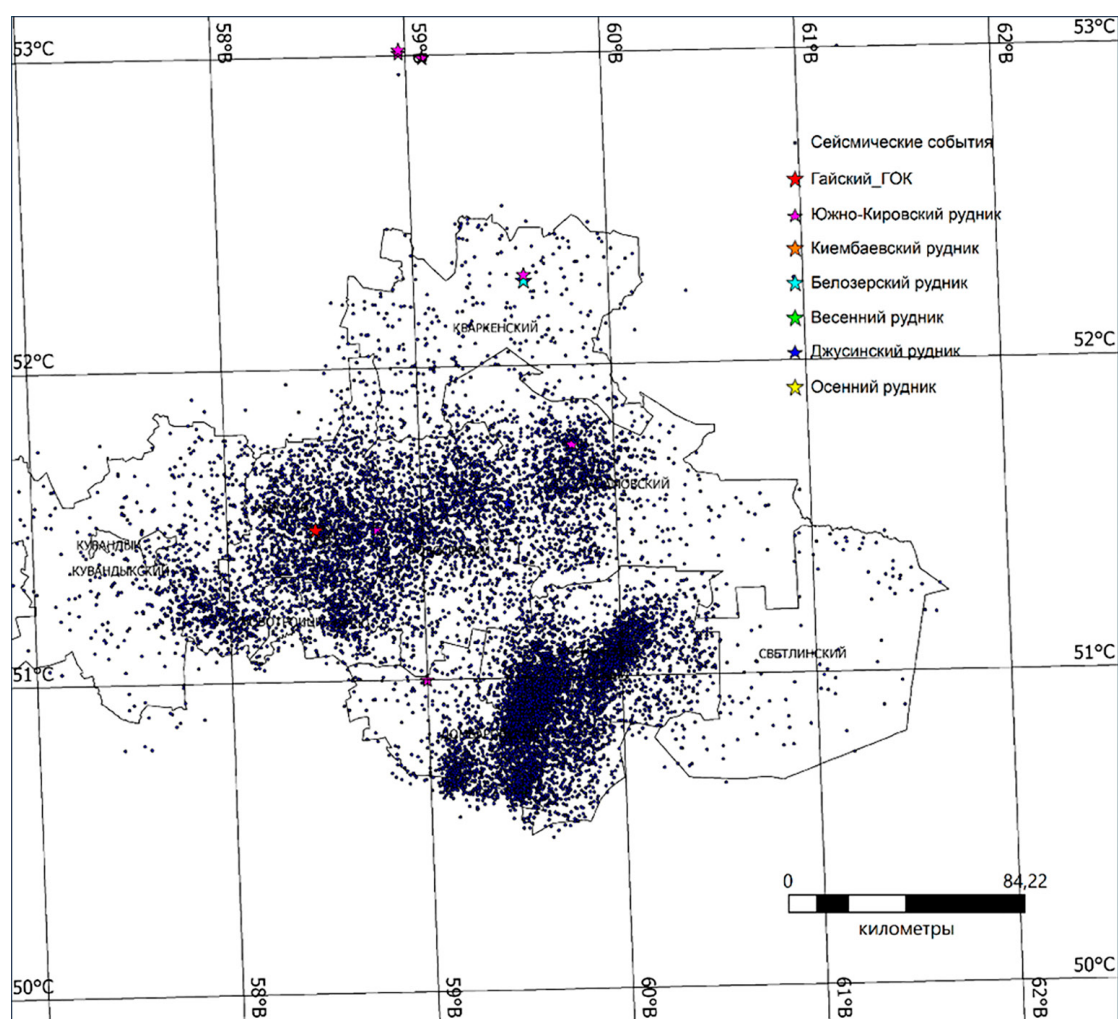


Рис. 1. Схема распределения эпицентров сейсмических событий, произошедших с 2006 по 2024 г. в Южном Зауралье

Источник: составлено авторами на основании собственных данных, полученных в ходе данного исследования

В то же время повреждаемость объектов определяется не только параметрами сейсмических или динамических воздействий, но и геологическим или геоэкологическим состоянием исследуемой территории.

Для оценки геоэкологического риска целесообразно использовать макросейсмическую интенсивность в баллах [16].

Для определения сейсмической интенсивности в баллах (I) на территории Ясненского городского округа была применена эмпирическая модель Шебалина – Блейка, адаптированная для природно-техногенных событий в Уральском регионе [17]:

$$I = 1,5M - 3,5 \lg(r) + 3,$$

где M – магнитуа землетрясения; $r = 5$ км – гипоцентрально расстояние (расстояние

от очага взрыва до высотной застройки г. Ясный).

По результатам проведенных расчетов в таблице приводится итоговое количество землетрясений, совпавших со взрывами по регламентному времени и вызвавших землетрясения на территории г. Ясный.

Южное Зауралье является асейсмичным районом. Однако по результатам расчетов интенсивности по модели Шебалина – Блейка для уральского региона по шкале Медведева – Шпонхойера – Карника (MSK-64) выявлено 7 землетрясений интенсивностью 6 баллов на территории Ясненского района. Это является превышением порога сейсмической безопасности по картам общего сейсмического районирования 2015 г. (ОСР-2015) на 1 балл.

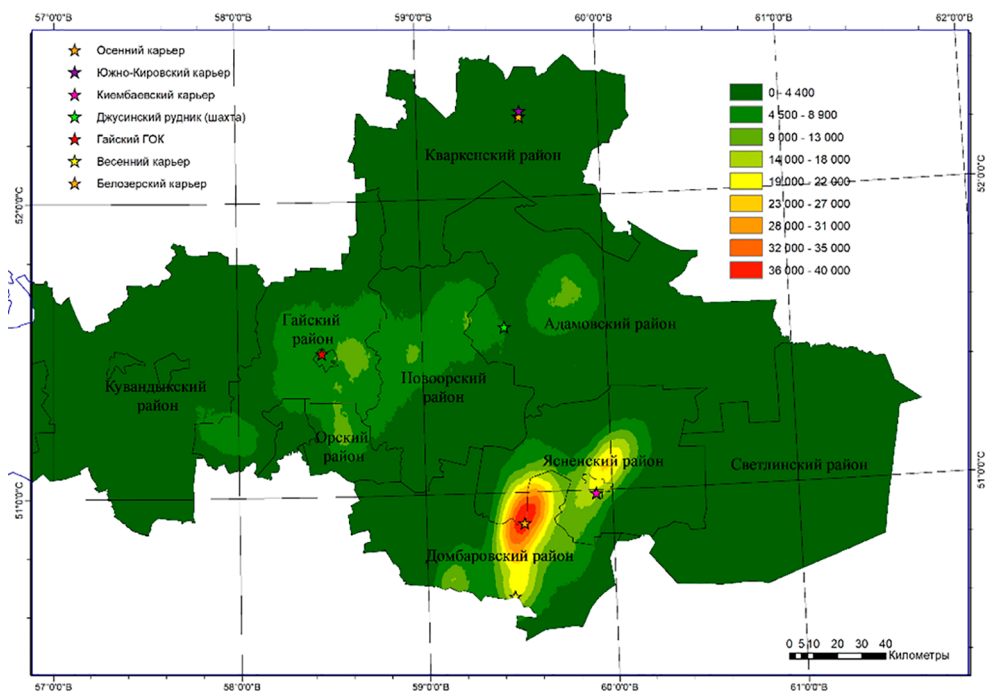


Рис. 2. Карта плотности сейсмических событий на 1 км² за период с 2006 по 2024 г.
 Источник: составлено авторами на основании собственных данных, полученных в ходе данного исследования

Итоговое количество землетрясений, совпавших со взрывами по регламентному времени и вызвавших землетрясения на территории г. Ясный

Год	Сейсмособытий за год	Из них по интенсивности:					
		1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов	6 баллов
2006	58	—	—	9	25	21	3
2007	43	—	1	8	20	12	2
2008	70	—	—	12	52	6	—
2009	69	—	—	11	52	6	—
2010	63	—	—	5	39	19	—
2011	40	—	—	1	26	12	1
2012	33	—	—	2	25	6	—
2013	40	—	—	5	23	12	—
2014	52	—	—	4	33	14	1
2015	52	—	—	5	42	5	—
2016	33	—	—	1	32	—	—
2017	62	—	—	9	50	3	—
2018	34	—	—	6	24	4	—
2019	42	—	—	4	37	1	—
2020	65	—	—	4	59	2	—
2021	48	—	—	6	36	6	—
2022	37	—	—	2	26	9	—
2023	32	—	—	—	16	16	—
Всего	873	—	1	94	617	154	7

Источник: составлено авторами на основании собственных данных, полученных в ходе данного исследования.



Рис. 3. Максимальная величина интенсивности землетрясений от технологических взрывов
 Источник: составлено авторами на основании собственных данных, полученных в ходе данного исследования

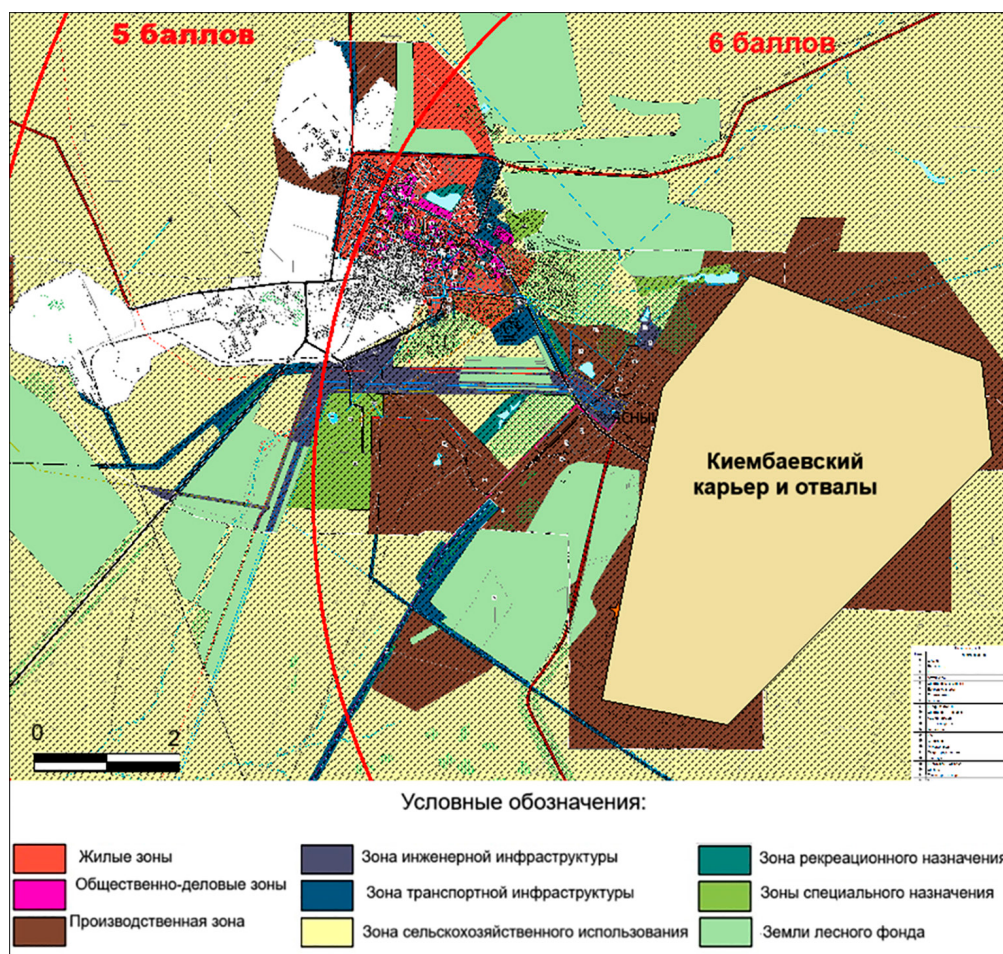


Рис. 4. Схема 6-балльной сейсмичности на территории г. НВГ Ясный
 Источник: составлено авторами на основании собственных данных, полученных в ходе данного исследования

Даже небольшие подвижки земной коры могут привести к катастрофическим экологическим последствиям и человеческим жертвам, поскольку большинство гражданских и промышленных объектов в Оренбургской области рассчитаны при строительстве лишь на 5-балльные сотрясения.

