

ISSN 1819-7663 (Print)  
ISSN 2542-1921 (Online)

# ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия: Науки о Земле

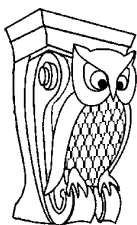
2023

Том 23

Выпуск 4



IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY  
EARTH SCIENCES



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

# ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия Науки о Земле, выпуск 4

Продолжение «Известий Императорского Николаевского Университета» 1910–1918, «Ученых записок СГУ» 1923–1962,  
«Известий Саратовского университета. Новая серия» 2001–2004



Научный журнал  
2023 Том 23

ISSN 1819-7663 (Print)  
ISSN 2542-1921 (Online)

Издаётся с 2006 года

## СОДЕРЖАНИЕ

### Научный отдел

#### География

**Демин А. М., Федоров А. В.**

Особенности эволюции экзистического пространства  
Саратовской области во второй половине  
имперского периода (1800–1917 гг.)

220

**Камалова Р. Г., Фатхутдинова И. Ш.,  
Фатхутдинова Р. Ш., Курбанова Л. А.**

Внутригодовые и межгодовые изменения облачности  
в городе Уфа

230

**Крылов П. М.**

Изменения использования транспорта в городских  
и сельских населённых пунктах России  
разной плотности за период 2014–2022 гг.

235

**Носонов А. М.**

Пилотные инновационные территориальные кластеры:  
пространственная дифференциация, закономерности развития  
и эффективность

242

**Пряхина С. И., Котова А. А.**

Синоптические условия образования гроз с выпадением  
ливневых осадков над территорией  
Западной Сибири

250

**Ямашкин А. А., Макаров В. З., Ямашкин С. А.**

Принципы и методы исследования структуры метагеосистем  
для проектирования паломническо-туристского кластера

255

#### Геология

**Гончаренко О. П., Соломон М. В.**

Нерастворимый остаток нижнепермских силвинитовых пород  
западного и северо-западного обрамления  
Прикаспийской впадины

264

**Коробов А. Д., Коробова Л. А.**

О роли соленых углей при превращении каолинита в гидрослюда  
парагонитового типа в тонштейнах Донбасса

272

**Первушов Е. М.**

Ирригационная система позднемеловых гексактинеллид  
(Porifera, Hexactinellida)

284

Журнал «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия “Науки о Земле”» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Запись о регистрации СМИ ПИ  
№ ФС77-76643 от 26 августа 2019 года

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (категория К2, специальности: 1.6.1, 1.6.2, 1.6.9, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.18, 1.6.20, 1.6.21)

Подписной индекс издания 36010.  
Подписку на печатные издания можно оформить в Интернет-каталоге  
ГК «Урал-Пресс» (ural-press.ru).  
Журнал выходит 4 раза в год.  
Цена свободная.  
Электронная версия находится в открытом доступе (geo.sgu.ru)

#### Директор издательства

Бучко Ирина Юрьевна

#### Редактор

Малютина Елена Анатольевна

#### Художник

Соколов Дмитрий Валерьевич

#### Редактор-стилист

Агафонов Андрей Петрович

#### Верстка

Степанова Наталия Ивановна

#### Технический редактор

Каргин Игорь Анатольевич

#### Корректор

Малютина Елена Анатольевна

#### Адрес учредителя, издателя и издательства (редакции):

410012, Саратов, ул. Астраханская, 83  
Тел.: +7(845-2) 51-29-94, 51-45-49,  
52-26-89

E-mail: publ@sgu.ru, izdat@sgu.ru

Подписано в печать 18.12.2023.

Подписано в свет 25.12.2023.

Формат 60 × 84 1/8.

Усл. печ. л. 8.83 (9.5).

Тираж 100 экз. Заказ 128-Т.

Отпечатано в типографии  
Саратовского университета.

#### Адрес типографии:

410012, Саратов, Б. Казачья, 112А

© Саратовский университет, 2023



## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле» принимает к публикации на русском языке общетеоретические, методические, дискуссионные, критические статьи, результаты исследований в области наук о Земле, краткие сообщения и рецензии, а также хронику и информацию.

Объем публикуемой статьи не должен превышать 16 страниц, 5 рисунков и 4 таблиц.

Статья должна быть аккуратно оформлена и тщательно отредактирована.

Последовательность предоставления материала:

– на русском языке: индекс УДК, название статьи, инициалы и фамилии авторов, сведения об авторах (ученая степень, должность и место работы, e-mail), аннотация, ключевые слова, текст статьи, благодарности, ссылки на гранты, библиографический список;

– на английском языке: название статьи, инициалы и фамилии авторов, ORCID, место работы (вуз, почтовый адрес), e-mail, аннотация, ключевые слова.

Отдельным файлом приводятся сведения о статье: раздел журнала, УДК, авторы и название статьи (на русском и английском языках); сведения об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), e-mail, телефон (для ответственного за переписку обязательно указать сотовый или домашний). Если название статьи слишком длинное, то для колонтитула следует привести его краткий вариант.

Иллюстрации и таблицы должны быть представлены отдельным файлом в формате jpg, tiff, cdr, bmp, разрешением не меньше 300 dpi. Рисунки должны быть представлены в черно-белом виде.

Все материалы предоставляются как в бумажном, так и электронном виде.

Требования к аннотации и библиографическому списку:

– аннотация должна отражать основную суть публикации; оптимальный объем 500–600 знаков;

– в библиографическом списке должны быть указаны только процитированные в статье работы; ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Более подробная информация о правилах оформления статей, образцы оформления различных источников приведены вместе со стилевым файлом по адресу: [www.geo.sgu.ru](http://www.geo.sgu.ru).

Датой поступления статьи считается дата поступления ее окончательного варианта. Возвращенная на доработку статья должна быть прислана в редакцию не позднее чем через три месяца. Возвращение статьи на доработку не означает, что статья будет опубликована, после переработки она вновь будет рецензироваться.

Материалы, отклоненные редколлегией, не возвращаются.

Адреса для переписки с редколлегией серии: [geoizvestiya@yandex.ru](mailto:geoizvestiya@yandex.ru); 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, географический факультет, ответственному секретарю журнала «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле».

## CONTENTS

### Scientific Part

#### Geography

**Demin A. M., Fedorov A. V.**

Unveiling the evolutionary patterns of Ecistic space in the Saratov region during the latter half of the imperial era (1800–1917) 220

**Kamalova R. G., Fatkhutdinova I. Sh., Fatkhutdinova R. Sh., Kurbanova L. A.**

Intraannual and interannual changes in clouds in Ufa 230

**Krylov P. M.**

Changes in transport use in Russian urban and rural settlements of different population sizes over the period 2014–2022 235

**Nosonov A. M.**

Pilot innovative territorial clusters: Spatial differentiation, patterns of development and efficiency 242

**Pryakhina S. I., Kotova A. A.**

Synoptic conditions for the formation of thunderstorms with heavy rainfall over the territory of Western Siberia 250

**Yamashkin A. A., Makarov V. Z., Yamashkin S. A.**

Principles and methods for studying the structure of metageosystems for designing a pilgrimage-tourist cluster 255

#### Geology

**Goncharenko O. P., Solomon M. V.**

Insoluble remains of Lower Permian sylvinitic rocks in the western and north-western framing of the Caspian depression 264

**Korobov A. D., Korobova L. A.**

On the role of salty coals in kaolinite transformation into paragonite-type hydromica within the Donbass tonsteins 272

**Pervushov E. M.**

Irrigation system in the Late Cretaceous Hexactinellids (Porifera, Hexactinellida) 284



**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА  
«ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. НОВАЯ СЕРИЯ.  
СЕРИЯ: НАУКИ О ЗЕМЛЕ»**

**Главный редактор**

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

**Заместитель главного редактора**

Первушов Евгений Михайлович, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

**Ответственный секретарь**

Затонская Анна Вячеславовна, кандидат геогр. наук, доцент (Саратов, Россия)

**Члены редакционной коллегии:**

Горбатенко Валентина Петровна, доктор геогр. наук, профессор (Томск, Россия)

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Диденко Алексей Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, член-корреспондент РАН (Хабаровск, Россия)

Казанский Алексей Юрьевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Москва, Россия)

Калинин Николай Александрович, доктор геогр. наук, профессор (Пермь, Россия)

Катровский Александр Петрович, доктор геогр. наук, профессор (Смоленск, Россия)

Коробов Александр Дмитриевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Носонов Артур Модестович, доктор геогр. наук, профессор (Саранск, Россия)

Переведенцев Юрий Петрович, доктор геогр. наук, профессор (Казань, Россия)

Семенов Юрий Михайлович, доктор геогр. наук, профессор (Иркутск, Россия)

Хоецян Ашот Владимирович, доктор геогр. наук, профессор (Ереван, Армения)

Чумаченко Алексей Николаевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Шурыгин Борис Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор,

член-корреспондент РАН (Новосибирск, Россия)

Яковенко Наталия Владимировна, доктор геогр. наук, доцент (Воронеж, Россия)

**EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL  
“IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY.  
EARTH SCIENCES”**

**Editor-in-Chief** – Vladimir Z. Makarov (Saratov, Russia)

**Deputy Editor-in-Chief** – Evgeniy M. Pervushov (Saratov, Russia)

**Executive secretary** – Anna V. Zatonskaya (Saratov, Russia)

**Members of the Editorial Board:**

Valentina P. Gorbatenko (Tomsk, Russia)

Andrey Yu. Guzhikov (Saratov, Russia)

Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Aleksei Yu. Kazanskii (Moscow, Russia)

Nikolay A. Kalinin (Perm, Russia)

Aleksandr P. Katrovskii (Smolensk, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

Artur M. Nosonov (Saransk, Russia)

Yurij P. Perevedentsev (Kazan, Russia)

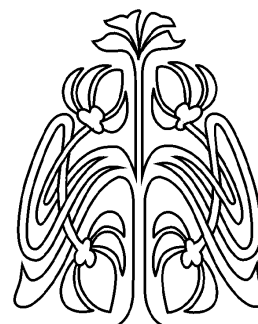
Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

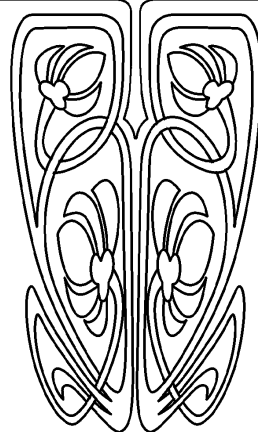
Aleksey N. Chumachenko (Saratov, Russia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)

Nataliya V. Yakovenko (Voronezh, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ  
КОЛЛЕГИЯ**





## ГЕОГРАФИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 220–229

*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 220–229

<https://geo.sgu.ru> <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-220-229>, EDN: ACQGAW

Научная статья  
УДК 911.3(470.44)

### Особенности эволюции экистического пространства Саратовской области во второй половине имперского периода (1800–1917 гг.)

А. М. Демин<sup>✉</sup>, А. В. Федоров

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Демин Александр Михайлович, инженер лаборатории геоинформатики и тематического картографирования, [DeminAlMi@yandex.ru](mailto:DeminAlMi@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0006-2915-1162>

Федоров Алексей Васильевич, заведующий лабораторией геоинформатики и тематического картографирования, [alexeivf@gmail.com](mailto:alexeivf@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-8999-6398>

**Аннотация.** Исследована вторая половина имперского периода (1800–1917 гг.) формирования демографического и экистического пространства на территории современной Саратовской области. Выявлены пространственно-временные тренды, векторы его развития и факторы, их определяющие. Полученные результаты свидетельствуют об интенсификации процесса трансформации экистического пространства в рассматриваемом регионе, проходящего на фоне волновой динамики многочисленных материально-технических и социальных инноваций (свободная купля-продажа земли без права иметь крепостных, реформа государственных крестьян, промышленный переворот и начало индустриального периода, Великие реформы, в том числе отмена крепостного права и др.). Можно констатировать факт завершения колониационного этапа освоения территории и форматирования базового иерархизированного каркаса (губерния → уезд → волость → город → село) экистического пространства региона.

**Ключевые слова:** Саратовская губерния, Заволжье, Правобережье, первая промышленная революция, экистическая динамика, урбанизация, системное структурирование экистического пространства

**Для цитирования:** Демин А. М., Федоров А. В. Особенности эволюции экистического пространства Саратовской области во второй половине имперского периода (1800–1917 гг.) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 220–229. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-220-229>, EDN: ACQGAW

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

**Unveiling the evolutionary patterns of Ecistic space in the Saratov region during the latter half of the imperial era (1800–1917)**

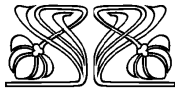
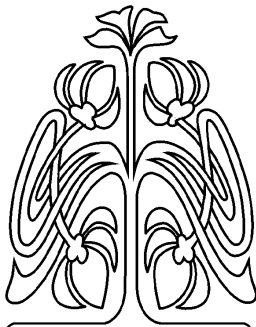
A. M. Demin<sup>✉</sup>, A. V. Fedorov

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

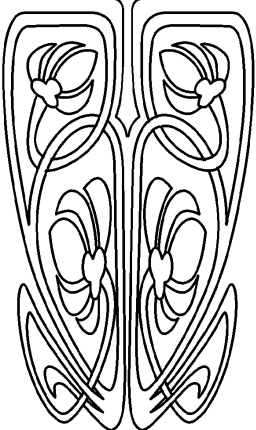
Alexander M. Demin, [DeminAlMi@yandex.ru](mailto:DeminAlMi@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0006-2915-1162>

Alexey V. Fedorov, [alexeivf@gmail.com](mailto:alexeivf@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-8999-6398>

**Abstract.** This study delves into the profound transformation of demographic and Ecistic space within the contemporary Saratov region during the latter half of the imperial era (1800–1917). Spatial and temporal trends, as well as the driving forces behind their development, have been meticulously examined. The findings reveal a fascinating process of Ecistic space metamorphosis within the region. This intertwines with the wave-like dynamics of numerous socio-technical innovations (including the emancipation of serfs and the establishment of free land trade, state peasant reforms, the advent of the industrial revolution, and the sweeping Great Reforms).



НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ





It is evident that the colonization phase of territorial exploration and the establishment of a fundamental hierarchical framework (governorate → district → volost → city → village) within the Ecistic space of the region have reached their culmination.

**Keywords:** Saratov Governorate, Trans-Volga region, right-bank area, first industrial revolution, Ecistic dynamics, urbanization, systemic structuring of Ecistic space

**For citation:** Demin A. M., Fedorov A. V. Unveiling the evolutionary patterns of Ecistic space in the Saratov region during the latter half of the imperial era (1800–1917). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 220–229 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-220-229>, EDN: ACQGAW

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

### Постановка проблемы

Известно, что циклические закономерности являются всеобщим законом развития общества. Следовательно, они типичны для любой инновации. Доказано также, что именно механизмы инноваций в значительной мере формируют и в последствии поддерживают, развивают структуру различных территориальных систем.

Циклы экистической динамики проходят на фоне многочисленных других, аналогичных по волновому характеру развития циклов и синхронизированы с ними (как, например, инновации в российском управлении происходили в полном согласии с кондратьевскими циклами в европейской экономике) (табл. 1).

По сути, речь идет о коэволюции многочисленных монофункциональных и агрегированных территориальных систем разного иерархического уровня, отличительные черты которых формируются в силу лаговых эффектов при диффузии нововведений и местной специфики.

Как правило, наиболее значимые изменения взаимоотношений территориальных систем хозяйства и расселения населения происходят в периоды коренных изменений социально-экономических основ производства, обусловленных прохождением инновационных волн.

Екатерининские нововведения 1760–1780-х гг., продолжающие свое действие и в начале XIX века, наряду с реформами последующих правителей Российской империи явились значимыми факторами развития региона во многих его ипостасях. В их числе:

- 1) перевод на оброк крестьян. Указ Павла I «О нарезании поселенным в Саратове колонистам недостающего количества земли». Введение (1801 г.) свободной купли-продажи земли без права иметь крепостных;
- 2) реформа государственных крестьян 1837–1841 гг.. Положение «О наделении колонистов Саратовской губернии землей по числу

душ 8 ревизии» (1840 г.). Административные реформы 1835 и 1850 гг.;

- 3) Великие реформы Александра II: Манифест об отмене крепостного права, крестьянская реформа, реформы финансовой системы (учреждение Госбанка в 1860 г.), местного управления (земская и судебная в 1864 г., городская в 1870 г.), военная (введение всеобщей воинской повинности в 1874 г.);
- 4) реформы С. Ю. Витте (1890–1902 гг.), первая русская революция (1905–1907 гг.) и аграрная реформа П. А. Столыпина.

Целью публикации является раскрытие особенностей формирования регионального демографического и экистического пространства на территории современной Саратовской области во второй половине имперского периода (1800–1917 гг.).

### Исходные материалы и источники

При написании статьи были использованы топографические и тематические карты времен Российской империи, научные работы (монографии, статьи), опубликованные в свое время статистические данные (Центрального статистического комитета Министерства внутренних дел Российской империи, оценочно-статистического отделения Саратовской губернской земской управы, Самарского губернского статистического комитета).

**Методы исследования:** сравнительно-географический, статистического анализа, картографический.

### Результаты аналитических исследований

Перевод на оброк крестьян и именной указ 1801 г. о предоставлении купечеству, мещанству и казенным крестьянам права покупать

Таблица 1

Соотношение индустриальных циклов и государственных реформ в России

| Период / Реформа                    | Кондратьевские циклы*       |  |                           |
|-------------------------------------|-----------------------------|--|---------------------------|
|                                     | –                           | 1-й (1840–1890 гг.)                            | 2-й (1890–1930 гг.)       |
| Период*                             | Преиндустриальный           | Индустриальный – первая промышленная революция |                           |
| Государственные реформы (инновации) | Реформы Павла I и Николая I | Великие реформы Александра II                  | Реформы Витте и Столыпина |

Примечание. \* Оценка В. Бабурина [1].



незаселенные крестьянами земли запускает механизм формирования рынка наемной рабочей силы. Усиливается социальное расслоение среди крестьян. Начинается процесс возникновения нового для региона инновационного феномена – крестьянской промышленности и торговли. [2, с. 182].

Как известно, еще при Екатерине II немецкие колонисты основали на саратовских землях 75 колоний с лично-общинной системой владения землей. Эти первые колонии называют «коренными или материнскими». Дальнейшее развитие колоний сдерживалось малоземельем. В 1797 г. последовал именной указ Павла I «О нарезании поселенным в губернии колонистам недостающего количества земли». Пока шла нарезка отводов население колоний выросло почти втрое, так что нарезанной земли оказалось опять недостаточно.

В 1840 г. первый департамент государственных имуществ утвердил положение «О наделении колониستم Саратовской губернии землей по числу душ 8 ревизии», по которому колонистам причиталось почти в 2 раза больше земли, чем они к этому времени располагали. Данная земля отводилась из свободных казенных участков Новоузенского уезда, в смежности с колониетскими дачами, и из земель Эльтонского солевозного тракта. Примечательно, что 2/3 всей площади дополнительных наделов отводилось колонистам нагорной стороны. На дополнительные наделы в 1841–1864 гг. переселилась почти треть населения материнских колоний, образовав 67 новых «дочерних» колоний: 56 в Новоузенском уезде и 11 в Камышинском (ныне в Волгоградской области) [3]. Таким образом, немцы-колонисты к 1860-м гг. существенно расширили свой ареал расселения за счет создания дочерних колоний в бассейнах рр. Еруслан, Кушум, Мянга и верховьях р. Большой Караман. К 1869 г.

в границах нынешней Саратовской области было локализовано 123 колонии, в частности в Правобережье (Саратовская губерния) 21, в Заволжье (Самарская губерния) 102 (рис. 1).

Реформа государственных крестьян ассоциируется нами прежде всего с программой переселения, с вводом элементов местного самоуправления (сельские общества и волости) и появлением первых (в волостных центрах и наиболее значимых сельских обществах), не связанных с торговлей объектов социальной инфраструктуры (школы, больницы). Все это обусловило усиление миграционных процессов, поляризации сельской поселенческой среды и формирования низовой иерархической структуры поселений.

Кроме того, межевание земель дальнего Заволжья (в начале XIX в.), а также рост спроса на зерно на всероссийском рынке и внутри губернии способствовал дальнейшему освоению территории, развитию товарности в земледелии и увеличению посевных площадей (в начале века 2,5 млн десятин, а в 1850 г. уже 4 млн десятин.), особенно в 1840–1850-х гг. [4]. Губерния переходит в разряд районов товарного производства зерновых культур.

В 30–40-х гг. XIX в. в сельском хозяйстве края значительное распространение получает субаренда, «казенное» крестьянство утрачивало социальную однородность, появляется много разбогатевших крестьян, купцов и других «разночинцев». Они сосредоточивали в своих руках землю, скупая и арендуя ее у помещиков и у казны. В Заволжье и прилегающих к сплавным рекам районах Правобережья, где основное население составляли государственные крестьяне, в торговое земледелие были втянуты десятки тысяч крестьянских хозяйств. Формируется рынок рабочей силы. В Саратовскую губернию начался прилив сезонных рабочих, основная масса

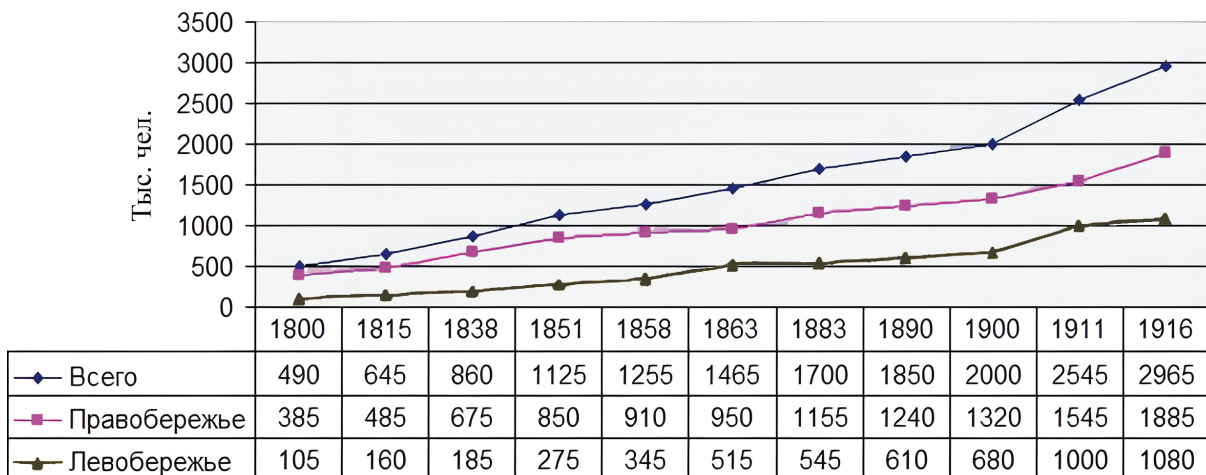


Рис. 1. Динамика численности населения Саратовской губернии (в ее современных границах) во второй половине имперского периода [3, 5–10]



которых шла в Заволжье (в период уборки хлебов только в Николаевском уезде насчитывалось от 100 до 120 тыс. приходящих работников из разных губерний России) [4].

Развитие сельского хозяйства способствовало зарождению и развитию местной промышленности: винокуренной, мукомольной, маслобойной, кожевенной, салотопленной, табачной.

В свою очередь, мелкотоварное производство стало основой возникновения капиталистической мануфактуры и стимулировало рост внутреннего рынка и товарного обращения, развитие торговли (сперва ярмарочной, а затем и постоянной). В городах и многих крупных поселениях учреждались ярмарки, количество которых непрерывно росло (за первую половину XIX в. в 5 раз – до полутора сотен).

В первой половине XIX в. Саратовская губерния по-прежнему являлась одним из регионов масштабной колонизации. Темпы роста населения здесь оставались одними из самых высоких в России. Наиболее массовые переселения происходили в 1820–1830-е гг. Затем темпы роста снизились и шли в основном за счет естественного прироста, хотя процесс внешнего притока населения продолжался. Только между 1835 г. и 1850 г. сюда прибыло, по официальным сведениям, около 134 тыс. крестьян (не считая самовольных переселенцев и беглых) [4].

Перевод сюда крепостных из помещичьих вотчин к середине 40-х гг. заканчивается, а переселение государственных крестьян возрастает. Это привело к уменьшению доли крепостных в губернии почти в 2 раза – до 32% [4]. В 30–40-е гг. основная масса государственных крестьян прибывала из губерний:

- Центрального промышленного района (Владимирская, Калужская, Тульская, Тверская, Московская);
- Центрального земледельческого района (Тамбовская, Воронежская, Орловская, Курская, Пензенская, Рязанская);
- Среднего Поволжья (Симбирская и Нижегородская);
- Левобережной Украины (Полтавская, Черниговская, Харьковская).

Оживилась миграция и внутри края. В давно уже заселенных северных и северо-западных уездах Саратовской губернии: Петровском, Хвалынском, Вольском, отчасти Балашовском – начинает ощущаться малоземелье, что вынуждает часть крестьян переселяться в Заволжье.

Итоги Генерального межевания показали, что в начале XIX в. свободными оставалось менее 10% земель Правобережья, а более половины площади было в собственности помещиков. В середине века здесь сосредоточилась основная масса (70%) помещичьих крестьян губернии. Прирост населения Правобережья по-прежнему зависел от притока крестьян из других районов страны, но к середине XIX в. колонизация этой

части губернии в основном завершилась. Если ко времени окончания Генерального межевания на Правобережье проживало около 385 тыс. чел., то в 1858 г. – 910 тыс. чел. [5, 6].

В Заволжье положение дел было совсем иным. Здесь, по данным Генерального межевания, около 2/3 земли оставалось свободной, а население было немногочисленным – 105 тыс. чел. К концу дореформенного периода Заволжье стало основным объектом продолжающейся колонизации Саратовского края и увеличилось в 3,5 раза – до 345 тыс. чел. (рис. 2).

Географическое положение и особенности заселения Саратовского края в предшествующий период обусловили формирование полиэтничного состава его населения (см. рис. 2). Вследствие мощной колонизации губернии выходцами из великорусских губерний основную массу населения всех городов и уездов в середине века составляли русские – почти 75%. Удельный вес немецких колонистов в общей массе населения составил 8,5%, украинцев – 6,5%, мордвы – 6%, татар – 3,5%. Остальные национальные группы (чуваши, мещеряки, башкиры и др.) были незначительными [4].

К концу дореформенного периода население края (вместе с Заволжьем) выросло почти в 3 раза по сравнению с началом XIX в. По сведениям десятой ревизии (1858 г.) в Саратовском крае (в его современных границах), по нашим расчетам, уже числилось 1255 тыс. чел., проживающих в 8 городах и 1620 сельских пунктах [8, 9]. Следует заметить, что на основе материалов этой ревизии были опубликованы списки населенных мест Саратовской (1862 г.) и Самарской (1864 г.) губерний – первые статистические издания, содержащие систематизированные, детальные количественные и качественные характеристики всей совокупности отдельных населенных пунктов региона. Наряду со списками населенных мест 1910 г., они явились главными источниками статистической информации для наших расчетов (табл. 2–4, рис. 1).

Таким образом, в ходе колонизации Саратовского края сложились два района, разных по характеру заселения: помещичьего землевладения с преобладанием крепостного населения (правобережный) и район, заселенный и освоенный в основном разными категориями казенных крестьян и колонистами (левобережный). К последнему относилась обширная территория Заволжья в составе образованных в 1835 г., на землях луговой стороны Хвалынского, Вольского, Саратовского и Камышинского уездов, двух новых – Николаевского и Новоузенского. В 1850 г. эти уезды были включены в состав вновь образованной Самарской губернии, где они оставались до 1928 г. и 1919 г. соответственно.