Чтобы наглядно представить сейсмическое влияние БВР на исследуемой территории, были проведены расчеты максимальной интенсивности землетрясений по шкале MSK-64 в зависимости от гипотенузного расстояния. Изосейсты максимальной интенсивности землетрясений представлены на рис. 3. Из представленной схемы видно, что под влиянием проведения БВР на Кiemбаевском карьере попадают г. Ясный, п. Комаровский с общей численностью населения около 12 тыс.

Согласно положению о территориальном планировании Ясненского района в зону 6-балльной сейсмической активности попадают жилые, общественно-деловые, производственные зоны, а также зоны сельскохозяйственного использования и лесного фонда (рис. 4).

Невозможно точно сказать, где именно в будущем будут происходить сильные землетрясения и какое влияние окажет это воздействие на геологическое благополучие Южного Зауралья. Важно наиболее точно спрогнозировать те территории, которые подвержены наибольшему риску проявления сейсмической активности.

Для полного изучения уровня техногенной сейсмической активности на территории Ясненского городского округа, необходимо создание опорной сейсмологической сети, состоящей из четырех-пяти стационарных сейсмических станций. Сеть позволит с высокой точностью фиксировать сейсмические события с минимальными погрешностями. Высокая плотность населения и опасных производственных объектов повышает риск техногенных катастроф, связанных с сейсмоактивностью [18].

Заключение

Увеличение сейсмичности Южного Зауралья – важная геологическая проблема.

Полученные результаты исследования показывают, что текущая сейсмичность территории не соответствует установленной картами ОСР-2015. В зону 6-балльной сейсмической активности в Ясненском районе попадают жилые, общественно-деловые, производственные зоны, а также зоны сельскохозяйственного использования и лесного

фонда. Сведения о сейсмической интенсивности используются при проектировании и строительстве зданий и сооружений. Важно использовать только достоверные данные о сейсмичности территории для безопасности объектов постройки и жизни населения.

Для обеспечения геологической безопасности Южного Зауралья необходимо создание сети сейсмических станций для полного и точного анализа влияния БВР на геодинамичность территории.

Список литературы

1. Нестеренко М.Ю., Нестеренко Ю.М. Природно-техногенная геодинамика и сейсмическая активность восточной части Оренбургской области // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. № 4. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-4/Articles/MYN-2019-4.pdf> (дата обращения: 11.04.2025). EDN: FLNTYK.
2. Нестеренко М.Ю., Белов В.С. Сейсмическая активность в районах добычи полезных ископаемых в Восточном Зауралье // Эколого-экономическая безопасность горно-промышленных регионов: сборник научных статей. Екатеринбург: Институт экономики Уральского отделения РАН, 2022. С. 133–142. EDN: XRMVCR.
3. Мажитов А.М. Оценка степени техногенного преобразования участка недр при разработке месторождения с обурением руды и вмещающих пород в восходящем порядке // Горная промышленность. 2021. № 4. С. 113–118. URL: <https://mining-media.ru/ru/article/newtech/16748-otsenka-stepeni-tekhnogennogo-preobrazovaniya-uchastka-ne-dr-pri-razrabotke-mestorozhdeniya-s-obrusheniem-rudy-i-vmeshchayushchikh-porod-v-voskhodyashchem-poryadke> (дата обращения: 23.04.2025). DOI: 10.30686/1609-9192-2021-4-113-118.
4. Козырев А.А., Онуфриенко В.С., Жукова С.А., Журавлева О.Г. Развитие инструментального и методического обеспечения контроля наведенной сейсмичности на Хибинских апатит-нефелиновых месторождениях // Горный журнал. 2020. № 9. С. 19–26. DOI: 10.17580/gzh.2020.09.02.
5. Жукова С.А., Журавлева О.Г., Онуфриенко В.С., Стрешнев А.А. Особенности сейсмического режима массива горных пород при отработке удароопасных месторождений Хибинского массива // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. № 7. С. 5–17. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_7_0_5.
6. Kozzyrev A.A., Semenova I.E., Zhukova S.A., Zhuravleva O.G. Mining Institute Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russian Federation // Russian Mining Industry. 2022. № 6. P. 95–102. URL: <https://mining-media.ru/en/articles/original-paper/17712-factors-of-seismic-behavior-change-and-localization-of-hazardous-zones-under-a-large-scale-mining-induced-impact> (дата обращения: 06.05.2025). DOI: 10.30686/1609-9192-2022-6-95-102.
7. Гриб Г.В., Гриб Н.Н. Проявление техногенной сейсмичности в Южной Якутии // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16. № 1 (3). С. 636–640. URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2014/2014_1_636_640.pdf. (дата обращения: 06.05.2025). EDN: SXGOHV.
8. Цирель С.В. Закономерности развития техногенной сейсмической активности при ведении горных работ // Записки Горного института. 2010. С. 58–62. URL: https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/6580?setLocale=ru_RU (дата обращения: 06.04.2025).
9. Яковлев Д.В., Цирель С.В., Мулев С.Н. Закономерности развития и методика оперативной оценки техногенной сейсмической активности на горных предприятиях и в горнодобывающих регионах // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2016. № 2. С. 34–47. EDN: VWHYNN.

10. Беседина А.Н., Кочарян Г.Г. Новый подход к снижению риска крупных техногенных землетрясений, основанный на результатах микросейсмического мониторинга // Горная промышленность. 2023. С. 28–34. URL: <https://mining-media.ru/ru/article/newtech/18016-novyj-podkhod-k-snizheniyu-riska-krupnykh-tekhnogennykh-zemletryasenij-osnovannyj-na-rezultatakh-mikrosejsmicheskogo-monitoringa> (дата обращения: 06.05.2025). DOI: 10.30686/1609-9192-2023-S1-28-34.
11. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Фидарова М.И., Шманатов Г.В. Геоэкологические аспекты формирования интенсивности землетрясения на основе инструментальных данных // Геология и геофизика Юга России. 2024. № 2. С. 45–60. URL: <https://geosouth.ru/article/view/961/764> (дата обращения: 06.04.2025). DOI: 10.46698/VNC.2024.27.90.004.
12. Жукова С.А., Журавлева О.Г., Онуприенко В.С., Стрешнев А.А. Изменение потока сейсмической энергии при переходе на глубокие горизонты (месторождение Апатитовый Цирк, Хибинский массив) // Горная промышленность. 2023. № 4. С. 110–116. URL: https://mining-media.ru/images/2023/04_2023/110-116.pdf (дата обращения: 11.04.2025). DOI: 10.30686/1609-9192-2023-4-110-116.
13. Белов В.С., Нестеренко М.Ю., Галеева Э.Р., Капустина О.А. Техногенно-тектоническая сейсмическая активность восточного Оренбуржья // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2024. № 7–1. URL: https://giab-online.ru/files/Data/2024/7/7-1_2024_93-104.pdf (дата обращения: 20.04.2025). DOI: 10.25018/0236_1493_2024_71_0_93.
14. Галеева Э.Р., Нестеренко М.Ю., Белов В.С. Статистические данные о сейсмических событиях на территории восточной части Оренбургской области // Двадцать четвертая Уральская молодежная научная школа по геофизике: сборник научных материалов научной школы. 2023. С. 43–46. EDN: GIODQZ.
15. ГОСТ Р 57546-2017. Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. М.: Стандартинформ, 2017. 32 с.
16. Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Фидарова М.И., Шманатов Г.В. Инструментальная мера сейсмической интенсивности как основа метода сейсмического микрорайонирования // Вестник Владикавказского научного центра. 2024. Т. 24. № 4. С. 29–41. DOI: 10.46698/VNC.2024.92.28.001. EDN: MMQEUD.
17. Дягилев Р.А. Макросейсмика техногенных землетрясений Урала // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 3. С. 292–304. EDN: YJUCGX.
18. Нестеренко М.Ю. Развитие сети сейсмических станций в Оренбургской области // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2024. № 1. DOI: 10.24411/2304-9081-2024-11005. EDN: NECGKA.

УДК 556.36

DOI 10.17513/use.38395

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ХАНТЫ-МАНСИЙСКА

Романова Т.И.

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»,
Ханты-Мансийск, e-mail: tirom@inbox.ru

Несмотря на наличие благоприятных условий для водоснабжения городов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, рост численности населения может привести к увеличению объемов питьевых вод. И со временем вопрос об альтернативных источниках водных ресурсов будет весьма актуальным. Целью исследования является установление возможности использования вод родников в качестве дополнительного ресурса подземных вод. На территории природного парка «Самаровский Чугас» в пределах г. Ханты-Мансийска в летний межень период было проведено опробование вод родников и скважин. Химический анализ природных вод проводился в аккредитованной лаборатории стандартным набором методов (титриметрия, спектральный анализ, инструментальный нейтронно-активационный анализ и др.). В работе рассмотрены гидрогеологические условия г. Ханты-Мансийска, в частности химический состав водоносных горизонтов, воды которых используются в хозяйственно-питьевых целях. Изучены родники подземных вод как дополнительный источник водоснабжения в условиях увеличения численности населения города. Дана оценка экологического состояния родников, расположенных в пределах природного парка «Самаровский Чугас» на территории города. Проведенные исследования показали большое разнообразие по химическому составу пресных подземных вод, что свидетельствует о приуроченности вод родников к разным водоносным горизонтам. Во многих родниках установлены повышенные содержания в водах железа, марганца, кремния, что характерно для подземных вод Западной Сибири. И после небольшой водоподготовки (водоочистки) воду из источников можно использовать для хозяйственно-питьевых целей. Но для вовлечения дополнительных источников водоснабжения необходимо проведение ряда мероприятий по предотвращению поступления загрязняющих веществ в подземные воды.

Ключевые слова: гидрогеологические условия, водоносный комплекс, родники подземных вод, химический состав, водные ресурсы

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта губернатора ХМАО-Югры ФЛ-23-000153.

CHARACTERISTICS OF GROUNDWATER IN THE TERRITORY OF KHANTY-MANSIYSK

Romanova T.I.