Увеличение населения края, его экономическое развитие способствовали интенсификации



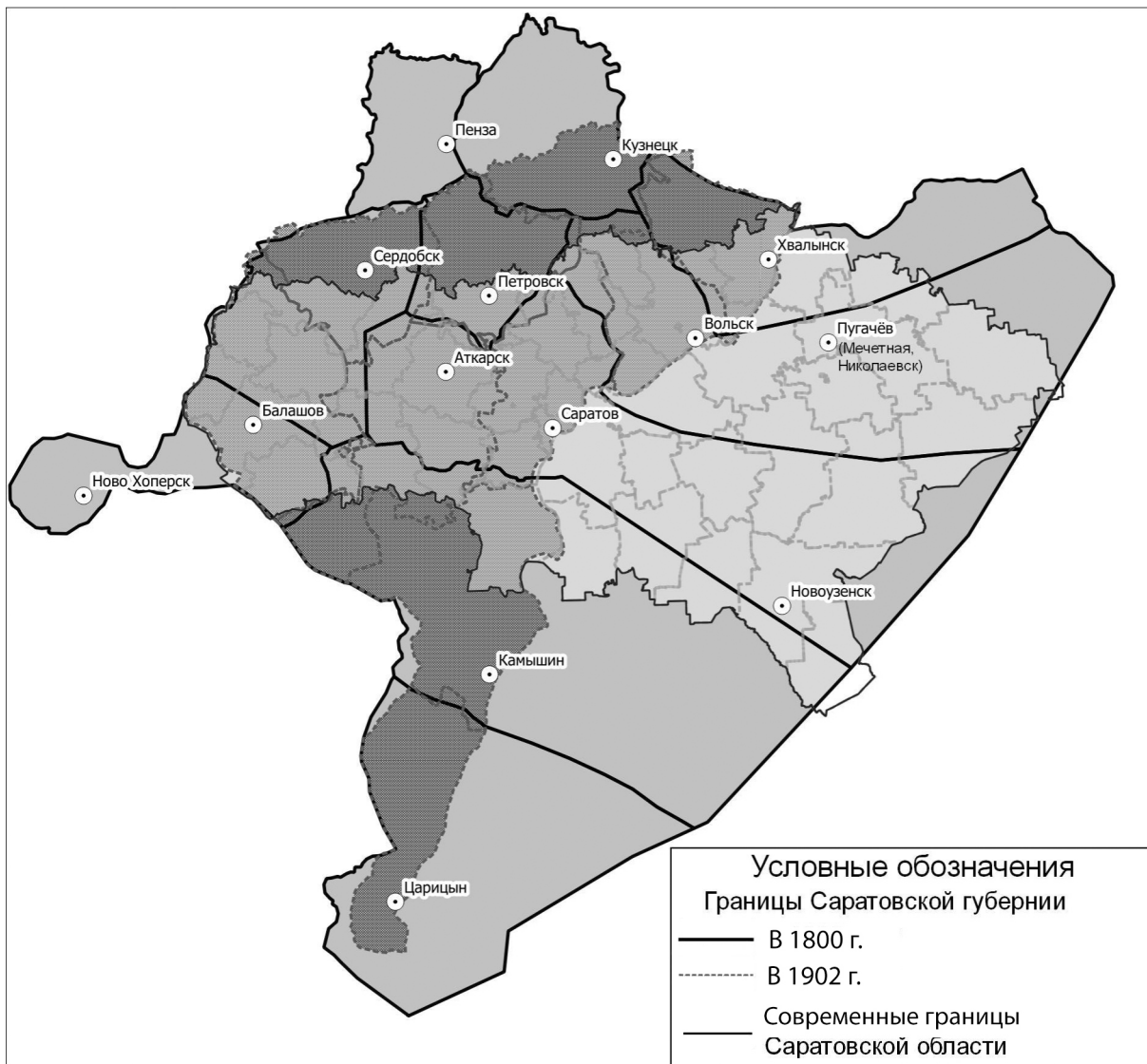


Рис. 2. Границы Саратовской губернии в 1800 г. и 1902 г.

урбанистических процессов, росту старых и появлению новых городов. В начале века в Саратовской губернии (в современных границах) насчитывалось шесть городов – пять уездных (Аткарск, Балашов, Вольск, Петровск, Хвалынский) и губернский (Саратов), а к середине века их стало восемь. В связи с образованием новых уездов в Заволжье два селения были переведены в разряд городов и переименованы: слобода Мечетная стала городом Николаевском (ныне Пугачев), а село Чертанла – Новоузенском [4].

Города края в большинстве своем становятся центрами массового притяжения крестьян (в качестве наемной рабочей силы для обслуживания торговли и транспорта), чем и объясняется быстрый рост городского населения. В течение первой половины XIX в. городское население губернии увеличилось почти в 5 раз (до 138 тыс. чел.),

а около 50% горожан проживали в Саратове, ставшем крупнейшим городом всего Поволжья [5, 6].

Завершился преиндустриальный период развития региона. Продолжалась крестьянская колонизация Заволжья и юга Правобережья.

В 1860–1870-е гг. царское правительство осуществило ряд буржуазных реформ (в марте 1861 г. в Саратове был объявлен Манифест об освобождении крестьян, ознаменовавший отмену крепостного права и начало крестьянской реформы). Согласно «Положению об отмене крепостного права» низшей административной единицей крестьянского самоуправления теперь являлись волости, в которых были созданы сословные учреждения – сельские и волостные сходы и волостные правления. Просуществовали они до февраля 1917 г. (были упразднены Временным правительством).



В 1864 г. последовала земская реформа, основной задачей которой было развитие местного самоуправления. Земские учреждения по масштабу деятельности делились на уездные и губернские, а в городах действовали городские думы и управы.

Реформы обычно считаются точкой отсчета вступления России на капиталистический путь развития. По времени они совпадают с первым кондратьевским циклом первой же промышленной революции.

В пореформенный период основной отраслью производства губернии оставалось сельское хозяйство, в нем было занято более 80% населения, и оно по-прежнему оставалось экстенсивным. Увеличение продукции достигалось преимущественно за счет расширения пашни (с 1865 по 1899 г. ее площадь выросла на 65%, а в первом десятилетии XX в. – еще на 25%) [4].

По размерам распаханной земли Правобережье края сравнивалось с Центральным земледельческим районом. Запашка росла на всей территории края, но главным образом в южных уездах Правобережья и в Заволжье (по темпам роста пахотных земель оно занимало первое место в Поволжье), где еще имелся фонд неосвоенных государственных земель.

Под пашню осваивались и те земли, которые прежде считались «неудобными» для хозяйствования, вырубались леса (сокращение почти на 14%, а в Аткарском, Балашовском, Саратовском уездах на 30–34%). «Земельный голод» заставлял крестьян распашивать луга и пастбища. Даже в обширном степном Новоузенском уезде только за 1902–1906 гг. сенокосная площадь сократилась почти в 4 раза [4].

Губерния специализировалась на производстве зерновых культур, главным образом пшеницы (в Новоузенском и Николаевском уездах под этой культурой было занято 70–80% посевных площадей).

Важным показателем развития капитализма в саратовской деревне было разложение общин и расслоение крестьянства. Большинство крестьянских дворов (88%) страдало от малоземелья. Разорившиеся крестьяне уходили на заработки в города или нанимались на сезонные сельскохозяйственные работы к помещикам и богатым односельчанам. В 1894 г. до 35% всех сельскохозяйственных рабочих губернии составляли батраки, а в 1900 г. уже 41% всех крестьян губернии нанимались на сельскохозяйственные работы [4].

Глубокие перемены, произошедшие в сельском хозяйстве, затронули и другие сферы деятельности Саратовского края. Промышленность почти целиком оставалась связанной с переработкой продуктов сельского хозяйства, а большинство предприятий были мелкими, полукустарного типа.

Наибольшее распространение они получили в немецких колониях, управление которыми осуществлялось Саратовской конторой опекунов иностранных поселенцев. В 1871 г. решением российского правительства колонисты уравнивались в правах с государственными крестьянами, получив статус поселян-собственников. Контора иностранных поселенцев была ликвидирована, а колонии переходили в подчинение губернским властям (при расформировании прежних немецких округов были созданы 23 волости) [3].

Сезонный характер сельского хозяйства на фоне малоземелья способствовал развитию здесь кустарного производства. С середины XIX в. промыслы стали расширяться и принимать рыночный характер.

Значительное развитие приобретает сарпиночный промысел, получивший развитие главным образом в Сосновской волости Камышинского уезда (ныне Красноармейский район). Производство сарпинки стало концентрироваться в руках нескольких предпринимателей (братья Шмидт, семья Борель и Рейнеке). Одновременно с дальнейшим расширением сарпиночного производства в последней четверти XIX в. они создали в Саратове несколько мощных паровых мельниц и в 1890-е гг. взяли под свой контроль производство муки и ее продажу в России. В конце XIX в. представительства этих фирм существовали в Петербурге, Астрахани, Рыбинске, Нижнем Новгороде и других городах России. Саратов превратился в один из крупнейших центров мукомольного производства (первое место в Поволжье в 1895 г.).

Во второй половине XIX в. технические инновации радикально реформировали транспортную инфраструктуру. Торгово-промышленный капитал создал на Волге крупные пароходные общества и портовое хозяйство (пристань, склады и т. п.). В 1871 г. Саратов получил прямую железнодорожную связь с Москвой и Центральным районом России.

В конце XIX в. экономика региона вновь претерпела инновационные изменения. Теперь это были уже экономические инновации, а именно реформы С. Ю. Витте (налоговая – 1890 г., таможенная – 1891 г., «винная» – 1895 г., денежная – 1897 г., в ходе которой произошел переход к золотому стандарту и рубль стал конвертируемой валютой), обеспечившие небывалый экономический подъем в России и, как следствие, в регионе.

В развитии промышленности произошли существенные сдвиги. В 1890-х гг. центр промышленного производства из сельской местности сместился в города (с 1860 по 1892 г. доля Саратова в промышленном производстве губернии увеличилась с 15 до 43%). За последнее десятилетие XIX в. число занятых в промышленности губернии выросло в 2 раза, треть из них была сосредоточена в Саратове (в их числе преобладали



сезонные рабочие из числа ушедших на заработки крестьян).

В конце XIX в. вторым по значимости промышленным городом становится Вольск, где в 1897–1914 гг. были построены четыре цементных завода.

По-прежнему развивалась мелкая кустарная промышленность, в которой были заняты тысячи крестьян и горожан.

Общая численность работников фабрично-заводской и мелкой кустарной промышленности в Саратовской губернии накануне Первой мировой войны приблизилась к 100 тысячам.

Последнее десятилетие XIX в. характеризуется чрезвычайно высокими темпами развития железнодорожного транспорта уже во всех частях региона. В 1892 г. образовано общество Рязано-Уральской железной дороги (управление дорогой разместилось в Саратове), которое начинает деятельность по созданию разветвленной опорной сети железных дорог. В 1894–1895 гг. вошли в строй действующих ж/д линии Покровск – Озинки, Романовка – Самойловка, Аткарск – Привольская, Аткарск – Баланда, Ершов – Николаевск, Урбах – Александров-Гай, а в 1907 г. – Красный Кут – Бузаны пристань.

К 1917 г. на железной дороге работало до 55 тыс. человек. Рязано-Уральская железная дорога оказала огромное влияние на развитие обслуживаемых ею городов и станций, на образование новых поселений, превратившихся со временем в города (Ртищево, Ершов).

Строительство железных дорог (важнейшая технологическая инновация) стало серьезным фактором не только роста товарности сельского хозяйства отдаленных районов края, развития промышленности и торговли, но и существенной трансформации экзистенциального пространства (диверсификация, поляризация и системная структуризация, формирование новых элементов его каркаса – осей пространственного развития и типов населенных пунктов).

В пореформенный период окончательно сложился земельный товарный рынок. Саратовская губерния (включая Николаевский и Новоузенский уезды Самарской губернии) по количеству продаваемой земли (за 1893–1902 гг. – около 2 млн десятин) лидировала в Поволжье.

В купле-продаже земли принимали участие все сословные группы. Но дворяне и купцы больше продавали, чем покупали. В аренду крестьянам в конце XIX в. помещики губернии сдавали почти 2/3 своей посевной площади.

Землевладельцами были и состоятельные крестьяне, приобретавшие землю через посредничество Крестьянского банка. В 1905 г. на долю купленной земли приходилось 10% всей крестьянской пашни. Особенно обширные хозяйства были у богатых крестьян Николаевского и Новоузенского уездов, применяющих наемный рабочий труд. Но еще большее количество земли крестьяне

арендовали (почти 27% крестьянских посевов пришлось на долю арендованной земли).

Первая русская революция (1905–1907 гг.) на рассматриваемой территории проявилась прежде всего в широкомасштабных (все уезды) крестьянских волнениях (экспроприация помещичьих хлебов, порубка лесов, покосы и потравы скотом лугов, разгромы и поджоги барских усадеб – уничтожено около 300 имений).

Саратовские дворяне стали усиленно распродавать свои земли. Если по России Крестьянскому банку было предложено для покупки около 12% всех помещичьих земель, то в Саратовской губернии – почти 40%. А в Саратовском уезде в 1906–1908 гг. площадь помещичьего землевладения сократилась более чем в 2 раза.

Началом революционной в своем роде аграрной реформы стала осень 1906 г., когда были изданы законы о продаже части удельных земель и о распродаже казенных земель посредством Крестьянского банка, а Николаем II подписан указ «О гражданском равноправии крестьян», по которому они получали право свободно менять место жительства, избирать род занятий, поступать на государственную службу и в учебные заведения.

Аграрная реформа П. А. Столыпина преследовала следующие цели: разрешение проблемы малоземелья крестьян; отлучение крестьян от общины; формирование класса крестьян-собственников.

Крестьяне получали право выхода из общины и оформления своей наделной собственности в личную (отруб) или выделения вместе с жильем (хутор), сохранив при этом имущество и средства производства. Им разрешалось продавать или закладывать свои земельные наделы, а также передавать их по наследству.

В Саратовской губернии (Правобережье) с 1907 по 1914 г. заявили о выходе из общины 40% домохозяев, однако выделиться смогли лишь 28%. Здесь наибольший размах реформа приобрела в Камышинском уезде, где из общины вышло около 50% домохозяев (большинство выделенцев составили «поселяне-собственники» – бывшие немецкие колонисты). Еще более восприимчивыми к реформам оказались крестьяне заволжских уездов, находящихся в то время в составе Самарской губернии (так, например, в Новоузенском уезде вышли из общины 86% домохозяев).

Важная роль в осуществлении реформы отводилась Крестьянскому банку, который продавал крестьянам (в том числе переселенцам из других губерний) землю из своего фонда, образованного из скупленных банком земель у помещиков и переданных ему правительством государственных и удельных земель. В подавляющем большинстве на купленных землях создавались отрубные хозяйства и хутора. Но в связи с жесткой политикой банка в 1907–1909 гг. свыше 50% вновь создан-



ных на его землях хозяйств пошли на продажу с торгов.

Следствием реформы явились расширение посевных площадей, развитие кооперативного движения, возникновение (прежде всего, в заволжских уездах) большого числа постоянных и временных населенных пунктов хуторского типа (хутора, выселки, поселки, товарищества составляли в 1911 г. в Николаевском уезде 63%, а в Новоузенском 75% общего числа поселений) (табл. 2).

Соотношение долей сельских поселений разных градаций людности иногда называют руралитической структурой. Региональные структуры сельского расселения классифицированы нами по количественному соотношению в них поселений следующих шести категорий людности: до 10 жителей, от 10 до 100 жителей, от 100 до 500 жителей, от 500 до 1000 жителей, от 1000 до 3000 жителей и свыше 3000 жителей (табл. 3).

Реформы Столыпина – Витте сыграли большую роль в развитии товарного производства и переходе экономики к рыночной модели хозяйства. В ходе них формируется развитой земель-

ный рынок, быстро растет негосударственный сектор, который, составляя рыночную среду, превращается в господствующий.

Управленческие и экономические инновации обусловили осуществление в регионе значительных социально-экономических преобразований. Именно в этот период (последнее десятилетие XIX – начало XX в.) экономика региона вступила во второй кондратьевский цикл первой промышленной революции (см. табл. 1).

Во второй половине XIX в. уже не наблюдалось такого массового переселения крестьян в губернию, как в конце XVIII – начале XIX в. Данное обстоятельство отразилось на темпах роста населения. С 1860 по 1897 г. в Правобережье оно увеличилось на 45% и достигло 1 млн 320 тыс. чел. В Заволжье, где еще продолжалась колонизация, население за тот же период увеличилось на 97% и составило 680 тыс. чел.

Значительное место в развитии экистического пространства Саратовской губернии на рубеже XIX–XX вв. стали занимать немецкие колонии. По данным переписи 1897 г., немцы повысили свою численность в районе немецкого Повол-

Таблица 2

**Изменение типологической структуры сельских поселений [7–10]**

| Разновидность сельских населенных пунктов | Локалитет    | Число (ед.) и доля поселений (%) |          |
|---|--------------|----------------------------------|----------|
|   |              | 1858 г.                          | 1910 г.  |
| Село, слобода, колония (нем.)             | Правобережье | 326 (25)                         | 412 (23) |
|   | Левобережье  | 173 (49)                         | 275 (18) |
| Сельцо                                    | Правобережье | 84 (7)                           | 18 (1)   |
|   | Левобережье  | 9 (3)                            | 3 (0)    |
| Деревня                                   | Правобережье | 733 (59)                         | 805 (45) |
|   | Левобережье  | 119 (33)                         | 133 (9)  |
| Хутор                                     | Правобережье | 94 (7)                           | 178 (10) |
|   | Левобережье  | 55 (15)                          | 943 (64) |
| Выселок, поселок                          | Правобережье | 28 (2)                           | 376 (21) |
|   | Левобережье  | 0 (0)                            | 130 (9)  |

Таблица 3

**Группировка сельских населенных пунктов по числу жителей [7–10]**

| Градация сельских населенных пунктов по числу жителей, чел. | Локалитет    | Число поселений группы, ед. |         |
|---|--------------|-----------------------------|---------|
|   |              | 1858 г.                     | 1910 г. |
| Менее 10  | Правобережье | 37                          | 23      |
|   | Левобережье  | 26                          | 336     |
| 10–100  | Правобережье | 125                         | 340     |
|   | Левобережье  | 94                          | 570     |
| 101–500   | Правобережье | 585                         | 709     |
|   | Левобережье  | 126                         | 192     |
| 501–1000  | Правобережье | 250                         | 326     |
|   | Левобережье  | 72                          | 79      |
| 1001–3000   | Правобережье | 170                         | 286     |
|   | Левобережье  | 110                         | 170     |
| Более 3000  | Правобережье | 32                          | 91      |
|   | Левобережье  | 12                          | 74      |



жья до 407 тыс. чел. К этому времени немцами-колонистами было основано на надельных (государственных) землях 190 материнских и дочерних колоний. Кроме того, к концу имперского периода на приобретенных и арендованных землях (в 54 волостях семи уездов) ими было создано более полутора сотен хуторов и небольших сел, за счет чего ареал расселения немцев расширился, достигнув 30 тыс. км<sup>2</sup> [3]. Немцы Поволжья в подавляющем большинстве оставались сельскими жителями, менее 2% из них жили в городах.

За первые 15 лет XX в. численность населения края значительно выросла. Если, по данным переписи 1897 г., здесь проживало 2 млн жителей, то в 1916 г. уже около 3 млн. По-прежнему преобладало сельское население – 82% всех жителей (табл. 4).

В этот период быстро растет подвижность населения, особенно сельского. После того как с 90-х гг. XIX в. был прекращен отвод казенных земель в Заволжье для размещения переселенцев, многие крестьяне (около 13 тыс. чел.) стали переселяться со своими семьями из Поволжья в Сибирь и некоторые другие регионы (почти треть до 1915 г. вернулась обратно) [4].

С конца XIX в. росла эмиграция за пределы государства, главным образом в Америку, она захватила и сравнительно многоземельное Заволжье. Среди эмигрантов преобладали немцы-

колонисты. По разным данным до начала Первой мировой войны в Соединенные Штаты Америки, Аргентину, Бразилию, Парагвай выехало от 80 до 100 тыс. бывших колонистов, но немало было и русских.

Многие крестьяне уходили на заработки в другие селения, уезды и за пределы губернии. Центрами притяжения отходников становились поволжские города и крупные селения, где стремительно развивались торговля, промышленность, транспортная сеть.

Очень быстро росло население Саратова, который был третьим по числу жителей городом России (в ее современных границах) и крупнейшим городом Поволжья. В 1897 г. в нем проживали 137 тыс. чел., а в 1913 г. – уже около 242 тыс. чел.

К концу периода численность сельского населения края составляла около 2,5 млн чел., проживавших примерно в 3750 сельских поселениях.

Различия в населенности территории (плотности сельского населения) были весьма существенны. Плотность населения повысилась до 30 чел./км<sup>2</sup> (сравнилась со средней по Европейской России). Выше была плотность населения в правобережных уездах – 41 чел./км<sup>2</sup>. Заволжье было заселено в 2 раза реже – в Новоузенском

Таблица 4

**Динамика экитического пространства Саратовской губернии (в современных границах) во второй половине имперского периода [5–10]**

| Характеристика экитического пространства               | Локалитет    | 1800 г.                     | 1801–1858 гг. | 1859–1897 гг.                 | 1898–1916 гг.             | 1916 г. |
|--|--------------|-----------------------------|---------------|-------------------------------|---------------------------|---------|
| Численность городского населения, тыс. чел.            | Всего        | 28                          | 112           | 96                            | 214                       | 450     |
|  | Правобережье | 28                          | 102           | 80                            | 170                       | 380     |
|  | Левобережье  | 0                           | 10            | 16                            | 44                        | 70      |
| Численность сельского населения, тыс. чел.             | Всего        | 462                         | 658           | 695                           | 700                       | 2515    |
|  | Правобережье | 357                         | 428           | 395                           | 325                       | 1505    |
|  | Левобережье  | 105                         | 230           | 300                           | 375                       | 1010    |
| Число городов, ед.                                     | Всего        | 6                           | 2             | 0                             | 2                         | 10      |
|  | Правобережье | 6                           | 0             | 0                             | 0                         | 6       |
|  | Левобережье  | 0                           | 2             | 0                             | 2                         | 4       |
| Число населенных пунктов сельского типа, ед.           | Всего        | 923                         | 697           | 700                           | 1430                      | 3750    |
|  | Правобережье | 726                         | 494           | 185                           | 785                       | 2190    |
|  | Левобережье  | 197                         | 243           | 475                           | 645                       | 1560    |
| Средняя величина сельских населенных пунктов, чел.     | Всего        | 500                         | +190          | +90                           | –110                      | 670     |
|  | Правобережье | 490                         | +175          | +175                          | –155                      | 685     |
|  | Левобережье  | 530                         | +230          | –65                           | –50                       | 645     |
| Густота населенных пунктов, н. п./1000 км <sup>2</sup> | Всего        | 9                           | 7             | 7                             | 14                        | 37      |
|  | Правобережье | 16                          | 11            | 4                             | 17                        | 48      |
|  | Левобережье  | 4                           | 4             | 9                             | 12                        | 29      |
| Государственные реформы (инновации)                    |              | Реформы Павла I и Николая I |               | Великие реформы Александра II | Реформы Витте и Столыпина |         |

Примечание. «+» – увеличение; «–» – уменьшение.



уезде не более 15 чел./км<sup>2</sup>, хотя и заселялось существенно интенсивнее (в 2,5 раза).

Развитое сельское хозяйство при сравнительно небольшой плотности населения в южных и восточных частях региона привлекало сюда массу сезонных сельскохозяйственных рабочих. Часть из них здесь и оседала, создавая новые, периферийные по отношению к первоначально почти целиком приречному расселению населенные пункты на сухих водоразделах. Так, в дополнение к крупноселенной и хорошо организованной сети сел и поселков вдоль Волги и ее притоков стала возникать масса небольших, но быстро растущих деревень. Генетически и организационно они были тесно связаны с ранее возникшими ареалами сельского расселения.

Своеобразное расселение формируется в этот период на юго-востоке региона: сельскохозяйственное вдоль рек (особенно по Узеньям и Еруслану), скотоводческое, преимущественно кочевое, опирающееся на очень редкую сеть постоянных поселений – южнее Питерки и Александрова-Гая.

Таким образом, в конце XIX – начале XX в. демографическая ситуация в крае заметно изменилась по сравнению с предшествующим периодом. Шел отток части селян за пределы губернии и даже страны. В то же время за счет крестьян-отходников быстро росло население крупных городов и селений, порой не уступавших городам как по численности жителей, так и по своему экономическому потенциалу.

## Выводы

Экспансия расселения в начале XIX в. в связи с необходимостью расширения жизненного пространства и диверсификации пространства обусловила образование первичных систем расселения, состоящих из коренных долинных и дочерних приводораздельных поселений.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что в рассматриваемый период формирование демографического и экистического пространств по-прежнему определялось процессами территориальной экспансии, проявившимися в виде миграционного притока населения из разных регионов государства.

Характер миграций (особенно внутренних) обусловил преодоление фрагментарности расселения населения по территории и существенно сnivelировал внутрирегиональные экистические диспропорции (различия между Правобережьем и Заволжьем за рассматриваемый период в численности и плотности сельского населения уменьшились с 3,5 до 1,5 раз, а в числе и густоте поселений – с 3,7 до 1,4 раза).

Хозяйственная и демографическая автономизация долинного и приводораздельного расселе-

ния при сохранении генетических внутрисистемных связей обусловила достижение к концу рассматриваемого периода максимума освоенности территории расселением и его внутрисистемной специализации.

Эволюция сельского расселения края совершенно изменила густоту и людность сельских поселений, их социальное состояние, функциональную структуру и рисунок расселения.

Основная черта структурных изменений сети сельских населенных мест того времени – это начало формальной и неформальной (с запозданием получения статуса городских поселений) урбанизации сельской местности, выразившейся в усилении значения наиболее крупных и удачно расположенных сел и слобод, обычно волостных центров, пристанционных, фабричных, торговых и пристанских поселков.

## Библиографический список

1. Бабурин В. Л. Инновационные циклы в российской экономике. Москва: УРСС, 2002. 120 с. EDN: WERTZJ
2. Бабурин В. Л. Эволюция российских пространств: от Большого взрыва до наших дней: инновационно-синергетический подход. Москва: УРСС, 2002. 272 с. EDN: ZEAXZR
3. Шпак А. А. Административно-территориальные преобразования в Нижнем Поволжье, 1764–1944 гг. Волгоград: Царицынская полиграфическая компания, 2012. 385 с.
4. История Саратовского края с древнейших времен до наших дней: учебное пособие / В. Н. Данилов, М. В. Булычев, А. В. Воронежцев [и др.]. Саратов: Приволжское издательство, 2010. 304 с. EDN: MMRWIZ
5. Зайцев В. К вопросу о численности населения Европейской России. URL: <https://istmat.org/node/21610>. Загл. с экрана. Яз. рус. (дата обращения: 12.02.2023).
6. Рашин А. Г. Население России за 100 лет (1811–1913 гг.). Статистические очерки / под редакцией академика С. Г. Струмилина. Москва: Госстатиздат, 1956. 352 с.
7. Списки населенных мест Российской империи по сведениям 1859 года. Самарская губерния. Санкт-Петербург: Типография Карла Вульфа, 1864. Т. XXXVI. 134 с.
8. Списки населенных мест Российской империи по сведениям 1859 года. Саратовская губерния. Санкт-Петербург: Центральная статистическая комиссия Министерства внутренних дел 1861–1885, 1862. Вып. 38. 130 с.
9. Список населенных мест Самарской губернии. Самара: Губернская типография, 1910. 425 с.
10. Списки населенных мест Саратовской губернии. Саратов: Земская типография, 1911. 599 с.