Ugra State University, Khanty-Mansiysk, e-mail: tirom@inbox.ru

Despite the presence of favorable conditions for water supply to the cities of the Khanty-Mansiysk Autonomous – District Yugra, a growth of the population quantity may lead to an increase in the volume of drinking water. And the question of alternative water sources will become really actually. The purpose of the studies is to establish the possibility of using spring waters as an additional groundwater resource. During the summer low-water period on the territory of the natural park Samarovsky Chugas over the range the city of Khanty-Mansiysk water from springs and wells was tested. Chemical analysis of natural waters was carried out in an accredited laboratory using a standard set of methods (titrimetry, spectral analysis, instrumental neutron activation analysis, etc.). The hydrogeological conditions of Khanty-Mansiysk, in particular the chemical composition of aquifers, the waters of which are used for domestic and drinking purposes, are considered in the article. Groundwater springs have been studied as an additional source of water supply in the face of an increase in the population of the city. An assessment of the ecological state of springs located within the natural park Samarovsky Chugas in the city is given. The studies showed a wide variety in the chemical composition of fresh groundwater, which indicates that the waters of the springs are confined to different hydrous horizons. In many springs, increased concentrations of iron, manganese, silicon in the waters have been established, which is typical for groundwater in Western Siberia. And after a small preparation water-purifying (water treatment), water from sources can be used for household and drinking purposes. But in order to involve additional sources of water supply, it is necessary to carry out a number of measures to prevent the ingress of pollutants into groundwater.

Keywords: hydro geological conditions, aquifer system, groundwater springs, chemical composition, water resources

The work was carried out with the financial support of the grant of the Governor of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra FL-23-000153.

Введение

Одной из приоритетных задач во всех населенных пунктах является водоснабжение. При этом во многих регионах для этих целей, ввиду отсутствия или плохого каче-

ства подземных вод, используют ресурсы поверхностных вод, которые требуют больших затрат на водоподготовку. На территории г. Ханты-Мансийска (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО))

складываются более благоприятные условия для водоснабжения. Помимо того, что город расположен на берегу р. Иртыш, для централизованного водоснабжения города используются подземные воды, отличающиеся полной изолированностью от поверхностного загрязнения [1], что сказывается на качестве воды. Однако динамичное развитие городских площадей из-за роста численности населения требует увеличения водопотребления, в связи с чем в качестве дополнительного источника водных ресурсов можно рассматривать использование родников подземных вод, которые находятся в городской черте на территории природного парка «Самаровский Чугас». Для этого необходимо изучить химический состав подземных вод, выявить приуроченность родников к водоносным горизонтам (комплексам), проанализировать экологическое состояние водных объектов и дать оценку качества вод как источника дополнительного водоснабжения в условиях развивающегося города.

Характеристика объекта исследований

Город Ханты-Мансийск является административным центром ХМАО, расположен в Западно-Сибирской низменности на берегу р. Иртыш в 20 км от места слияния с р. Обь. В пределах города и вокруг него природный лесной массив относится к природному парку «Самаровский Чугас», который характеризуется разнообразием ландшафтов [2, 3], подверженных антропогенной деградации с большим сроком восстановления [4].

Рельеф города представляет собой 7 холмов, достигающих 120 м над уровнем моря. Перепады абсолютных отметок рельефа составляют около 100 м. Здесь наблюдаются несколько типов ландшафтов [2]: зона поймы р. Иртыш (абсолютная отметка 20–27 м), террасовая зона (I и II надпойменные террасы) с абсолютными отметками 27–45 м и Самаровские холмы, абсолютные отметки которых увеличиваются от 45 до 120 м.

Изучение территории [5] выявило уникальные особенности геологического строения, которые проявляются в непоследовательной стратификации осадочных отложений (кремнисто-глинистые отложения палеогена включены в толщу плиоцен-четвертичных пород в верхней части разреза). Однако этот феномен и по сей день не имеет четкого и однозначного объяснения [2, 5].

Гидрогеологические условия площади исследований недостаточно изучены в силу

неоднозначности происхождения Самаровского останца и большой неоднородности литологического состава. Территория относится к Западно-Сибирскому артезианскому бассейну [6, 7]. В верхнем структурном этаже (платформенном чехле) выделяются два гидрогеологических этажа, разделенных мощной толщей водоупорных отложений тавдинской свиты, являющейся региональным водоупором.

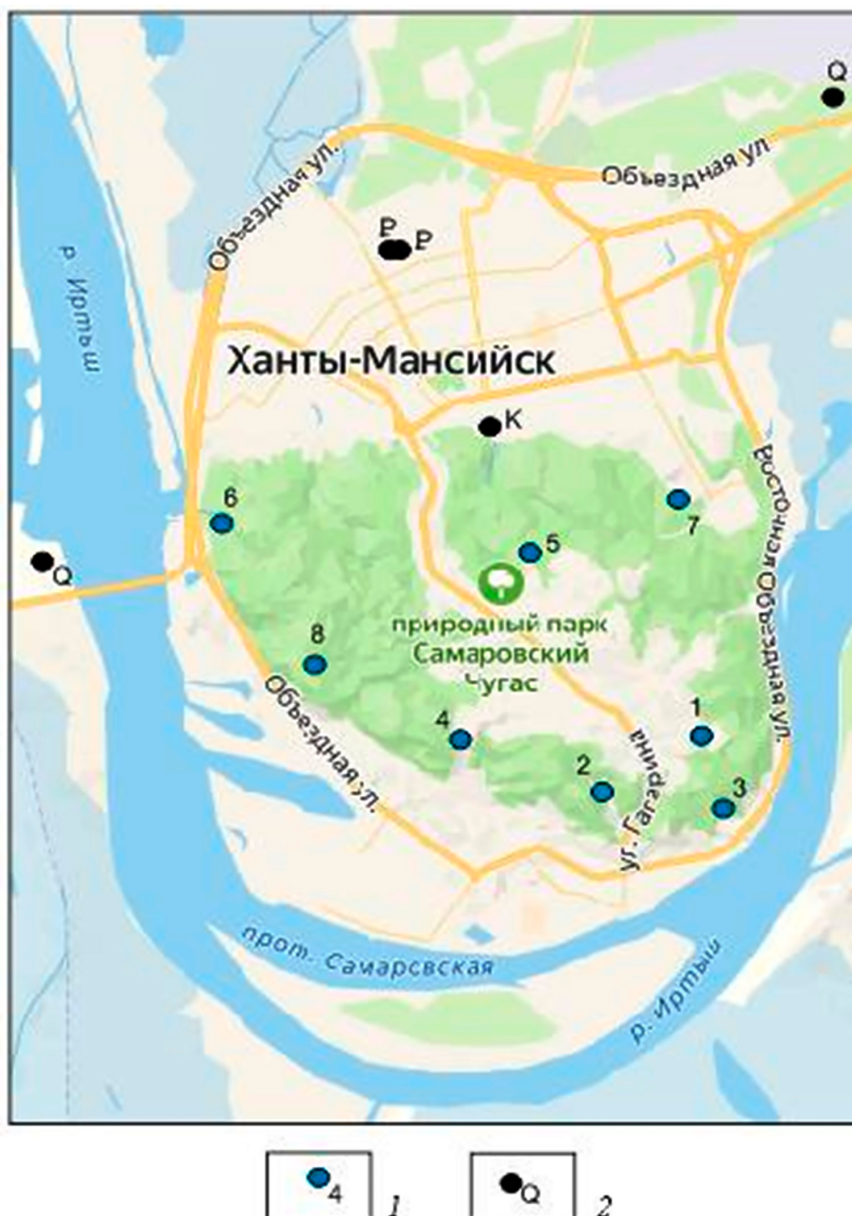
В состав верхнего гидрогеологического этажа входят два водоносных комплекса. Первый – безнапорный плиоцен-четвертичный водоносный комплекс некоторыми исследователями [7–9] подразделяется на водоносные горизонты различного происхождения (ледникового, озерно-ледникового, аллювиального и др.). Ко второму, так называемому рюпельскому водоносному горизонту [7], распространенному повсеместно, относится напорная сложно построенная фациально неоднородная толща новомихайловской и атлымской свит верхнего палеогена.

Нижний этаж представлен водоносным комплексом верхнемеловых отложений апт-альб-сеноманского возраста. Воды этого комплекса используются как минеральные лечебные воды, богатые биологически активными компонентами, обладающие повышенной газонасыщенностью [7].

Цель исследования – установление возможности использования вод родников в качестве дополнительного ресурса подземных вод.

Материалы и методы исследования

Для сравнительного анализа и выявления приуроченности родников подземных вод были изучены подземные воды трех водоносных горизонтов (комплексов), а также воды родников и ручьев, протекающих на территории природного парка «Самаровский Чугас» (рисунок). Пробы подземных вод отбирались из скважин, пробуренных на разные водоносные горизонты, глубиной от 24 до 1226 м. Опробование родников проводилось в летнюю межень (август). Анализ химического состава природных вод проводился в аккредитованной проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии научно-образовательного центра «Вода» Томского политехнического университета (г. Томск) стандартным набором методов (титриметрия, потенциометрия, турбидиметрия, инструментальный нейтронно-активационный анализ, спектральный анализ и др.).



Обзорная схема природного парка «Самаровский Чугас» (г. Ханты-Мансийск):
 1 – родники подземных вод (1 – Кедровый, 2 – Чапаевский, 3 – Набережный, 4 – Стрельбищенский, 5 – Водораздельный, 6 – Затонский, 7 – Назымский, 8 – Уковский); 2 – скважины, пробуренные на водоносные комплексы: Q – плиоцен-четвертичных отложений, P – атлым-новомихайловских отложений верхнего палеогена, K – апт-альб-сеноманских отложений верхнего мела
 Источник: составлено авторами на основе <https://yandex.ru/maps/57/khanty-mansiysk/?ll=69.018902%2C61.003180&z=13>

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам исследований подземных вод (табл. 1) видно, что воды плиоцен-четвертичных отложений умеренно пресные (общая минерализация в среднем составляет 378,0 мг/дм³), по кислотно-щелочному балансу нейтральные. По анионно-катионному составу, благодаря высокому содержанию

двухвалентного железа, воды гидрокарбонатные железисто-кальциевые (по С.А. Щукареву) и гидрокарбонатные кальциевые. Также этот водоносный комплекс отличается повышенными содержаниями ионов сульфата, аммония, марганца, что, вероятно, обусловлено загрязняющими компонентами, проникающими в воды первых от поверхности водоносных горизонтов [9, 10].