Поступила в редакцию 07.04.2023; одобрена после рецензирования 31.08.2023; принята к публикации 18.10.2023  
The article was submitted 07.04.2023; approved after reviewing 31.08.2023; accepted for publication 18.10.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 230–234

*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 230–234

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-230-234>, EDN: FPTRRW

Научная статья

УДК 551.576.2



## Внутригодовые и межгодовые изменения облачности в городе Уфа

Р. Г. Камалова<sup>✉</sup>, И. Ш. Фатхутдинова, Р. Ш. Фатхутдинова, Л. А. Курбанова

Уфимский университет науки и технологий, Россия, 450074, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32

Камалова Рита Галимьяновна, старший преподаватель кафедры геологии, гидрометеорологии и геоэкологии, [galim-rita@yandex.ru](mailto:galim-rita@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8964-7622>

Фатхутдинова Ирина Шамилевна, бакалавр, [irina.fatkhutdinova@yandex.ru](mailto:irina.fatkhutdinova@yandex.ru)

Фатхутдинова Регина Шамилевна, старший преподаватель кафедры геологии, гидрометеорологии и геоэкологии, [regishka1503@yandex.ru](mailto:regishka1503@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3448-8537>

Курбанова Лилия Ахтямовна, старший преподаватель кафедры геологии, гидрометеорологии и геоэкологии, [lava-love@mail.ru](mailto:lava-love@mail.ru)

**Аннотация.** Изучение облачности и ее характеристик (количества и форм) представляет практический интерес особенно для больших городов. Облачность, обладая двойственным эффектом (альбедным и парниковым), в условиях глобального изменения климата является важным фактором в формировании термического режима. В настоящей статье представлены результаты анализа суточного, годового и многолетнего изменения в режиме облачности в городе Уфа (Республика Башкортостан). Для анализа использованы срочные данные многолетних наблюдений за облачностью (1966–2020 гг.). Выявлены основные закономерности суточного хода облачности в месяцы холодного и теплого периодов года. Анализ многолетней динамики облачности показал, что ее количество имеет значимую тенденцию к росту.

**Ключевые слова:** общая облачность, нижняя облачность, изменение климата, тренд-анализ, Республика Башкортостан

**Для цитирования:** Камалова Р. Г., Фатхутдинова И. Ш., Фатхутдинова Р. Ш., Курбанова Л. А. Внутригодовые и межгодовые изменения облачности в городе Уфа // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 230–234. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-230-234>, EDN: FPTRRW

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

### Intraannual and interannual changes in clouds in Ufa

R. G. Kamalova<sup>✉</sup>, I. Sh. Fatkhutdinova, R. Sh. Fatkhutdinova, L. A. Kurbanova

Ufa University of Science and Technology, 32 Zaki Walidi St., Ufa 450074, Republic of Bashkortostan, Russia

Rita G. Kamalova, [galim-rita@yandex.ru](mailto:galim-rita@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8964-7622>

Irina Sh. Fatkhutdinova, [irina.fatkhutdinova@yandex.ru](mailto:irina.fatkhutdinova@yandex.ru)

Regina Sh. Fatkhutdinova, [regishka1503@yandex.ru](mailto:regishka1503@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3448-8537>

Lily A. Kurbanova, [lava-love@mail.ru](mailto:lava-love@mail.ru)

**Abstract.** The study of cloud cover and its characteristics (quantity and forms) is of practical interest, especially for large cities. Cloud cover, having a dual effect (albedo and greenhouse), is an important factor in the formation of the thermal regime in the conditions of global climate change. This article presents the results of the analysis of daily, annual and long-term changes in the cloud cover regime in the city of Ufa (Republic of Bashkortostan). Urgent data from long-term observations of clouds (1966–2020) were used for the analysis. The main patterns of the daily course of clouds in the months of the cold and warm period of the year are revealed. The long-term dynamics of cloud cover has shown that its number has a significant upward trend.

**Keywords:** total cloud cover, low cloud cover, climate change, trend analysis, Republic of Bashkortostan

**For citation:** Kamalova R. G., Fatkhutdinova I. Sh., Fatkhutdinova R. Sh., Kurbanova L. A. Intraannual and interannual changes in clouds in Ufa. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 230–234 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-230-234>, EDN: FPTRRW

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)



## Введение

Облачность – достаточно важная характеристика климата, обусловленная тепловым балансом и циркуляцией атмосферы и зависящая от динамических процессов и их изменчивости по сезонам года, от характерных траекторий циклонов и существования линий сходимости. Разные формы облачности могут быть признаком важных динамических процессов – от крупномасштабных (2000–10000 км) до мезомасштабных (2–2000 км), а иногда и до микромасштабных (200–2000 м) [1]. Как правило, в умеренных широтах наибольшие поля облачности связаны с фронтогенезом и циклонической деятельностью.

Наличие облачности приводит к ослаблению выхолаживания воздуха на нижних уровнях в атмосфере в результате его уменьшения ниже нижней границы облаков и сильного радиационного нагревания облаков солнечным излучением вблизи верхней границы. Поэтому при значительной облачности уменьшается выхолаживание воздуха инфракрасным земным излучением [2]. Кроме того, облачный покров сильно влияет на альбедо поверхности: при его изменении на 1% температура изменится приблизительно на градус. Это примерно равно прямому радиационному форсингу, обусловленному удвоением содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере [3]. Следовательно, облачность влияет на парниковый эффект, задерживая уходящую длинноволновую радиацию.

Глобальные изменения в термическом режиме и изменчивость циркуляционных процессов Северного полушария приводят к перестройке в режиме облачности в региональном масштабе [4].

Целью настоящей статьи является изучение внутригодового распределения облачности

в городе Уфа, а также ее изменения в период 1966–2020 гг.

## Материал и методика исследования

В ходе исследования были проанализированы данные срочных наблюдений за облачностью на метеорологической станции Уфа-Дема в период 1966–2020 гг. Базой данных послужил архив Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных [5].

Для анализа временной изменчивости изучаемой метеорологической величины были рассчитаны ее статистические характеристики – средние значения (климатические нормы), среднеквадратические отклонения (СКО), – рассмотрены максимальные и минимальные значения.

Оценка региональных изменений облачности получена с применением тренд-анализа. С помощью коэффициента наклона линии тренда (КНЛТ) оценивались скорость изменения исследуемой величины, ее рост (повышение) или снижение (уменьшение). Величина коэффициента детерминации  $R^2$  определяла вклад линейного тренда в общую изменчивость показателя. Достоверность результатов определялась на уровне 95%.

## Результаты и их обсуждение

Среднее годовое значение в исследуемый период в городе Уфа составляет 7,0 баллов по общей и 4,1 балла по нижней облачности (рис. 1). Максимальное количество облачности приходится на период с октября по декабрь (7,9–8,3 баллов по общей, 5,0–6,1 балла по нижней облачности), что объясняется усилением циклоничности в указанные месяцы. При этом отмечается увеличение

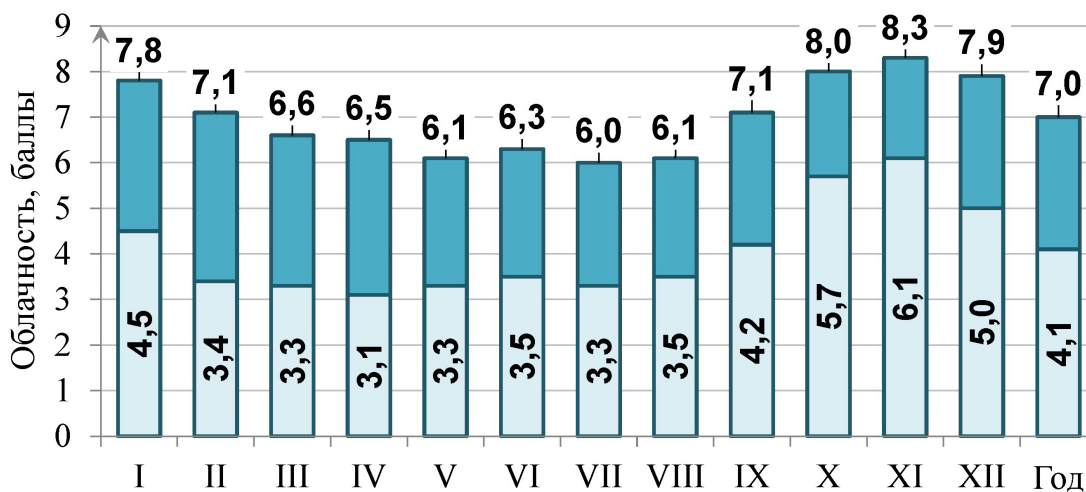


Рис. 1. Годовой ход общей и нижней облачности (баллы) на метеостанции Уфа-Дема (1966–2020 гг.). Над столбиками указан балл общей облачности, в нижней части столбиков – балл нижней облачности





характерных для данного процесса слоистых форм облачности.

С марта отмечается снижение общей облачности, что обуславливается резким ростом прямой и суммарной радиации от февраля к марту. Это приводит к тому, что после восхода Солнца наблюдается быстрое уменьшение облачности слоистых форм (инверсионного происхождения), а около полудня развивается облачность конвективных процессов [6].

Минимальное количество облаков наблюдается в период май – август (6,0–6,3 балла по общей облачности, 3,3–3,5 балла по нижней облачности). Летом большая часть облачности, развивающаяся с усилением конвекции, является кучевой и кучево-дождевой, она при наблюдениях представляет собой компактные группы облаков на небосводе.

Наибольшая временная изменчивость общей облачности наблюдается в марте, нижней – в декабре. Наименьшей величиной СКО общей облачности характеризуется июнь, нижней – май–июнь.

Облачность в г. Уфе имеет достаточно выраженный суточный ход (табл. 1, 2). В месяцы холодного периода суточный ход как по общей,

так и по нижней облачности более сглаженный, чем в месяцы теплого периода.

В зимние месяцы максимум по общей облачности приходится на утренние сроки (06–09 ч), минимум отмечается в ночные сроки (21–03 ч). Суточное распределение нижней облачности имеет противоположный характер (рис. 2, а).

Наибольшая облачность в теплом периоде, главным образом, формируется в дневное время благодаря развитию облаков конвективных форм. Так, с апреля по август наблюдается четко выраженный дневной максимум (12 ч) и ночной минимум (21 ч) как по общей, так и по нижней облачности (рис. 2, б, в).

Под влиянием изменения притока солнечной радиации и характера подстилающей поверхности меняются циркуляционные процессы по сезонам года, поэтому начинают изменяться количество облачности и ее формы. В Уфе с апреля по ноябрь преобладающей формой облачности является высокостроистая (рис. 2, г), а с декабря по март – высококучевая. Зимой из-за малого влагосодержания воздуха, наличия снежного покрова и связанных с ним приземных инверсий преобладает облачность слоистых форм (перисто-слоистые, слоисто-дождевые и слоистые облака). По мере увеличения продолжительно-

Таблица 1

Общая облачность по срокам наблюдения на метеостанции Уфа-Дема (1966–2020 гг.), баллы

| Срок | Месяц |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |
|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
|      | I     | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII |
| 00   | 7,6   | 7,1 | 6,2 | 5,9 | 5,5 | 5,7 | 5,2 | 5,2  | 6,2 | 7,5 | 8,0 | 7,8 |
| 03   | 7,6   | 7,3 | 7,0 | 6,4 | 5,8 | 6,0 | 5,5 | 5,8  | 6,9 | 7,9 | 8,2 | 7,9 |
| 06   | 8,0   | 7,5 | 7,2 | 6,8 | 6,1 | 6,2 | 6,0 | 6,3  | 7,7 | 8,3 | 8,5 | 8,1 |
| 09   | 8,0   | 7,4 | 7,0 | 6,9 | 6,6 | 6,8 | 6,7 | 6,9  | 7,7 | 8,5 | 8,5 | 8,2 |
| 12   | 7,8   | 7,0 | 6,8 | 7,0 | 6,9 | 7,2 | 7,0 | 7,1  | 7,8 | 8,5 | 8,5 | 8,0 |
| 15   | 7,9   | 7,2 | 6,8 | 6,9 | 6,7 | 6,9 | 6,5 | 6,7  | 7,5 | 8,3 | 8,4 | 8,1 |
| 18   | 7,6   | 6,8 | 6,5 | 6,2 | 5,9 | 6,1 | 5,8 | 5,9  | 6,9 | 7,7 | 8,2 | 7,8 |
| 21   | 7,5   | 6,8 | 6,2 | 5,6 | 5,1 | 5,7 | 5,0 | 5,0  | 6,4 | 7,5 | 8,1 | 7,7 |

Таблица 2

Нижняя облачность по срокам наблюдения на метеостанции Уфа-Дема (1966–2020 гг.), баллы

| Срок | Месяц |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |
|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
|      | I     | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII |
| 00   | 4,7   | 3,7 | 3,4 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 2,5 | 2,6  | 3,4 | 5,4 | 6,2 | 5,2 |
| 03   | 4,8   | 3,9 | 3,6 | 2,9 | 2,8 | 2,9 | 2,6 | 3,0  | 3,8 | 5,6 | 6,1 | 5,1 |
| 06   | 4,7   | 3,7 | 3,4 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 3,0 | 3,3  | 4,3 | 5,7 | 6,2 | 5,2 |
| 09   | 4,3   | 3,1 | 3,2 | 3,4 | 4,0 | 4,2 | 4,2 | 4,4  | 4,8 | 6,0 | 6,0 | 4,8 |
| 12   | 4,0   | 3,0 | 3,0 | 3,8 | 4,5 | 4,9 | 5,0 | 4,9  | 5,1 | 6,2 | 5,9 | 4,7 |
| 15   | 4,2   | 3,2 | 3,2 | 3,7 | 4,0 | 4,1 | 4,1 | 4,1  | 4,7 | 6,0 | 6,0 | 4,9 |
| 18   | 4,4   | 3,3 | 3,2 | 2,8 | 3,0 | 3,3 | 3,0 | 3,0  | 3,9 | 5,6 | 6,0 | 5,0 |
| 21   | 4,6   | 3,5 | 3,2 | 2,6 | 2,5 | 2,6 | 2,3 | 2,4  | 3,4 | 5,3 | 6,0 | 5,0 |

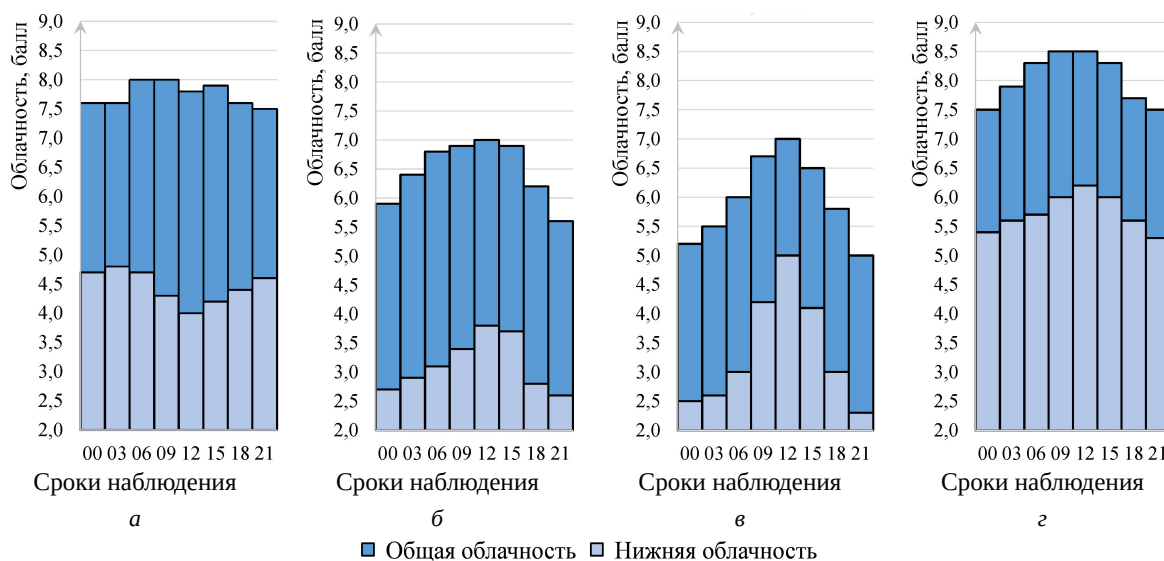


Рис. 2. Суточный ход общей и нижней облачности (баллы) в центральные месяцы сезонов на метеостанции Уфа-Дема (1966–2020 гг.): а – январь; б – апрель; в – июль; з – октябрь

сти солнечного сияния, нарастания температуры воздуха и почвы, развития процессов трансформации и турбулентного перемешивания весной, а также усиления этих процессов летом увеличивается повторяемость облаков вертикального развития (кучевые и кучево-дождевые формы). В осенне-зимний период благодаря циклонической деятельности увеличивается повторяемость разорванно-дождевых облаков плохой погоды, а также подынверсионных облаков слоисто-кучевых форм [7, 8].

Практический интерес представляют данные о низкой облачности и высоте ее нижней границы. Расчетные данные по повторяемости

высоты нижней границы облачности по градациям в г. Уфе представлены в табл. 3.

В течение года преобладает повторяемость нижней границы облаков в пределах 800–1000 м (44,7%). При этом с мая по август ее повторяемость становится более 50%. Повторяемость нижней границы облаков от 1000 до 1500 м в среднем за год составляет 24,4%, в месяцы теплого периода она варьирует в пределах 24–38%, в месяцы холодного периода – от 9 до 12%. Обратная ситуация складывается по повторяемости нижней границы облачности в пределах 800 м и ниже. В диапазонах высот  $\geq 300$  м, 300–500 м, 500–800 м наибольшая повторяемость приходит-

Таблица 3

**Повторяемость высоты нижней границы облаков по градациям на метеостанции Уфа-Дема (1966–2020 гг.), %**

| Месяц | Высота нижней границы облаков, м |         |         |          |           |             |
|-------|----------------------------------|---------|---------|----------|-----------|-------------|
|       | $\leq 300$                       | 300–500 | 500–800 | 800–1000 | 1000–1500 | $\geq 1500$ |
| I     | 8,9                              | 16,0    | 28,1    | 36,6     | 10,1      | 0,4         |
| II    | 7,4                              | 15,2    | 26,2    | 41,4     | 9,3       | 0,4         |
| III   | 7,4                              | 11,8    | 20,8    | 41,1     | 18,1      | 0,8         |
| IV    | 4,1                              | 8,3     | 12,5    | 49,4     | 24,7      | 0,9         |
| V     | 1,4                              | 4,0     | 7,9     | 50,7     | 35,0      | 1,0         |
| VI    | 0,9                              | 1,9     | 7,8     | 50,7     | 37,6      | 1,0         |
| VII   | 1,2                              | 2,2     | 6,8     | 50,7     | 38,1      | 1,1         |
| VIII  | 0,8                              | 2,9     | 7,4     | 51,1     | 36,6      | 1,2         |
| IX    | 1,4                              | 5,5     | 9,9     | 48,5     | 32,9      | 1,8         |
| X     | 5,0                              | 12,1    | 13,3    | 44,7     | 23,4      | 1,5         |
| XI    | 9,1                              | 18,8    | 22,3    | 37,4     | 11,9      | 0,5         |
| XII   | 9,0                              | 20,8    | 28,0    | 32,9     | 8,8       | 0,6         |
| Год   | 4,6                              | 9,9     | 15,5    | 44,7     | 24,4      | 1,0         |



ся на холодный период, наименьшая – на теплый (см. табл. 3).

Анализ межгодовой изменчивости облачности в г. Уфе показывает (рис. 3), что средние годовые величины общей и нижней облачности имеют значимую тенденцию к увеличению (0,12 и 0,14 балла/10 лет соответственно).

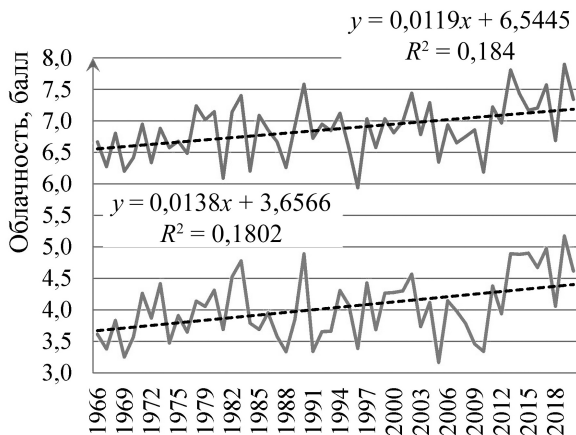


Рис. 3. Межгодовая изменчивость средней годовой общей и нижней облачности на метеостанции Уфа-Дема (1966–2020 гг.)

По общей облачности наибольшее увеличение наблюдается в январе – феврале и составляет 0,21 балла/10 лет (тренды статистически значимые), также значимые КНЛТ этого показателя в августе (0,20 балла/10 лет), марте (0,19 балла/10 лет) и апреле (0,18 балла/10 лет). По нижней облачности значимые КНЛТ обнаружены в январе, апреле и августе (0,28, 0,21, 0,20 балла/10 лет соответственно). Значительное увеличение нижней облачности наблюдается также в феврале (0,23 балла/10 лет). В июле по общей и нижней облачности выявлен незначительный отрицательный тренд.

В период 1966–2020 гг. максимальное среднее месячное значение по общей облачности составило 9,8 балла в ноябре 2012 г., по нижней облачности – 8,9 балла также в ноябре 2012 г. Наименьшие значения наблюдались в марте 1996 г. (2,2 балла) и в марте 1987 г. (0,1 балла).

### Заключение

Таким образом, облачное поле, его количественные и качественные характеристики

(количество и формы) зависят от барико-циркуляционных и радиационных условий территории. При этом облачность разных ярусов влияет на погодно-климатическую обстановку по-разному. Актуальность исследований по облачности и ее характеристикам вызвана тем, что она не только производит альбедное воздействие, но и может задерживать земное излучение, тем самым ослабляя или усиливая парниковый эффект. Для такого города-миллионера, как Уфа, в котором существует множество факторов увеличения температуры воздуха, усиление данного эффекта может привести к еще большему росту температуры.

### Библиографический список

1. Мазин И. П., Хргиан А. Х., Имянитов И. М. Облака и облачная атмосфера. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1989. 648 с.
2. Ку-Нан Л. Основы радиационных процессов в атмосфере / перевод с английского В. А. Иванова ; под редакцией К. Я. Кондратьева. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1984. 378 с.
3. Результаты исследований изменения климата для стратегий устойчивого развития Российской Федерации. Москва : Вива-Стар, 2005. 178 с.
4. Переведенцев Ю. П., Гурьянов В. В., Шанталинский К. М., Аухадеев Т. Р. Динамика тропосферы и стратосферы в умеренных широтах Северного полушария и современные изменения климата в Приволжском федеральном округе. Казань : Издательство Казанского университета, 2017. 186 с.
5. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 15.05.2023).
6. Камалова Р. Г., Переведенцев Ю. П. Климат Уфы в условиях глобального потепления : монография. Уфа : РИЦ УУНиТ, 2022. 112 с.
7. Климат Уфы / под редакцией В. Н. Бабиченко, М. А. Ереминой. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1987. 120 с.
8. Галимова Р. Г. Изменчивость облачности в пределах Республики Башкортостан // Фундаментальные и прикладные исследования в гидрометеорологии, водном хозяйстве и геоэкологии : материалы II Межрегиональной научно-практической конференции, посвященной Международному дню воды. Уфа : Издательство Башкирского государственного университета, 2017. С. 8–9. EDN: YICOQZ

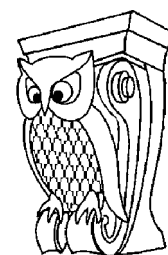
Поступила в редакцию 31.07.2023; одобрена после рецензирования 10.09.2023; принята к публикации 18.10.2023  
The article was submitted 31.07.2023; approved after reviewing 10.09.2023; accepted for publication 18.10.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 235–241  
*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 235–241  
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-235-241>, EDN: KBZVAI

Научная статья  
УДК 911.3:332.14



## Изменения использования транспорта в городских и сельских населённых пунктах России разной плотности за период 2014–2022 гг.

П. М. Крылов

<sup>1</sup>Государственный университет просвещения, Россия, 141014, Московская область, г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, д. 24

<sup>2</sup>ОАО «Российский институт градостроительства и инвестиционного развития “Гипрогор”», Россия, 119331, г. Москва, просп. Вернадского, д. 29

Крылов Петр Михайлович, кандидат географических наук, <sup>1</sup>доцент, исполняющий обязанности заведующего кафедрой географии, геоэкологии и природопользования; <sup>2</sup>главный специалист по транспорту, [pmkrylov@yandex.ru](mailto:pmkrylov@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9212-8751>

**Аннотация.** Целью исследования является изучение динамики использования транспорта и транспортного обслуживания в городских и сельских населённых пунктах России разной плотности в 2014–2022 г. В качестве гипотезы исследования выдвинуто представление о том, что динамика показателей использования транспорта и транспортного обслуживания в сельских населённых пунктах с определённой задержкой во времени повторяет динамику показателей использования транспорта и транспортного обслуживания городских населённых пунктов. При общем росте использования транспорта наблюдается продолжающийся рост использования личного легкового автотранспорта (включая мотоциклы) при одновременном снижении использования общественного транспорта. Выявлены постепенно уменьшающиеся различия между городскими и сельскими населёнными пунктами по большинству сравниваемых показателей. Исследуемые показатели для сельских населённых пунктов во многих случаях меняются по той же траектории (с той же динамикой), что и показатели для городских населённых пунктов, с лагом в несколько лет. Использование транспорта и транспортное обслуживание лицами мужского и женского пола также в тенденции приближаются к одинаковым значениям во всех типах населённых пунктов. Наблюдается общая закономерность: при возрастании плотности населённого пункта отмечается снижение проблем транспортного обслуживания населения.

**Ключевые слова:** транспортное обслуживание населения, динамика показателей транспорта, комплексное наблюдение условий жизни населения, городские населённые пункты, сельские населённые пункты

**Для цитирования:** Крылов П. М. Изменения использования транспорта в городских и сельских населённых пунктах России разной плотности за период 2014–2022 гг. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 235–241. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-235-241>, EDN: KBZVAI

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

### Changes in transport use in Russian urban and rural settlements of different population sizes over the period 2014–2022

P. M. Krylov

<sup>1</sup>State University of Education, 24 Vera Voloshina St., Moscow region, Mytishchi 141014, Russia

<sup>2</sup>JSC Russian Institute of Urban Planning and Investment Development “Giprogor”, 29 Vernadskogo Prospekt, Moscow 119331, Russia

Petr M. Krylov, [pmkrylov@yandex.ru](mailto:pmkrylov@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9212-8751>

**Abstract.** The aim of the study is to examine the dynamics of transport use and transport service in urban and rural settlements of Russia with different population sizes in 2014–2022. The hypothesis of the study is that the dynamics of transport use and transport service in rural settlements repeats the dynamics of transport use and transport service in urban settlements with a certain time delay. With the general growth of transport use, there is a continuing growth in the use of personal passenger cars (including motorbikes) with a simultaneous decrease in the use of public transport. Gradually decreasing differences between urban and rural settlements have been revealed for most of the comparable indicators. In many cases the studied indicators for rural settlements change along the same trajectory (with the same dynamics) as the indicators for urban settlements, with a lag of several years. Transport use and transport services for men and women also tend to approach the same values in all types of settlements. A general pattern is observed: as the population density of a settlement increases, the problems of transport service of the population decrease.

**Keywords:** transport service of the population, dynamics of transport indicators, comprehensive monitoring of population living conditions, urban settlements, rural settlements



**For citation:** Krylov P. M. Changes in transport use in Russian urban and rural settlements of different population sizes over the period 2014–2022. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 235–241 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-235-241>, EDN: KBZVAI

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

## Введение

Одной из задач социально-экономической географии является изучение качества и образа жизни населения в разных географических условиях. С позиций современной географии и территориального планирования транспорта важно знать особенности его использования жителями разных регионов, а также отдельных городских и сельских населённых пунктов разной плотности.

Городской пассажирский транспорт определяет мобильность населения города и пригородов, создает конфигурацию транспортных потоков и влияет на географические направления роста городов и их пригородов, городских агломераций, прочих населенных пунктов [1, 2]. Подходы к решению транспортных проблем в российских городах требуют смены приоритетов с фундаментальным разворотом от производителей транспортных услуг к потребителям, от ориентации на повышение мобильности к обеспечению доступности [3, 4]. В сельской местности в России развитие транспорта и транспортного обслуживания носит фрагментарный характер [5].

В современных стратегических документах в области развития транспортной инфраструктуры, например в ПКРТИ (проектах комплексного развития транспортной инфраструктуры для муниципальных образований и субъектов РФ), детально рассматриваются направление, структура и динамика транспортных потоков (как в ретроспективе, так и на ближайшую перспективу). При этом проблемы использования транспорта и транспортного обслуживания на уровне населённых пунктов почти не представлены в стратегических документах транспортного планирования федерального уровня: в Транспортной стратегии России до 2030 г. и в Схеме территориального планирования транспорта федерального значения [6–9].