Таблица 1

Химический состав подземных вод г. Ханты-Мансийска

Компоненты	Воды плиоцен-чет- вертичных отложений	Воды палеогеновых отложений	Воды меловых отложений	ПДК _в **
pH, ед pH	7,1	6,7	6,9	6,5–8,5
Общая минерализация, мг/дм ³	378,0	275,0	15798,0	
Общая жесткость, мг-экв/дм ³	3,0	1,4	28,5	< 7
Гидрокарбонаты HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	232	180,9	185,0	350
Хлориды Cl ⁻ , мг/дм ³	1,35	18,52	9524,00	500
Сульфаты SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	17,7	2,2	6,0	3,5
Нитраты NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	0,82	2,35	0,30	45
Нитриты NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,7	< 0,05	< 0,05	3,0
Аммоний NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	2,38	0,25	39,00	1,5
Кальций Ca ²⁺ , мг/дм ³	62,9	13,7	410,0	
Магний Mg ²⁺ , мг/дм ³	10,45	8,44	98,0	50
Натрий Na ⁺ , мг/дм ³	6,0	44,9	5510,0	200
Калий K ⁺ , мг/дм ³	0,93	1,41	32,00	
Железо общее Fe, мг/дм ³	45,97	2,23	3,03	0,3
Кремний Si, мг/дм ³	17,65	10,21	5,80	10
Алюминий Al, мг/дм ³	0,0011	0,0141	0,0020	0,2
Марганец Mn, мг/дм ³	2,605	0,084	0,533	0,1
Перманганатная окисляемость, мгO ₂ /дм ³	4,2	2,6	16	5,0
Состав вод*	HCO ₃ -Fe-Ca, HCO ₃ -Ca	HCO ₃ -Na	Cl-Na	
Количество проб	2	2	1	

Примечание. * – состав вод приведен согласно классификации С.А. Щукарева, то есть на первом месте указан преобладающий ион; в скобках приведены катионы, процентное содержание которого менее 25 %, но более 20 %; ** – ПДК_в – предельно допустимые концентрации химических элементов в водах хозяйственно-питьевого назначения (далее ПДК_в).

Источник: составлено авторами.

Атлым-новомихайловский водоносный комплекс (используется для центрального водоснабжения), защищенный мощной глинистой толщей от поверхностного загрязнения, характеризуется более низкими концентрациями химических элементов, в основном не превышающими нормативные значения [11]. Воды по кислотно-щелочному балансу соответствуют слабокислой среде и являются гидрокарбонатными натриевыми. В пресных подземных водах наблюдается повсеместное превышение предельно допустимых концентраций по кремнию, что является региональной особенностью вод Западной Сибири.

Более минерализованные подземные воды верхнемеловых отложений являются также нейтральными (pH = 6,9), по общей минерализации соответствуют соленым во-

дам (табл. 1) и имеют хлоридный натриевый состав.

По результатам табл. 1 видно, что химический состав плиоцен-четвертичного водоносного комплекса отличается от более глубокозалегающего атлым-новомихайловского водоносного слоя повышенными концентрациями сульфатов, общего железа, марганца, кремния, с одной стороны, и более низкими показателями хлоридов, натрия, алюминия, с другой. Эта разница оказывает существенное влияние на солевой состав вод. Первый от поверхности водоносный комплекс имеет гидрокарбонатный кальциевый и железисто-кальциевый состав. Второй (атлым-новомихайловский) водоносный комплекс – гидрокарбонатный натриевый состав, хотя для данного водоносного комплекса, имеющего повсеместное рас-

пространение по территории ХМАО, состав вод по катионам не постоянен и может меняться от натриевого до кальциево-магниевого, кальциево-магниево-натриевого [11].

Более минерализованные воды меловых отложений отличаются не только высокими содержаниями макрокомпонентов (Cl^- , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), что является закономерным для соленых вод, но и самыми низкими концентрациями кремния по сравнению с пресными подземными водами. Содержания железа общего и марганца, так же как и в пресных водах, существенно превышают предельно допустимые концен-

трации и находятся на уровне 10 и 5 ПДК соответственно.

Среди многочисленных естественных выходов на дневную поверхность подземных вод (родников) в пределах природного парка «Самаровский Чугас» (табл. 2) в первую очередь уделялось внимание тем, которые расположены в лесном массиве, и тем, которые находятся в частном секторе и активно используются местными жителями для хозяйственных нужд (полива огородов). Не опробовались родники в частном секторе, область питания которых занимали мусорные свалки бытовых отходов.

Таблица 2

Химический состав родников природного парка «Самаровский Чугас»
(г. Ханты-Мансийск)

Компоненты	Название родников								ПДК _в
	Кедровый	Чапаевский	Набережный	Стрельбищенский	Водораздельный	Затонский	Назымский	Уковский	
pH	6,5	7,3	7,1	7,3	7,3	7,2	7,6	7,6	6,5–8,5
Общая минера-лизация, мг/дм ³	661	357	417	493	525	326	316	287	
Общая жесткость, мг-экв/дм ³	9,45	3,80	5,50	5,85	5,15	4,05	3,50	3,20	< 7
HCO_3^- , мг/дм ³	137	239	170	330	243	154	220	205	
Cl^- , мг/дм ³	131,0	18,0	18,7	32,5	98,0	6,9	8,3	8,3	350
SO_4^{2-} , мг/дм ³	75,0	8,4	125,0	15,1	29,2	89,0	15,5	9,7	500
NO_3^- , мг/дм ³	141,00	5,70	1,80	0,68	4,80	0,27	0,13	0,14	45,00
NO_2^- , мг/дм ³	0,12	0,03	0,33	0,03	0,17	0,02	0,02	<0,02	3,0
NH_4^+ , мг/дм ³	0,02	0,39	0,29	0,18	0,07	0,11	0,16	0,09	1,50
Ca^{2+} , мг/дм ³	112	52	65	88	83	41	39	42	
Mg^{2+} , мг/дм ³	47,0	14,6	27,5	17,7	12,2	24,4	18,9	13,4	50,0
Na^+ , мг/дм ³	15,0	13,4	8,2	6,9	49,0	7,6	10,6	6,6	200
K^+ , мг/дм ³	3,2	4,6	0,1	2,2	5,7	3,1	3,1	2,0	
$\text{Fe}^{\text{общ}}$, мг/дм ³	0,09	0,84	0,53	0,32	0,16	0,19	0,22	0,20	0,30
Mn, мг/дм ³	0,009	0,359	0,450	0,263	0,003	0,001	0,001	0,003	0,100
Si, мг/дм ³	13,2	14,3	11,1	13,1	7,7	10,8	12,6	12,2	10
Al, мг/дм ³	0,0004	0,0004	0	0	0,0113	0,0008	0,0025	0,0014	0,200
Перманганатная окисляемость, $\text{MgO}_2/\text{дм}^3$	1,1	6,3	1,3	2,6	4,6	5,2	5,7	4,6	5,0
Состав вод	$\text{Cl-NO}_3 - \text{Ca-Mg}$	$\text{HCO}_3 - \text{Ca-Mg}$	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$	$\text{HCO}_3 - \text{Ca}$	$\text{HCO}_3\text{-Cl -Ca-Na}$	$\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca-Mg}$	$\text{HCO}_3 - \text{Ca-Mg}$	$\text{HCO}_3 - \text{Ca-Mg}$	

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК_в.
Источник: составлено авторами.

Как видно из табл. 2, химический состав родников по содержанию макрокомпонентов довольно пестрый. По анионному составу воды преимущественно гидрокарбонатные (Чапаевский, Стрельбищенский, Назымский, Уковский), гидрокарбонатно-сульфатные (Набережный, Затонский). По катионному составу воды большинства родников являются кальциево-магниевыми (Затонский, Назымский, Уковский, Набережный, Чапаевский) и кальциевыми (Кедровый, Стрельбищенский). Существенное превышение нормативных показателей установлено в роднике Кедровый по нитратам и общей жесткости, область питания которого занята огородами частных подвои. Несмотря на это воды родника Кедровый активно используются местными жителями не только для полива, но и в питьевых целях.

Сравнительный анализ химического состава подземных вод верхнего гидрогеологического этажа (табл. 1) и опробованных на территории г. Ханты-Мансийска вод родников (табл. 2) позволяет установить тесную взаимосвязь между родниками и подземными водами площади исследований. Гидрокарбонатные кальциево-магниевого воды и воды смешанного анионного состава – гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевого, встречающиеся в родниках Чапаевский и Набережный, сопоставимы с водами плиоцен-четвертичного комплекса отложений, объединяющего водоносные горизонты разного генезиса. Тем более по химическому составу воды родников близки водам данного водоносного комплекса, которые характеризуются повышенными содержаниями железа и марганца [11, 12]. Подземные воды, разгружающиеся в родниках Назымский и Уковский, по химическому составу классифицируются как гидрокарбонатные кальциевые, с низкими значениями железа общего и марганца, сопоставимыми с водами атлым-новомихайловского водоносного комплекса [11]. Воды родников Водораздельный, Стрельбищенский и Затонский имеют смешанный состав анионов и катионов, что, вероятно, обусловлено смешением вод разных водоносных горизонтов при разгрузке на дневную поверхность [13].

При оценке экологического состояния вод родников выявлено повышенное содержание железа, марганца, кремния, что характерно для пресных подземных вод ХМАО [12, 13]. Первичными источниками поступления данных химических элементов в подземные воды являются вме-

щающие горные породы [14, 15], а также нельзя исключать антропогенный фактор (примером которого являются воды родника Кедровый). Незначительные превышения нормативных требований к качеству вод хозяйственно-питьевого назначения как в подземных водах плиоцен-четвертичных и атлым-новомихайловских отложениях, так и в водах родников г. Ханты-Мансийска свидетельствует о необходимости проведения водоподготовки. Очистка воды от загрязняющих компонентов возможна с помощью установки современных бытовых фильтров, что делает возможным использование родниковых вод как дополнительного источника водоснабжения населения города. Тем более что эксплуатация водных ресурсов, особенно использование пресных подземных вод, залегающих на глубине более 100 м, для водоснабжения частных хозяйств требует получения предварительного разрешения от государственных органов надзора. Тогда как естественные выходы подземных вод на поверхность в таком разрешении не нуждаются.

Заключение

Таким образом, для вовлечения дополнительных источников (родников) в процесс водопользования в городе рекомендуется провести следующие меры.

Во-первых, в целях предотвращения поступления загрязняющих веществ в подземные воды, в частности в родники, область питания которых зачастую находится в жилой части города, убрать/перенести места выбросов и скопления отходов на достаточное расстояние от родников.

Во-вторых, учитывая планируемый объем жилищного строительства в связи с ростом численности населения, необходимо ведение мониторинга за состоянием родников на территории природного парка «Самаровский Чугас».

В-третьих, места выходов подземных вод на дневную поверхность должны быть облагорожены, это не только способствует охране родников от загрязняющих факторов, но и в целом делает природный парк более красивым и привлекательным для туристов и местных жителей.