В то же время в российской научной литературе отсутствуют работы, посвященные изучению динамики использования транспорта в населённых пунктах различного типа и плотности, расположенных в разных регионах (субъектах РФ). Настоящая статья продолжает цикл авторских публикаций, направленных на изучение использования транспорта на основе данных Комплексного наблюдения условий жизни населения (КОУЖ), проводимого федеральным агентством по статистике (Росстат) [10, 11]. Ранее нами были изучены особенности использования транспорта в населённых пунктах России за отдельные годы и по ряду показателей.

В частности, показатели транспортного обслуживания и транспортной обеспеченности населения, по данным КОУЖ, существенно отличаются применительно к городским населённым пунктам разной плотности [10]. Было выявлено, что многие показатели в сфере транспортного обслуживания населения и в целом в области транспортной инфраструктуры имеют тесную связь для регионов Центрального федерального округа, многие из них имеют схожие черты в уровне и качестве транспортного освоения территории, особенностях расселения, уровне и качестве жизни населения [11].

Изучение особенностей использования транспорта разными категориями населения в городских и сельских населённых пунктах может иметь большое практическое значение по нескольким причинам:

- 1) удовлетворение предпочтений и потребностей (изучение предпочтений и потребностей разных групп населения помогает разработать соответствующие транспортные услуги, такие как доступность общественного транспорта для людей с ограниченными возможностями);
- 2) улучшение инфраструктуры (изучение особенностей использования транспорта помогает разработать и улучшить городскую и сельскую инфраструктуру с тем, чтобы она соответствовала потребностям разных групп населения: например, это может включать строительство пешеходных дорожек, расширение использования общественного транспорта или улучшение дорожной сети;
- 3) снижение негативных воздействий (изучение особенностей использования транспорта разными группами населения помогает устранить проблемы, связанные с их транспортной дискриминацией и негативным воздействием на окружающую среду: например, путем анализа особенностей использования транспорта разными этническими группами, когда появляется возможность выявить проблемные места и внести коррективы в транспортную политику;
- 4) улучшение мобильности (разные группы населения могут иметь разные потребности и ограничения доступа к транспорту – изучение особенностей использования транспорта поможет выявить преграды и проблемы, с которыми они сталкиваются, и предложить решения для улучшения его доступности и мобильности).

Конечной целью исследования особенностей использования транспорта разными груп-



пами населения является создание более справедливой, безопасной и удобной транспортной системы для широкого круга пользователей.

Цель настоящей статьи – изучение динамики использования транспорта и транспортного обслуживания в городских и сельских населённых пунктах России разной плотности в период 2014–2022 гг.

На достижение указанной цели направлено изучение особенностей изменения набора показателей использования транспорта для отдельных категорий транспорта и отдельных категорий пользователей услуг транспорта (с учётом пола, возраста и иных социально-экономических характеристик населения).

В качестве гипотезы исследования выдвинуто представление о том, что динамика показателей использования транспорта и транспортного обслуживания сельских населённых пунктов с определённой задержкой времени (временным лагом) повторяет динамику показателей использования транспорта и транспортного обслуживания городских населённых пунктов. При этом отличия между городскими и сельскими населёнными пунктами по многим рассматриваемым показателям постепенно сглаживаются.

#### Материал и методика исследования

В основе настоящего исследования лежат результаты комплексного наблюдения условий жизни населения (КОУЖ), проводимого федеральным агентством по статистике (Росстат) за 2014, 2016, 2018, 2020 и 2022 гг. в части использования транспорта населением России [12–16]. До 2014 г. исследования КОУЖ проводились по другой методике (в 2011 г.), в данной статье они не использовались. К сожалению, многие показатели опубликованы только в агрегированном виде – они не представлены на уровне отдельных субъектов РФ. Только часть интересующих нас показателей использования транспорта и транспортного обслуживания населения опубликованы за 2014 г. Таким образом, мы не можем их сравнивать. Необходимо также отметить, что Росстат в другом обследовании жизни населения, а именно при изучении использования фонда времени населения, не выделяет отдельную категорию «затраты времени на транспорт» (в качестве пользователя транспорта или пассажира). В итоге можно сделать вывод о том, что использование транспорта и транспортное обслуживание населения во многих исследованиях Росстата, включая перепись населения России, не рассматриваются или же рассматриваются в минимальной степени.

Наше исследование основано на показателях использования транспорта и транспортного обслуживания населения РФ отдельно для жителей сельских населённых пунктов (градация плотности: до 200 чел., 201–1000 чел., 1001–5000 чел., более 5000 чел.) и жителей городских

населённых пунктов (городов, рабочих посёлков и посёлков городского типа (относящихся к городскому населению в соответствующем субъекте РФ); градация плотности: менее 50 тыс. чел., 50–99,9 тыс. чел., 100–249,9 тыс. чел., 250–499,9 тыс. чел., 500–999,9 тыс. чел., свыше 1 млн чел.). В качестве респондентов выступили жители населённых пунктов старше 15 лет.

Все группы показателей были разделены на три части (отдельных таблицы): «Транспортное обслуживание по типу населённых пунктов» (основной показатель в рамках нашего исследования), «Посещение каких-либо мероприятий по типу населённых пунктов» и «Мнение об условиях проживания в населённом пункте по типу населённых пунктов» [12–16].

#### Результаты и их обсуждение

##### 1. Анализ показателя «Транспортное обслуживание по типу населённых пунктов» за 2014–2022 г.

1.1. *Использование транспорта (все виды, включая личный и общественный).* За рассматриваемый период доля взрослого населения (старше 15 лет), использующего транспорт, росла до 2018 г. (с 85,6 до 91,2%), затем значения практически не менялись (91,0% в 2020 г. и 91,4% в 2022 г.). При этом наблюдалось сокращение использования общественного транспорта.

За рассматриваемый восьмилетний период его использование сократилось с 61,7 до 53,5%. Отмечено резкое снижение использования общественного транспорта в пандемийном 2020 г. по сравнению с 2018 г. (59,3% и 54,3% соответственно).

Отмечается явная тенденция увеличения использования транспорта (включая общественный) пропорционально росту плотности населённого пункта. При этом доля использования транспорта в целом за рассматриваемый период для сельских и городских населённых пунктов примерно совпадает, тогда как использование общественного транспорта в городских населённых пунктах в 2022 г. (59,8%) существенно опережает его использование в сельских населённых пунктах (34,3%).

Максимальная доля населения, использующего транспорт всех типов, характерна не для городов с плотностью более 1 млн жителей, а для группы городов с населением от 250 до 500 тыс. человек. Эта же закономерность характерна и отдельно для пользующихся общественным транспортом.

1.2. *Доля населения, имеющего возможность добраться иным способом до нужного места, несмотря на сбои в работе наиболее доступного вида общественного транспорта.* Наблюдается постоянный рост вышеуказанного показателя как в целом (с 89,1 до 93,8%), так и отдельно для городских (с 90,4 до 95,1%)



и сельских (с 83,1 до 86,7%) населённых пунктов. Чем больше людность населённого пункта, тем выше показатель доли населения, имеющего возможность добраться до нужного места, несмотря на сбои в работе наиболее доступного вида общественного транспорта. При этом данный показатель для всех типов сельских населённых пунктов меньше, чем для всех типов городских населённых пунктов.

*1.3. Средняя продолжительность одной поездки в оба конца на общественном транспорте (минуты) (включая время на его ожидание).* При общем снижении доли пользующихся общественным транспортом (см. выше) наблюдается тенденция сокращения времени одной поездки. Так, с 2014 по 2022 г. продолжительность средней поездки снизилась с 59,9 до 52,4 минуты. Данная положительная тенденция характерна для всех типов городских и сельских населённых пунктов (снижение с 55,2 до 49,6 минут для городских и с 80,6 до 67,9 минут для сельских населённых пунктов).

При этом наблюдается следующая закономерность: наименьшее время поездки характерно для городов с людностью от 250 тыс. до 1 млн человек (40,8 минут). Для крупнейших городов с численностью жителей более 1 млн человек данная величина остаётся существенно выше – 56,5 минут. Это подтверждает мнение многих урбанистов и географов-градovedов о существовании оптимального размера города, население которого составляет примерно 0,2–0,3 млн жителей.

Для разных типов сельских населённых пунктов продолжительность поездки также существенно различается: от 66,8 минут для поселений с людностью меньше 200 чел. и до 74,3 минут для поселений людностью от 200 до 1000 жителей.

Таким образом, наихудшее положение с точки зрения продолжительности поездки на 2022 г. характерно не для наименьших по людности сельских населённых пунктов (многие из них лишены транспортного обслуживания общественным транспортом), а для более крупных населённых пунктов, значительная часть которых расположена в освоенных частях России и обслуживается общественным транспортом.

*1.4. Использование автомобиля, мотоцикла (в качестве водителя, а не пассажира).* Показатель отражает использование автомобильного транспорта и мотоциклов во всех типах населённых пунктов. В КОУЖ отдельно рассматривается использование автомобилей и мотоциклов по доле от всех возможных используемых видов транспорта и отдельно по доле от всех совершённых поездок. Доля легковых автомобилей и мотоциклов в 2014–2022 гг. увеличилась как в целом, так и отдельно для городских и сельских населённых пунктов. Уже к 2020 г. этот показатель достигает наибольших значений в большинстве типов

населённых пунктов и не возрастает (находится на том же уровне) в 2022 г.

В целом доля автомобилей и мотоциклов выросла с 28,1% (с 25,2% по доле поездок) до 34,6% (31,8% по доле поездок). Использование мотоциклов и легковых автомобилей во всех типах сельских населённых пунктов в рассматриваемые годы выше, чем в городских населённых пунктах. Максимальная доля указанных видов транспорта характерна для крупнейших сельских населённых пунктов с людностью свыше 5 тыс. чел. (37,8% в 2022 г.), минимальная – для городов с людностью 0,5–1 млн чел. (26,9% в 2022 г.).

*1.5. Использование такси (включая частный извоз на легковых автомобилях).* Наблюдается рост показателей для всех типов населённых пунктов, за исключением сельских населённых пунктов наибольшей (свыше 5 тыс. чел.) и наименьшей (до 200 чел.) людности. Наибольший рост (в 4,5 раза) по доле от всех совершаемых поездок за рассматриваемый период характерен для крупнейших городов с населением более 1 млн жителей (с 0,2 до 0,9%). Чем выше людность населённого пункта (как городского, так и сельского), тем больше использование такси (включая частный извоз). Исключением являются сельские населённые пункты с людностью от 200 до 1000 жителей, в которых использование такси (вместе с частным извозом) немного больше, чем в наименьших по людности сельских населённых пунктах (до 200 чел.) – соответственно 8,5% и 6,2% от всех совершаемых поездок. Это может быть объяснено высокой долей населённых пунктов с минимальной людностью, отдалённых от автодорог, имеющих твёрдое покрытие.

*1.6. Использование транспорта мужчинами и женщинами старше 15 лет.* Для всех категорий населённых пунктов характерно большее использование транспорта лицами мужского пола по сравнению с лицами женского пола: 92,9% и 90,1% соответственно (на 2022 г.).

Для всех типов населённых пунктов характерно увеличение использования транспорта как мужчинами, так и женщинами в 2014–2022 гг. В целом за 2014–2022 гг. произошло увеличение использования транспорта лицами мужского пола с 87,2 до 92,9%, а лицами женского пола с 84,5 до 90,1%. Максимальная доля лиц женского пола (94,1%), использующих транспорт в 2022 г., характерна для городов с людностью 0,25–0,5 млн чел., тогда как максимальная доля лиц мужского пола (95,0%) – для городов такой же людности, а также для городов с людностью свыше миллиона жителей (95,1%).

Разница между лицами мужского и женского пола за рассмотренный временной период почти не сократилась: 2,7 процентных пункта в 2014 г. и 2,8 процентных пункта в 2022 г. При этом



разница между сельскими и городскими населёнными пунктами (как в целом, так и в равной людности) в период 2014–2022 гг. стремительно сокращается: в 2014 г. для лиц женского пола она составляла 4,9 процентных пункта, а в 2022 г. – только 2,1 процентный пункт. Аналогично для лиц мужского пола: в 2014 г. разница между городскими и сельскими населёнными пунктами составляла 3,3 процентных пункта, а в 2022 г. – только один процентный пункт.

Обобщенные показатели динамики использования транспорта и транспортного обслуживания населения в 2014–2022 гг. представлены в таблице.

**2. Анализ показателя «Посещение каких-либо мероприятий в разных типах населённых пунктов» за 2014–2022 г. (доля от всех жителей старше 15 лет)**

Данный показатель косвенно отражает уровень развития транспорта и транспортного обслуживания населения. За рассматриваемый период показатель посещаемости разных мероприятий (концертов, театров, ресторанов и т. п.) несколько снизился для городских населённых пунктов. Обобщённый показатель посещения мероприятий (в процентах от доли населения старше 15 лет) для городских населённых пунктов сни-

зился с 58,4 до 56,2%, тогда как для сельских населённых пунктов он увеличился с 39,7 до 42,0%.

При росте людности населённого пункта наблюдается рост посещаемости культурно-развлекательных мероприятий. Исключение: посещаемость мероприятий в городах людностью 0,5–1 млн жителей немного ниже по сравнению с группами городских населённых пунктов людностью 0,25–0,5 млн чел. и свыше 1 млн чел.