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Список литературы

1. Ватурина М.В., Русакова Ю.О., Храмова А.Л. Прогноз изменения гидрохимического облика пресных подземных вод в условиях интенсивного нефтяного освоения За-

- падной Сибири // Академический журнал Западной Сибири. 2017. Т. 13. № 4 (71). С. 6–9. EDN: YKKTOA.
2. Большаник П.В., Холов Е.Д. Антропогенная трансформация рельефа города Ханты-Мансийска // Экономика и социум. 2024. № 4 (119)–1. С. 806–822. URL: https://www.iupr.ru/_files/ugd/b06fdc_7184a5cad07a4a59802b6e31ea852043.pdf?index=true (дата обращения: 21.03.2025).
3. Дитц Л.Ю. Эрозионные земли территории памятника природы «Ханты-Мансийские холмы» // Московский экономический журнал. 2019. № 13. С. 40–50. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-10288.
4. Ковязин И.Г., Абатурова И.В., Стороженко Л.А., Савинцев И.А. Инженерно-геологические условия дислокации в низовьях Иртыша на территории г. Ханты-Мансийск // 17-я научно-практическая конференция и выставка «Инженерная и рудная геофизика 2021». EAGE (Геленджик, 26–30 апреля 2021 г.): доклад + электронная публикация. Геленджик, 2021. DOI: 10.3997/2214-4609.202152129. EDN: DZARYN
5. Крапивнер Р.Б. Происхождение Самаровских дислокаций в низовьях Иртыша (Западная Сибирь) // Геотектоника. 2004. № 5. С. 53–67. URL: http://www.ginras.ru/library/pdf/gt_2004_5.pdf (дата обращения: 07.03.2025).
6. Вашурина М.В., Русакова Ю.О., Храмова А.Л. Изучение состояния пресных подземных вод в условиях интенсивного освоения Красноленинского месторождения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2019. № 11. С. 51–59. DOI: 10.30713/2413-5011-2019-11(335)-51-59. EDN: DMLGXJ.
7. Денисов В.А., Зылева Л.И., Ковригина Е.К., Козырев В.Е. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Р-42. Ханты-Мансийск. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. 343 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geokniga.org/sites/geokniga/files/mapcomments/p-42-hanty-mansiysk-gosudarstvennaya-geologicheskaya-karta-rossiyskoy-feder.pdf> (дата обращения: 07.03.2025).
8. Курчиков А.Р., Козырев В.И. Особенности эксплуатации подземных вод атлымского горизонта в западной части Западно-Сибирского мегабассейна (на примере Хутотского месторождения пресных подземных вод) // Академический журнал Западной Сибири. 2016. Т. 12. № 3 (64). С. 27–29. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28887415_79615914.pdf (дата обращения: 07.05.2025). EDN: VWYDTU.
9. Кончакова Н.В. Геохимия и санитарно-гигиеническая типизация подземных вод, используемых в питьевых целях в Томской области и Ханты-Мансийском автономном округе // Вода: химия и экология. 2012. № 1 (43). С. 24–31. EDN: OOURPW.
10. Вашурина М.В., Русакова Ю.О., Храмова А.Л. Химический состав пресных подземных вод в естественном и нарушенном состоянии на территории юго-западной части ХМАО – Югры // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2018. № 7. С. 44–51. DOI: 10.30713/2413-5011-2018-7-44-51. EDN: XTBZBR.
11. Колубаева Ю.В., Иванова И.С., Широкова Л.С. Особенности химического состава природных вод и их влияние на здоровье населения севера Западной Сибири // Успехи современного естествознания. 2023. № 11. С. 61–68. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38144> (дата обращения: 07.05.2025). DOI: 10.17513/use.38144.
12. Храмова А.Л., Русакова Ю.О., Вашурина М.В. Условия формирования особенностей гидрохимического облика пресных подземных вод на автономном участке Самотлорского месторождения ХМАО – Югры // Нефтепромысловое дело. 2016. № 2. С. 50–56. EDN: VKQUTN.
13. Романова Т.И., Хвощевская А.А., Копылова Ю.Г. Распространенность химических элементов в подземных водах природного парка Самаровский чугас (г. Ханты-Мансийск) // Вопросы устойчивого развития общества. 2020. № 9. С. 534–546. DOI: 10.34755/IROK.2020.82.64.078. EDN: BCPXSQ.
14. Романова Т.И., Копылова Ю.Г. Разновидности геохимических типов вод родников г. Ханты-Мансийска // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: труды V Всероссийской научной конференции с международным участием имени профессора С. Л. Шварцева (Томск, 16–21 октября 2023 г.). Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2023. С. 292–296. ISBN 978-5-4387-1158-2.
15. Хабибулина Р.Д. Поведение железа и марганца в природных водах ХМАО – Югры // Научное сообщество студентов: материалы IX Международной студенческой научно-практической конференции (Чебоксары, 30 апреля 2016 г.). Чебоксары: Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2016. Т. 2. С. 89–91. ISBN 978-5-9908358-0-1.

УДК 622.276.438:553.08(571.1)
DOI 10.17513/use.38396

РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СОВМЕСТИМОСТИ ПЛАСТОВЫХ И ЗАКАЧИВАЕМЫХ ВОД ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО МЕГАБАСЕЙНА

Сальникова Ю.И.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень;
Западно-Сибирский филиал Института геологии нефти и газа Сибирского отделения
Российской академии наук, Тюмень, e-mail: salnikovaji@tyuiu.ru

В статье представлены обобщенные и систематизированные данные физико-химического моделирования выпадения осадка кальцита при смешивании пластовых и закачиваемых вод, полученные в период геологического изучения на месторождениях углеводородов Западной Сибири по методике отраслевого стандарта с использованием программы «РОСА». Выполнена выборка максимального значения прогнозируемого выпадения карбоната кальция и соответствующего этому значению соотношения пластовой и закачиваемой воды в смеси. Анализовались данные, полученные при моделировании процессов заводнения нефтяных залежей минерализованными водами апт-альб-сеноманских отложений с целью поддержания пластового давления, а также при закачке излишков попутно добываемых вод в пласты-коллекторы поглощающего горизонта Западно-Сибирского мегабассейна. Установлено, что в подавляющем большинстве случаев наибольшие значения прогнозируемого образования карбоната кальция фиксируются при доле закачиваемой воды в пласте 9:1. Оценка прогнозных максимальных значений кальцита на рассматриваемой территории дана по нефтегазоносным областям. Выявлена приуроченность максимальных значений прогнозируемого осадка кальцита к центральным районам Западной Сибири (Среднеобская нефтегазоносная область) при заводнении неокомских и юрских горизонтов. Наименьшие его значения установлены для северных районов (Надым-Пурская и Пур-Тазовская нефтегазоносные области) при заводнении неокомских горизонтов.

Ключевые слова: Западно-Сибирский мегабассейн, пластовые воды, геохимическая совместимость вод, осадок карбоната кальция, попутные воды

RESULTS OF PHYSICOCHEMICAL MODELING OF COMPATIBILITY OF FORMATION AND INJECTED WATERS OF THE WEST SIBERIAN MEGABASIN

Salnikova Yu.I.

Industrial University of Tyumen, Tyumen;
Institute of Petroleum Geology and Geophysics named after A.A. Trofimuk, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, West Siberian Branch, Tyumen, e-mail: salnikovaji@tyuiu.ru

The article presents generalized and systematized data on the physicochemical modeling of calcite precipitation during mixing of formation and injected waters, obtained during the geological study of hydrocarbon deposits in Western Siberia using the industry standard methodology and the ROSA program. A sample of the maximum value of the predicted precipitation of calcium carbonate and the ratio of formation and injected water in the mixture corresponding to this value was taken. The data obtained during modeling of the flooding processes of oil deposits with mineralized waters of Aptian-Albian-Cenomanian deposits in order to maintain reservoir pressure, as well as during the injection of excess produced water into the reservoir layers of the absorbing horizon of the West Siberian megabasin, were analyzed. It has been established that in the overwhelming majority of cases, the highest values of predicted formation of calcium carbonate are recorded with a proportion of injected water in the formation of 9:1. An assessment of the predicted maximum values of calcite in the territory under consideration is given for oil and gas bearing regions. The confinement of the maximum values of the predicted calcite sediment to the central regions of Western Siberia (the Middle Ob oil and gas region) during the flooding of Neocomian and Jurassic horizons was revealed. Its lowest values were established for the northern regions (Nadym-Pur and Pur-Taz oil and gas regions) during flooding of Neocomian horizons.

Keywords: West Siberian megabasin, formation waters, associated waters, geochemical compatibility of waters, calcium carbonate sediment

Введение

В Западной Сибири при разработке залежей углеводородов юрско-меловых отложений длительный период (более 55 лет) используются минерализованные воды апт-альб-сеноманского водоносного комплекса (ААС ВК) Западно-Сибирского мегабассейна (ЗСМБ) для поддержания пластового давления (ППД). За этот период на ме-

сторождениях с организованной системой ППД накопленный объем добытой подземной воды превысил 7,4 млрд м³. На месторождениях, где объемы попутно добываемых с углеводородами вод превышают потребности систем заводнения, организованы участки размещения излишков этих вод в пласты-коллекторы ААС ВК. В настоящее время суммарный объем закачанной жидко-

сти в апт-альб-сеноманский поглощающий комплекс составляет 671 млн м³ [1]. При этом техногенная нагрузка, оказываемая на апт-альб-сеноманский водоносный комплекс, характеризуется своими особенностями в зависимости от рассматриваемого нефтегазоносного района. К примеру, для северных районов Западной Сибири, при сохранении роли комплекса как объекта добычи технических вод для повышения нефтеотдачи пластов (накопленный объем превысил 480 млн м³), отмечается рост его целевого назначения как резервуара для размещения значительных объемов попутно добываемых вод и других флюидов (более 126,5 млн м³).

Очевидно, что такие внушительные объемы подземных вод, вовлеченные в технологические процессы на промыслах, имеют свои особенности при взаимодействии флюидов водоносных комплексов в разрезе мезозойских отложений ЗСМБ. Поэтому необходимость оценки геохимической совместимости пластовых и закачиваемых вод является актуальной задачей в промысловой гидрогеологии [2; 3]. Прогнозирование равновесия смешиваемых вод поможет предотвратить проблемы солеотложений на скважинном оборудовании, ухудшения коллекторских свойств продуктивных пластов и, как следствие, снижения нефтеотдачи [4, с. 97; 5, с. 39; 6, с. 10]. Решение вопросов осадкообразования в пластовых условиях нефтяных месторождений, моделирование процессов осаждения и пути их решения отражены в исследованиях многих ученых [7–9].

Солеотложения, образующиеся в результате смешивания закачиваемых и пластовых вод на месторождениях Западной Сибири, представлены главным образом в виде карбоната кальция. Пластовые воды месторождений Западно-Сибирского мегабассейна практически не содержат сульфатов, поэтому сульфатное равновесие чаще всего не рассматривается. Совместимость вод в основном оценивается по результатам состояния карбонатной системы их смесей.

Лабораторные методы моделирования совместимости смешиваемых минерализованных вод для месторождений углеводородов Западной Сибири используются крайне редко. В опубликованной литературе такие исследования в основном охватывают месторождения углеводородов Восточной Сибири, Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, Приуральской НГО [10–12]. По Западной Сибири имеются экспериментальные данные по совместимости пресных

вод с водами продуктивных пластов Приобского месторождения, а также минерализованных вод апт-альб-сеноманского комплекса и нефтепродуктивного интервала (неокомский комплекс) Восточно-Янчинского месторождения [13]. Полученные результаты имеют условный характер, поскольку большая часть исследований проводилась без учета пластовых давлений и температур.

На практике более широко используются расчетные методы термодинамического моделирования смешения подземных вод разного состава по регламентированной методике отраслевого стандарта [14] с использованием различных программных продуктов.

Цель исследования – систематизировать данные прогнозных расчетов образования карбоната кальция при моделировании смешивания пластовых и закачиваемых вод на месторождениях углеводородов Западной Сибири.

Материалы и методы исследования

В работе обобщены результаты многолетних исследований (2014–2024 гг.) совместимости пластовых и закачиваемых вод Западно-Сибирского мегабассейна по фоновым отчетам (всего 199 отчетов) оценки запасов подземных вод с целью их использования в системах поддержания пластового давления залежей нефтяных месторождений, а также гидрогеологического обоснования размещения излишков попутно добываемых вод в поглощающий горизонт. В указанных материалах расчеты совместимости подземных вод с целью оценки выпадения осадка карбоната кальция выполнялись согласно методике отраслевого стандарта [14]. В основе расчетного метода определения совместимости смешиваемых вод по кальциту лежит зависимость растворимости солей кальция в многокомпонентной смеси от температуры, давления и парциального давления углекислого газа. Относительная погрешность метода – 15%. Полученные данные по оценке совместимости пластовых и закачиваемых флюидов признаны государственной комиссией по запасам достоверными.

Результаты исследования и их обсуждение

Месторождения углеводородов, по которым обобщены расчеты выпадения кальция, нанесены на картографическую основу гидрогеологического районирования территории Тюменской области по условиям размещения излишков образующихся на промыслах вод (рис. 1) [15].

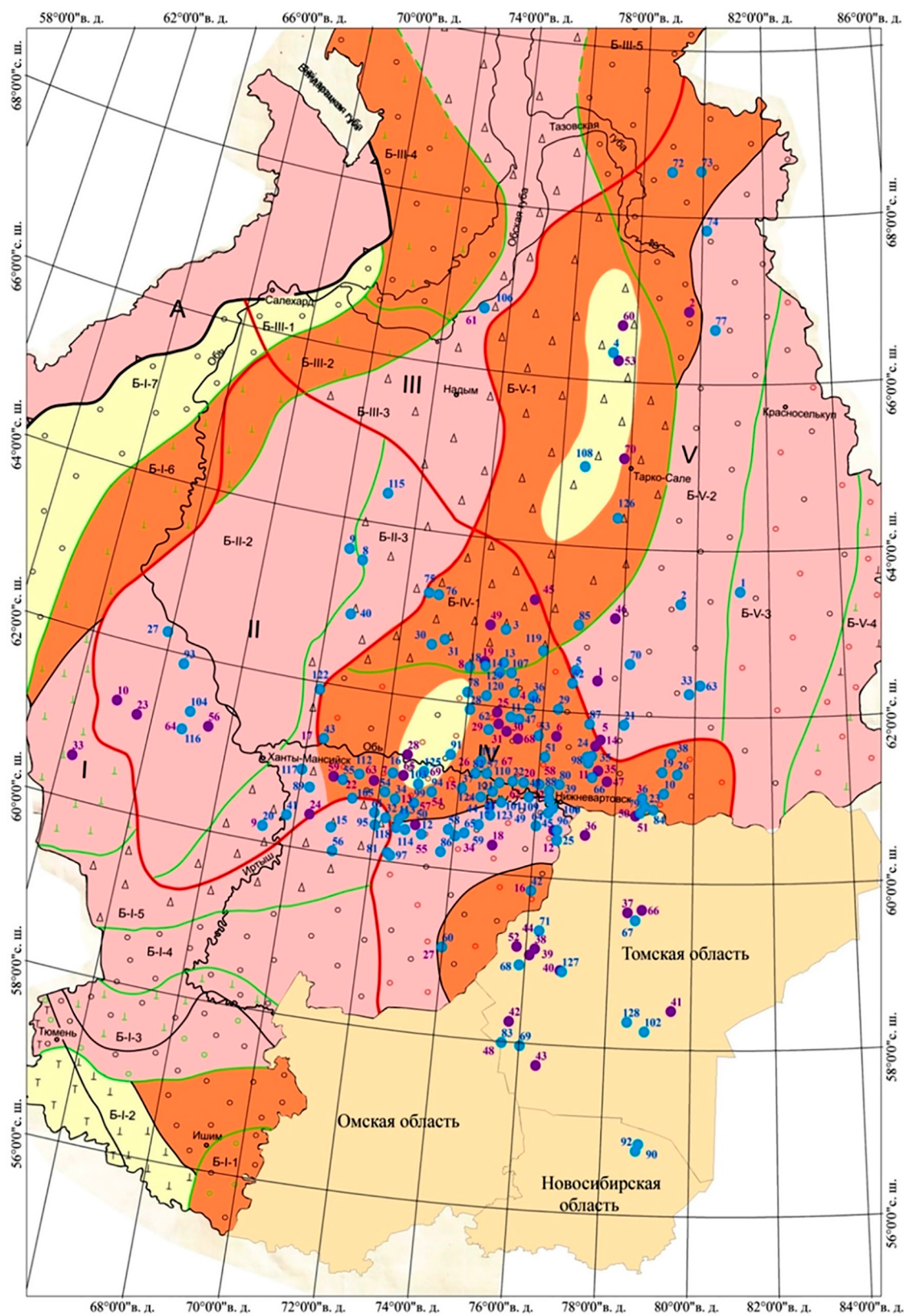
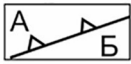
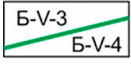
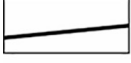
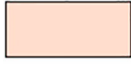


Рис. 1. Карта фактического материала
 Источник: составлено автором на основе [15]

- А** Область неблагоприятная для захоронений промышленных стоков;
- Б** Область благоприятная для захоронений промышленных стоков;
-  граница областей;
-  границы зон благоприятных для захоронения промышленных стоков и их номера (зоны выделены по различным типам гидрогеологических разрезов);
- Зона I** Основной пласт-коллектор - верхне-альбско-сеноманская водонапорная толща (уватская свита);
- Зона II** Основной пласт-коллектор - верхне-аптско-нижнеальбская водонапорная толща (викуловская свита);
- Зона III** Основной пласт-коллектор - верхне-готеривско-нижнеальбская водонапорная толща (танопчинская свита);
- Зона IV** Основной пласт-коллектор - валанжин-готерив-барремская водонапорная толща (вартовская свита);
- Зона V** Основной пласт-коллектор - валанжин-сеноманская водонапорная толща (верхняя часть усть-тазовской серии, отвечающая сеноманскому ярусу);
-  Границы районов (районы выделены по различному количеству потенциальных пластов-коллекторов);
-  Границы участков (участки выделены по различным значениям проницаемости пластов-коллекторов).
- Проницаемость пород, мД
1. Апт-сеноманский водонапорный подкомплекс (верхнеальбско-сеноманская, верхнеаптско-нижнеальбская водонапорная толща)
-  > 1000
-  500-1000
-  100-500
2. Неокомский и юрский водонапорные подкомплексы (готерив-барремская, валанжинская, юрская водонапорные толщи. Соответствующие цвета крапа - черный, красный, зеленый)
-  > 1000
-  500-1000
-  100-500
-  неупорядоченная, преимущественно низкая (10-100);
-  ¹ данные совместимости пластовых вод ААС ВК с попутными водами продуктивных отложений (утилизация), номер месторождения;
-  ² данные совместимости пластовых вод ААС ВК с водами продуктивных отложений (система ППД), номер месторождения.

Условные обозначения к рис. 1

Условный номер	Название месторождения с организованной системой ППД	Условный номер	Название месторождения с организованной системой ППД	Условный номер	Название месторождения с организованным полигоном закладки
1	ВОРГЕНСКОЕ	66	СОРОМИНСКОЕ	1	СЕВЕРО-ВАРЬЕГАНСКОЕ
2	РАВНИННОЕ	67	ЧКАЛОВСКОЕ	2	ЗАПОЛЯРНОЕ
3	ОТДЕЛЬНОЕ	68	ПЕРВОМАЙСКОЕ	3	АРИГОЛЬСКОЕ
4	УРЕНГОЙСКОЕ	69	ТАГАЙСКОЕ	4	ВАТЬЕГАНСКОЕ
5	ВАЛЮНИНСКОЕ	70	ТАГРИНСКОЕ	5	ГУНЬЕГАНСКОЕ
6	АРИГОЛЬСКОЕ	71	ОЛЕНЬЕ	6	ЕГУРЬЯХСКОЕ
7	ВАТЬЕГАНСКОЕ	72	ЗАПАДНО-МЕССОЯХСКОЕ	7	ЗАПАДНО-УСТЬ-БАЛЫКСКОЕ
8	ВЕРХНЕКАЗЫМСКОЕ	73	ВОСТОЧНО-МЕССОЯХСКОЕ	8	КОГАЛЫМСКОЕ
9	ИМ.И.Н.ЛОГАЧЕВА	74	ПЯКЯХИНСКОЕ	9	КОНДИНСКОЕ
10	КОШИЛЬСКОЕ	75	ВОСТОЧНО-ПЕРЕВАЛЬНОЕ	10	ЛОВИНСКОЕ
11	МИШАЕВСКОЕ	76	ВЕРХЕНАДЫМСКОЕ	11	МЫХЛОРСКОЕ
12	ВСТРЕЧНОЕ	77	РУССКОЕ	12	ПОЛУДЕННОЕ
13	ГРИБНОЕ	78	ВОСТОЧНО-ИКИЛОРСКОЕ	13	ТЕПЛОВСКОЕ
14	ДРУЖНОЕ	79	ВОСТОЧНО-ОХТЕУРСКОЕ	14	ТЮМЕНСКОЕ
15	ЗАПАДНО-САЛЫМСКОЕ	80	САМОТЛОРСКОЕ	15	ФАИНСКОЕ
16	ЗАПАДНО-УСТЬ-БАЛЫКСКОЕ	81	КУЗОВАТКИНСКОЕ	16	ЧИСТИННОЕ
17	КИНЯМИНСКОЕ	82	ЗАПАДНО-ПОКАМАСОВСКОЕ	17	ПРИБОЕСКОЕ
18	КОГАЛЫМСКОЕ	83	КРАПИВИНСКОЕ	18	ЮЖНО-КИНЯМИНСКОЕ
19	КОЛИК-ЕГАНСКОЕ	84	ВАХСКОЕ	19	ЮЖНО-ЯГУНСКОЕ
20	КОНДИНСКОЕ	85	ВЫНГАПУРОВСКОЕ	20	СЕВЕРО-ПОКУРСКОЕ
21	НОВО-АГАНСКОЕ	86	УНТЫГЕЙСКОЕ	21	КЕТОВСКОЕ
22	ЛУГОВОЕ	87	ВАН-ЕГАНСКОЕ	22	ПРАВДИНСКОЕ
23	МАКСИМИНСКОЕ	88	ВАТИНСКОЕ	23	ПОТНАЙ-КАРТОПЫНСКОЕ
24	МАЛОЧЕРНОГОРСКОЕ	89	ВЕРХНЕСАПШИНСКОЕ	24	НИЖНЕСАПШИНСКОЕ
25	МОХТИКОВСКОЕ	90	ВЕРХ-ТАРСКОЕ	25	ВОСТ-ПРИДОРЖНОЕ
26	ПЕРМЯКОВСКОЕ	91	ВОСТОЧНО-СУРГУТСКОЕ	26	ПОКАМАСОВСКОЕ
27	ПЕСЧАНОЕ	92	ВОСТОЧНО-ТАРСКОЕ	27	ТАЙЛАКОВСКОЕ
28	РАВЕНСКОЕ	93	ЕМ-ЕГОВСКОЕ+ПАЛЪЯНОВСКОЕ	28	СОЛКИНСКОЕ
29	РОСЛАВЛЫНСКОЕ	94	ЗАПАДНО-АСОМКИНСКОЕ	29	КЕЧИМОВСКОЕ
30	СЕВЕРО-КОНИТЛОРСКОЕ	95	ЗАПАДНО-МАЛОБАЛЫКСКОЕ	30	ПОКАЧЕВСКОЕ
31	СЕВЕРО-КОЧЕВСКОЕ	96	ЗАПАДНО-ПОЛУДЕННОЕ	31	КЛЮЧЕВОЕ
32	МАЛОБАЛЫКСКОЕ	97	ИМ. О.А. МОСКОВЦЕВА	32	ОРЕХОВО-ЕРМАКОВСКОЕ
33	СУСЛИКОВСКОЕ	98	КЫСОМСКОЕ	33	УЗБЕКСКОЕ
34	ТЕПЛОВСКОЕ	99	МАМОНТОВСКОЕ	34	УГУТСКОЕ
35	УЗУНСКОЕ	100	МЕГИОНСКОЕ	35	СОРОМИНСКОЕ
36	УСТЬ-КОТУХТИНСКОЕ	101	МЫХПАЙСКОЕ	36	МАЛОРЕЧЕНСКОЕ
37	ФАИНСКОЕ	102	НИЖНЕЛУГИНЕЦКОЕ	37	ЧКАЛОВСКОЕ
38	ХОХРЯКОВСКОЕ	103	ОМБИНСКОЕ	38	КАТЫЛЬГИНСКОЕ
39	ЧЕХЛОНЕЙСКОЕ	104	ПОТТЫМСКО-ИНГИНСКОЕ	39	ЗАПАДНО-КАТЫЛЬГИНСКОЕ
40	ЖУМАЖАНОВСКОЕ	105	САЛЫМСКИЙ (ЛЕМПИНСКИЙ)	40	ЮЖНО-ЧЕРЕМШАНСКОЕ
41	ЧАПРОВСКОЕ	106	САНДИБИНСКОЕ	41	СОБОЛИНОЕ
42	ЧИСТИННОЕ	107	СВОБОДНОЕ	42	ДВУРЕЧЕНСКОЕ
43	ПРИБОЕСКОЕ	108	СЕВЕРО-ГУБКИНСКОЕ+ПРИСКОЕ	43	ИГОЛЬСКО-ТАЛОВОЕ
44	ОСТРОВНОЕ	109	СЕВЕРО-ОРЕХОВСКОЕ	44	ОЛЕНЬЕ
45	ЮЖНОЕ	110	СЕВЕРО-ОСТРОВНОЕ	45	СПОРЫШЕВСКОЕ
46	ЗАПАДНО-МОГУТЛОРСКОЕ	111	СЕВЕРО-ПОКАМАСОВСКОЕ	46	ЯРАЙНЕРСКОЕ
47	СЕВЕРО-ПОКАЧЕВСКОЕ	112	СЕВЕРО-САЛЫМСКОЕ	47	ЕРШОВОЕ
48	СЕВЕРО-ПОКУРСКОЕ	113	СРЕДНЕБАЛЫКСКОЕ ОСН ЧАСТЬ	48	КРАПИВИНСКОЕ
49	КЕТОВСКОЕ	114	СРЕДНЕБАЛЫКСКОЕ ЮЖ ЧАСТЬ	49	ХОЛМОГОРСКОЕ
50	МАЙСКОЕ	115	СРЕДНЕХУЛЫМСКОЕ	50	СЕВЕРНОЕ
51	АГАНСКОЕ	116	ТАЛИНСКОЕ	51	ВАХСКОЕ
52	ЗАПАДНО-ВАРЬЕГАНСКОЕ	117	ПРИБОЕСКОЕ ЮЖ ЧАСТЬ	52	ПЕРВОМАЙСКОЕ
53	КУРРАГАНСКОЕ	118	ЮЖНО-БАЛЫКСКОЕ	53	ВОСТОЧНО-УРЕНГОЙСКОЕ
54	ВОСТ-ПРАВДИНСКОЕ	119	ЮЖНО-ВЫНТОЙСКОЕ	54	ЗАПАДНО-АСОМКИНСКОЕ
55	ПРИАЗЛОМНОЕ	120	ЮЖНО-КУСТОВОЕ	55	ЕФРЕМОВСКОЕ
56	ВЕРХНЕСАЛЫМСКОЕ	121	ЮЖНО-ЛОКОСОВСКОЕ	56	КАМЕННОЕ
57	ПОКАМАСОВСКОЕ	122	ЮЖНО-ЛЯМИНСКОЕ	57	МАМОНТОВСКОЕ
58	ЗАПАДНО-УГУТСКОЕ	123	ЮЖНО-ОСТРОВНОЕ	58	МЕГИОНСКОЕ
59	СРЕДНЕУГУТСКОЕ	124	ЮЖНО-ПОКАМАСОВСКОЕ	59	ПРИАЗЛОМНОЕ
60	ТАЙЛАКОВСКОЕ	125	ЮЖНО-СУРГУТСКОЕ	60	САМБУРГСКОЕ
61	ПЕТЕЛИНСКОЕ	126	ЮЖНО-ТАРАСОВСКОЕ	61	САНДИБИНСКОЕ
62	КЕЧИМОВСКОЕ	127	ЮЖНО-ЧЕРЕМШАГСКОЕ	62	СЕВЕРО-ОРЕХОВСКОЕ
63	ВЕРХНЕКОЛИК-ЕГАНСКОЕ	128	ЮЖНО-ШИНГИНСКОЕ	63	СЕВЕРО-САЛЫМСКОЕ
64	ОРЕХОВО-ЕРМАКОВСКОЕ	129	ЮЖНО-ЯГУНСКОЕ	64	ТАЛИНСКОЕ
65	УГУТСКОЕ			65	УСТЬ-БАЛЫКСКОЕ
				66	ЧКАЛОВСКОЕ
				67	ЮЖНО-ЛОКОСОВСКОЕ
				68	ЮЖНО-ПОКАЧЕВСКОЕ
				69	ЮЖНО-СУРГУТСКОЕ
				70	ПУРОВСКИЙ ЗПК

Окончание условных обозначений к рис. 1

Автором по каждому месторождению выполнена выборка максимального значения прогнозируемого выпадения карбоната кальция и соответствующего ему соотношения пластовой и закачиваемой воды в смеси. Количество проведенных моделирований по месторождению зависело от количества продуктивных горизонтов (неокомский, юрский).

Систематизация результатов моделирования производилась по нефтегазоносным областям (НГО) согласно нефтегеологическому районированию территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции [16].

Сводные данные по результатам моделирования физико-химических процессов при смешивании вод ААС ВК с пластовыми водами продуктивных отложений (неокомские, юрские) для целей ППД на месторождениях Западно-Сибирского мегабассейна (более 200 определений) при оценке максимального осадкообразования (в знаменателе) и доля полученного максимального осадка при соответствующем соотношении смесей (в числителе) представлены в табл. 1.

Согласно проанализированным данным, в 68 % от всех проведенных определений ве-

роятные максимальные значения выпадения кальцита в осадок (до 558 мг/дм³) прогнозируются для условий, когда доля закачиваемой воды в пласт-коллектор составляет 9:1. Отсутствие осадка при любом соотношении смешиваемых вод получено в 15 % случаев моделирования, что наглядно представлено на рис. 2.

Приведенные средние данные по осадкообразованию в целом характерны для Среднеобской нефтегазоносной области, по которой выполнена преобладающая доля (127 определений) от общего количества исследований.

Для Надым-Пурской и Пур-Тазовской нефтегазоносных областей наблюдается значимое отличие в результатах. В преобладающей массе проведенных расчетов (90 %) максимальные, до 151 мг/дм³, значения кальцита были получены при соотношении закачиваемой и пластовой воды 9:1 для Надым-Пурской НГО, до 320 мг/дм³ – Пур-Тазовской НГО. Для Надым-Пурской нефтегазоносной области единичный случай максимального значения осадка карбоната кальция по расчетному моделированию (226 мг/дм³) зафиксирован при соотношении 7:3.

Таблица 1

Максимальное количество осадка при смешении вод ААС ВК с водами продуктивных горизонтов

НГО	Продуктивные горизонты	Соотношение агента нагнетания в смеси с пластовой водой					Количество определений
		9:1	7:3	5:5	4:6	2:8	
Надым-Пурская	неоком, юра	90 % 12–151	10 % 226	–	–	–	10
Пур-Тазовская	ААС, неоком	100 % 47–320	–	–	–	–	7
Васюганская	неоком, юра-Pz	96 % 7–231	–	–	2 % 332	2 % 170	26
Каймысовская	неоком, юра	33 % 39	33 % 358	–	33 % 398	–	3
Красноленинская	ААС, неоком, юра	23 % 6–314	39 % 225–318	15 % 250–284	8 % 305	15 % 290–363	13
Среднеобская	неоком, юра	70 % 3–558	11 % 301–322	5 % 259–333	11 % 118–423	3 % 367–526	127
Фроловская	неоком, юра	48 % 112–408	26 % 117–344	18 % 315–555	4 % 68	4 % 442	23
всего		68 % 3–558	13 % 301–358	6 % 205–555	9 % 118–423	4 % 441–526	209

Примечание: при соотношениях 8:2, 6:4, 3:7 и 1:9 максимальных значений осадка не прогнозируется. Источник: составлено автором.

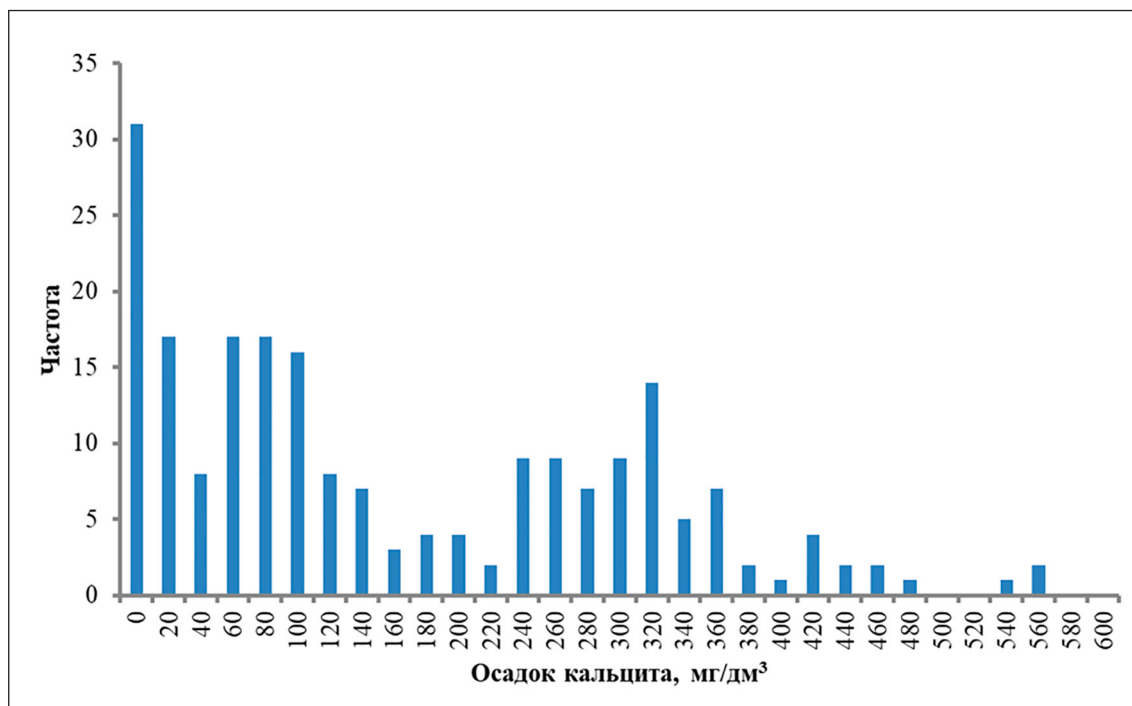


Рис. 2. Максимальное количество кальцита, прогнозируемое при смешении пластовых вод продуктивных отложений с закачиваемыми водами
Источник: составлено автором

Таблица 2

Максимальное количество осадка при смешении попутных и хозяйственно-бытовых вод с водами ААС ВК

НГО	Размещаемые воды в ААС ВК	Соотношение агента нагнетания в смеси с пластовой водой					Количество определений
		9:1	7:3	5:5	4:6	2:8	
Пур-Тазовская	хоз-быт. стоки	$\frac{67\%}{0}$	$\frac{33\%}{23}$				3
Надым-Пурская	хоз-быт. стоки	$\frac{100\%}{0-66}$					2
Васюганская	неоком/юра	$\frac{100\%}{53-411}$					13
Каймысовская	неоком/юра	$\frac{100\%}{54-243}$					3
Красноленинская	ААС/юра	$\frac{17\%}{70}$	$\frac{17\%}{89}$	$\frac{49\%}{145-255}$	$\frac{17\%}{173}$		6
Среднеобская	неоком/юра	$\frac{87\%}{22-627}$	$\frac{9\%}{265-484}$	$\frac{4\%}{369-486}$			46
Фроловская	неоком/юра	$\frac{38\%}{181-456}$	$\frac{50\%}{163-590}$			$\frac{12\%}{157-208}$	16
всего		$\frac{74\%}{0-627}$	$\frac{16\%}{23-590}$	$\frac{6\%}{145-486}$	$\frac{2\%}{173}$	$\frac{2\%}{157-208}$	89

Примечание: при соотношениях 8:2, 6:4, 3:7 и 1:9 максимальных значений осадка не прогнозируется.
Источник: составлено автором.



Рис. 3. Максимальное количество кальцита, прогнозируемое при смешении попутных вод продуктивных отложений с пластовыми водами ААС ВК
Источник: составлено автором

Сводные данные по результатам моделирования физико-химических процессов при смешивании попутных вод продуктивных отложений (неокомского и юрского комплексов) и очищенных хозяйственно-бытовых стоков с пластовыми водами ААС ВК на месторождениях Западно-Сибирского мегабассейна представлены в табл. 2. Для данного вида недропользования проанализировано около 90 определений совместимости вод (рис. 3).

Наиболее часто встречаемый вариант максимально возможного осадка карбоната кальция – до 265 мг/дм³. В единичных случаях прогнозировался максимальный осадок от 411 до 627 мг/дм³.

В целом по Западной Сибири полученные схожие прогнозные данные карбонатного осадкообразования – в 74 % определений совместимости вод максимальный осадок достигает 627 мг/дм³ (Среднеобская НГО) при соотношении закачиваемой и пластовой воды 9:1. Но отмечается ряд особенностей.

По Надым-Пурской и Пур-Тазовской нефтегазоносным областям максимальный осадок также прогнозируется при соотно-

шении 9:1 закачиваемых и пластовых вод. Но количественные значения расчетного осадка кальцита существенно меньше – до 66 мг/дм³.

Для Красноленинской НГО преобладающее количество определений (49 %) получены максимальные значения кальцита при соотношении смешиваемых вод 5:5.

Заключение

По результатам физико-химического моделирования установлено, что в подавляющем большинстве случаев наибольшие значения прогнозируемого образования карбоната кальция фиксируются при доле закачиваемой воды в пласте 9:1, как при взаимодействии пластовых и закачиваемых вод как в системах поддержания пластового давления (68 % случаев), так и в пунктах размещения излишков попутно добываемых и хозяйственно-бытовых вод в поглощающий горизонт (74 % случаев). Такое соотношение смешиваемых вод характерно в основном для прифилтровой зоны скважин, при продвижении нагнетаемых вод по пласту доля пластовых вод будет увеличиваться.

Максимальные значения прогнозируемого осадка кальцита (при соотношении закачиваемой и пластовой воды 9:1) получены для центральных районов Западно-Сибирского мегабассейна (Среднеобская нефтегазоносная область) при заводнении неокомских и юрских горизонтов. Наименьшие его значения при таком же соотношении смешиваемых вод установлены для северных районов (Надым-Пурская и Пур-Тазовская нефтегазоносные области) при заводнении неокомских горизонтов.

Список литературы

1. Плавник А.Г., Сальникова Ю.И., Бешенцев В.А., Семенова Т.В. Анализ неоднородности результатов гидрогеохимического мониторинга апт-альб-сеноманского комплекса на месторождениях Западной Сибири // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2025. № 2 (170). С. 39–53. DOI: 10.31660/0445-0108-2025-2-39-53.
2. Семенова Т.В. Проблемы совместимости пластовых и закачиваемых вод на нефтепромыслах Западной Сибири // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2017. № 4 (124). С. 34–37. DOI: 10.31660/0445-0108-2017-4-34-37.
3. Илюшин П.Ю., Рудакова Л.В., Калинина Е.В., Сюзов А.В., Вяткин К.А., Белик Е.С., Rögener F. Снижение негативного воздействия нефтяных месторождений на объекты гидросферы при использовании подтоварной воды для поддержания пластового давления // Экология и промышленность России. 2022. № 26 (4). С. 56–61. DOI: 10.18412/1816-0395-2022-4-56-61.
4. Муляк В.В., Порошин В.Д., Гаттенбергер Ю.П., Абукова Л.А., Леухина О.И. Гидрохимические методы анализа и контроля разработки нефтяных и газовых месторождений. М.: ГЕОС, 2007. 245 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19601432> (дата обращения: 23.05.2025). ISBN: 5-89118-390-3.
5. Кашавцев В.Е., Мищенко И.Т. Солеобразование при добыче нефти. М.: Орбита-М, 2004. 432 с. Электронный ресурс. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19600523> (дата обращения: 23.05.2025). ISBN: 5-85210-223-7.
6. Бриков А.В., Маркин А.Н. Нефтепромысловая химия: практическое руководство по борьбе с образованием солей. М.: Де Либри, 2018. 335 с. Электронный ресурс. URL: https://www.rogtectmagazine.com/wp-content/uploads/2019/05/Brikov_book_final.pdf (дата обращения: 23.05.2025). ISBN 978-5-4491-0139-6.
7. Gan H., Liu Z., Wang X., Zhang Y., Liao Y., Zhao G., Zhao J., Liu Z. Effect of Temperature and Acidification on Re-injection of Geothermal Water into Sandstone Geothermal Reservoirs: Laboratory Study // Water 2022. Vol. 14 (19). 2955. DOI: 10.3390/W14192955.
8. Novikov D.A. Hydrogeochemistry of authigenic mineral formation in Upper Jurassic sediments (the Nadym-Taz interfluvial area, Arctic regions of Western Siberia) // Applied Geochemistry. 2020. Vol. 122. P. 104704. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2020.104704.
9. Hamid S., De Jesús O., Jacinto C., Izetti R., Pinto H., Drogue E., Edwards C., Cassidy J., Zhang H., Dagenais P., M.A. Batocchio. A Practical Method of Predicting Calcium Carbonate Scale Formation in Well Completions // SPE Prod & Oper. 2016. № 31. P. 1–11. DOI: 10.2118/168087-PA.
10. Лавренчук В.А., Кильянов М.Ю., Ламбин Д.Н., Лавренчук А.И., Исаев Д.В. Особенности смешения различных типов воды для закачки в систему поддержания пластового давления // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2022. № 7 (355). С. 41–47. DOI: 10.33285/0130-3872-2022-7(355)-41-47.
11. Ахметгареев В.В. Результаты лабораторного моделирования закачки низкоминерализованной воды в песчаники и известняки некоторых месторождений Татарстана // Нефтяное хозяйство. 2016. № 6. С. 90–93. URL: https://oil-industry.net/Journal/archive_detail.php?ID=10636&art=228149 (дата обращения: 23.04.2025).
12. Крапивин В.Б., Истомин В.А., Квон В.Г., Сергеева Д.В., Герасимов Ю.А., Тройникова А.А. Анализ совместимости минерализованной пластовой воды газоконденсатных месторождений Восточной Сибири с водными растворами метанола // Нефтегазохимия. 2023. № 1. С. 33–39. DOI: 10.24412/2310-8266-2023-1-33-39.
13. Сальникова Ю.И. Результаты исследований совместимости пластовых и закачиваемых вод на месторождениях углеводородов в Западной Сибири // Успехи современного естествознания. 2024. № 2. С. 44–53. DOI: 10.17513/use.38217.
14. Отраслевой стандарт ОСТ 39-229-89 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Определение совместимости закачиваемых и пластовых вод по кальциту и гипсу расчетным методом» (утв. приказом Министерства нефтяной промышленности от 6 февраля 1989 г. № 100). Дата введения 1 июля 1990 г. Срок действия 1 января 1991 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/5369071/> (дата обращения: 23.04.2025).
15. Нестеров И.И., Шпильман А.В. Карта-схема. Схема нефтегеологического районирования Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции / Под ред. ГП «НАЦ РН им. В.И. Шпильмана». Тюмень, 2010. Лист 1, 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://catalog.muzgeo.ru/entity/OBJECT/60054?person=313476&index=5> (дата обращения: 23.04.2025).
16. Красикова Г.А. Отчет по составлению карты гидрогеологического районирования территории Тюменской области по условиям захоронения промышленных стоков масштаба 1:2500000 в 1989–1991 гг. Тюменская КГРЭ. Гидрорежимная партия, Тюмень, 1994. 122 с. Приложение 14. ЗапСиб РГЦ Геологические фонды, Инв. № 11441. [Электронный ресурс]. URL: https://reports.geologyscience.ru/reports_full_list.php?npage=19857 (дата обращения: 23.04.2025).