**3. Анализ показателя «Мнение об условиях проживания в населённом пункте по типу населённого пункта»**

Здесь учитывалось мнение населения о множестве социально-экономических показателей, отражающих качество жизни населения. Среди них можно выделить семь показателей качества работы транспорта и транспортно-дорожной инфраструктуры:

- большая отдаленность торговых точек;
- большая отдаленность аптек;
- большая отдаленность учреждений культуры;
- большая отдаленность мест проведения отдыха и досуга;
- большая отдаленность объектов для занятий физкультурой и спортом;

**Обобщённые показатели динамики показателей использования транспорта и транспортного обслуживания населения в 2014–2022 гг. для людей старше 15 лет, %**

| Показатель | Респонденты                    |  |           |             |             |             |                               |       |   |          |           |            | Все респонденты |
|------------|--------------------------------|--|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------------------------|-------|---|----------|-----------|------------|-----------------|
|            | в городских населённых пунктах |  |           |             |             |             | в сельских населённых пунктах |       |   |          |           |            |                 |
|            | всего                          | в том числе с численностью населения, тыс. человек |           |             |             |             |                               | всего | в том числе с численностью населения, человек |          |           |            |                 |
|            |                                | менее 50,0   | 50,0–99,9 | 100,0–249,9 | 250,0–499,9 | 500,0–999,9 | 1 млн и более                 |       | 200 и менее                                   | 201–1000 | 1001–5000 | более 5000 |                 |
| 1          | ↑0                             | ↑0   | ↑0        | ↑0          | ↑0          | ↑0          | ↑0                            | ↑0    | ↓   | ↑0       | ↑0        | ↑0         | ↑0              |
| 2          | ↓                              | ↓  | ↓         | ↓0          | ↓           | ↓           | ↓                             | ↓     | ↓   | ↓        | ↓         | ↓          | ↓               |
| 3          | ↑                              | ↑  | ↑         | ↑           | ↑           | ↑           | ↑                             | ↑     | ↑   | ↑        | ↑         | ↑          | ↑               |
| 4          | ↓                              | ↓0   | ↓         | ↓0          | ↓0          | ↓           | ↓                             | ↓     | ↓0  | ↓        | ↓         | ↓0         | ↓               |
| 5          | ↑0                             | ↑0   | ↑0        | ↑0          | ↑0          | ↑0          | ↑0                            | ↑0    | ↑   | ↑0       | ↑0        | ↑          | ↑0              |
| 6          | ↑0                             | ↑  | ↑         | ↑0          | ↑0          | ↑0          | ↑0                            | ↑     | ↑   | ↑0       | ↑0        | ↑          | ↑0              |
| 7          | ↑0                             | ↑  | ↑0        | ↑0          | ↑           | ↑           | ↑0                            | ↑     | ↑   | ↑0       | ↑         | ↑          | ↑               |
| 8          | ↑                              | ↑  | ↑0        | ↑0          | ↑0          | ↑           | ↑0                            | ↑     | ↑   | ↑        | ↑         | ↑          | ↑               |
| 9          | ↑                              | ↑  | ↑         | ↑           | ↑           | ↑           | ↑                             | ↑     | ↓   | ↑        | ↑         | ↓          | ↑               |

Примечание.

Показатели: 1 – использование транспорта; 2 – использование общественного транспорта; 3 – доля населения, имеющего возможность добраться до нужного места при наличии сбоев в работе общественного транспорта; 4 – средняя продолжительность поездки на общественном транспорте (в оба конца, включая время ожидания), мин; 5 – изменение доли автотранспорта (включая мотоциклы) относительно всех используемых видов транспорта; 6 – изменение доли автотранспорта (включая мотоциклы) относительно всех используемых видов транспорта по количеству поездок; 7 – использование транспорта женщинами; 8 – использование транспорта мужчинами; 9 – использование такси (включая частный извоз).

Динамика показателей: ↑ – преобладает рост показателя; ↓ – преобладает снижение показателя; ↓↑ – однозначная динамика показателя не выявлена; 0 – стабилизация показателя (после предыдущего роста или снижения показателя).





- плохая организация работы общественного транспорта;
- состояние дорог, безопасность дорожного движения.

Выявлено, что, несмотря на увеличение использования легковых автомобилей и мотоциклов в сочетании с сокращением пользования общественным транспортом, происходит рост недовольства населения проблемами, связанными с удалённостью социально-значимых объектов.

За период 2014–2022 гг. проблема состояния дорог и безопасности дорожного движения незначительно сократилась: 64,9% респондентов отметили ее в 2014 г. и 64,1% – в 2022 г. Проблема большой удалённости учреждений культуры также не уменьшилась: 30,5% респондентов назвали ее в 2014 г. и столько же – в 2022 г. Характерно, что проблема состояния дорог и безопасности дорожного движения примерно в одинаковой степени значима для всех типов населённых пунктов (64,2% респондентов отметили ее в 2022 г. для городских населённых пунктов против 63,9% – в 2022 г. для сельских населённых пунктов).

Проблема удалённости важных социальных объектов более значима для сельских населённых пунктов по сравнению с городскими. Более того, за период 2014–2022 гг. наблюдается ухудшение ситуации обеспеченности (транспортной доступности) социально значимых объектов в сельской местности. Так, плохая работа общественного транспорта в 2014 г. отмечена 37,6% респондентов, а в 2022 г. – 41,7%.

Большая удалённость торговых точек в 2014 г. отмечалась 19,4% респондентов, а в 2022 г. – 30,4%. Аналогично ухудшилось восприятие населением удалённости других социально значимых объектов (аптек, учреждений культуры, физической культуры и спорта, мест проведения отдыха и досуга).

Самые плохие значения показателя удалённости социально значимых объектов из всех типов населённых пунктов как в 2014 г., так и в 2022 г. характерны для сельских населённых пунктов с плотностью менее 200 чел. (в скобках приведено усреднённое значение для РФ в целом для 2022 г.):

- 1) большая отдаленность торговых точек – 59,4% (14,3%);
- 2) большая отдаленность аптек – 80,9% (22,0%);
- 3) большая отдаленность учреждений культуры – 60,3% (30,5%);
- 4) большая отдаленность мест проведения отдыха и досуга – 71,2% (37,9%);
- 5) большая отдаленность объектов для занятий физкультурой и спортом – 78,8% (34,1%).

Наблюдается следующая закономерность: при росте плотности населённого пункта происходит снижение проблем большой удалённости социально значимых объектов.

## Выводы

Проведённое исследование показывает особенности динамики показателей использования транспорта и транспортного обслуживания населения в городских и сельских населённых пунктах России разной плотности в 2014–2022 гг.

При общем росте использования транспорта в целом наблюдается продолжающийся рост использования личного легкового автотранспорта (включая мотоциклы) в сочетании со снижением использования общественного транспорта.

Выявлены постоянно снижающиеся различия между городскими и сельскими населёнными пунктами по большинству сравниваемых показателей. Показатели сельских населённых пунктов во многих случаях меняются по той же траектории (с той же динамикой), что и показатели городских населённых пунктов с временным лагом в несколько лет.

Использование транспорта лицами мужского и женского пола и транспортное обслуживание также приближаются к одинаковым значениям во всех типах населённых пунктов.

Наблюдается общая закономерность: при росте плотности населённого пункта выявлено снижение проблем транспортного обслуживания населения.

В рассматриваемый период (2014–2022 гг.) все менее остро стоит проблема невозможности добраться к месту назначения при наличии сбоев в работе общественного транспорта. Это говорит, помимо прочего, о росте доступности использования таксомоторных перевозок.

Постепенно снижается и средняя длительность поездки. Это можно считать однозначно положительным показателем при условии, что все поездки связаны с рабочими целями. Рост количества и в меньшей степени продолжительности поездок с социально-культурными целями говорит о большем удовлетворении социально значимых потребностей населения.

При увеличении транспортной подвижности все еще не решена проблема транспортной дискриминации населения от региона к региону. Это особенно характерно для сельской местности.

Более того, несмотря на повышение роли и значения дистанционного формата работы (что подтверждается данными переписи населения России 2020 г. (2021 г.)) и снижение потребности в транспортном обслуживании населения наблюдается рост недовольства сельского населения транспортной доступностью (по их восприятию).

Для городских населённых пунктов плотностью от 250 до 500 тыс. человек выявлена закономерность наличия лучших показателей транспортного обслуживания, включая среднюю продолжительность поездки на общественном транспорте в оба конца и время ожидания. При этом оптимальные параметры продолжительности одной поездки (обоснованные учёными-



градоведами) характерны для городов с плотностью 0,1–0,25 млн чел.).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что развитие самых современных видов транспорта, а также услуг по доставке товаров к потребителю на дом не решает проблемы транспортной уязвимости населения в сельской местности (за исключением населённых пунктов в черте городских агломераций или имеющих выгодное (не изолированное) транспортно-географическое положение).

Полученные результаты могут быть использованы для корректировки стратегических и программных документов в области территориального планирования и градостроительства, а также для создания и уточнения документов транспортного планирования.

### Библиографический список

1. Сидоров В. П., Ситников П. Ю. Транспортная доступность как показатель рациональной организации работы городского пассажирского транспорта // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2017. Т. 27, № 4. С. 547–553. EDN: YLUMMO
2. Крылов П. М. Транспортная уязвимость населения России в начале XXI в. // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2012. № 1. С. 26–35. EDN: OWJNVP
3. Савельева Е. О. Изменение транспортного поведения населения как способ достижения устойчивой мобильности в российских городах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2021. № 1. С. 5–18. <https://doi.org/10.15593/2409-5125/2021.01.01>, EDN: NHPBNB
4. Агуреев И. Е., Ахромешин А. В. Обоснование выбора теоретического аппарата для описания транспортного поведения жителей города (мегаполиса) // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2021. Т. 18, № 6. С. 746–758. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-6-746-758>, EDN: KPSSET
5. Михеева Т. В., Алексанян Л. С. Обеспечение транспортной доступности сельских населенных пунктов: механизмы стимулирования и меры поддержки // Научный вестник автомобильного транспорта. 2022. № 3. С. 39–46. EDN: МЕМУУМ
6. О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р. URL: <http://government.ru/news/43948/> (дата обращения: 25.07.2023).
7. Об утверждении комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года: распоряжение Правительства РФ от 30.09.2018 № 2101-р (ред. от 24.06.2023). URL: <http://government.ru/docs/34297/> (дата обращения: 25.07.2023).
8. Об утверждении схемы территориального планирования Российской Федерации в области федерального транспорта (железнодорожного, воздушного, морского, внутреннего водного транспорта) и автомобильных дорог федерального значения: распоряжение Правительства РФ от 19.03.2013 № 384-р (ред. от 10.04.2023). URL: <http://government.ru/docs/all/86739/> (дата обращения: 25.07.2023).
9. Требушкова И. Е., Полякова Н. О. Географический анализ государственной политики на железнодорожном транспорте России // Географическая среда и живые системы. 2021. № 1. С. 110–130. <https://doi.org/10.18384/2712-7621-2021-1-110-130>, EDN: UGHUPZ
10. Крылов П. М. Транспортно-географические особенности условий жизни населения городов и регионов России // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2019. Т. 29, № 4. С. 515–524. <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2019-29-4-515-524>, EDN: DWEQRY
11. Арустамов Э. А., Волкова И. Н., Крылов П. М. Проблемы транспортной обеспеченности и качества транспортного обслуживания городских населенных пунктов России различной плотности // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12, № 6. С. 6. <https://doi.org/10.15862/07ECVN620>, EDN: SXGHWY
12. Комплексное наблюдение условий жизни населения. 2014 г. URL: [https://gks.ru/free\\_doc/new\\_site/KOUZ14/survey0/index.html](https://gks.ru/free_doc/new_site/KOUZ14/survey0/index.html) (дата обращения: 20.07.2023).
13. Комплексное наблюдение условий жизни населения. 2016 г. URL: [https://gks.ru/free\\_doc/new\\_site/KOUZ16/index.html](https://gks.ru/free_doc/new_site/KOUZ16/index.html) (дата обращения: 20.07.2023).
14. Комплексное наблюдение условий жизни населения. 2018 г. URL: [https://gks.ru/free\\_doc/new\\_site/KOUZ18/index.html](https://gks.ru/free_doc/new_site/KOUZ18/index.html) (дата обращения: 20.07.2023).
15. Комплексное наблюдение условий жизни населения. 2020 г. URL: [https://gks.ru/free\\_doc/new\\_site/GKS\\_KOUZH-2020/index.html](https://gks.ru/free_doc/new_site/GKS_KOUZH-2020/index.html) (дата обращения: 20.07.2023).
16. Комплексное наблюдение условий жизни населения. 2022 г. URL: [https://gks.ru/free\\_doc/new\\_site/GKS\\_KOUZH\\_2022/index.html](https://gks.ru/free_doc/new_site/GKS_KOUZH_2022/index.html) (дата обращения: 20.07.2023).

Поступила в редакцию 20.08.2023; одобрена после рецензирования 10.09.2023; принята к публикации 18.10.2023  
The article was submitted 20.08.2023; approved after reviewing 10.09.2023; accepted for publication 18.10.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 242–249

*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 242–249

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-242-249>, EDN: KYDSVM

Научная статья

УДК 911.3(470+571)



## Пилотные инновационные территориальные кластеры: пространственная дифференциация, закономерности развития и эффективность

А. М. Носонов

Мордовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. П. Огарева, Россия, 430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68

Носонов Артур Модестович, доктор географических наук, профессор, профессор кафедры физической и социально-экономической географии, [artno@mail.ru](mailto:artno@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4719-0166>

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию важного компонента инновационной инфраструктуры – пилотным инновационным территориальным кластерам. Рассмотрены основные этапы их формирования, выявлены и проанализированы пространственные закономерности развития, структура и экономическая эффективность. Цель исследования заключается в анализе пространственных закономерностей функционирования пилотных инновационных территориальных кластеров для обоснования перспективных направлений государственной кластерной политики, способствующей эффективному использованию финансовых ресурсов федерального бюджета за счет определения приоритетных направлений инвестирования и установления на этой основе обладающих наибольшим потенциалом получателей государственной поддержки в кластере в условиях ограниченных финансовых ресурсов. Это перспективно прежде всего для обоснования стимулирования новых высокотехнологичных отраслей и предприятий. Исследование проведено на основе материалов официальной федеральной и региональной статистики, информационно-аналитических докладов Ассоциации кластеров, технопарков и ОЭЗ России, официальных рейтингов инновационного развития регионов, законодательных актов федерального и регионального уровней. Выявлены закономерности функционирования и тенденции развития инновационных территориальных кластеров. Главное назначение формирующихся инновационных территориальных кластеров – насыщение огромного внутреннего рынка высокотехнологичными товарами, услугами и технологией с целью достижения технологической независимости страны. Сформулированы перспективные направления совершенствования кластерной политики России.

**Ключевые слова:** кластер, инфраструктура, инновации, пространственные закономерности, инновационная система, специализация

**Для цитирования:** Носонов А. М. Пилотные инновационные территориальные кластеры: пространственная дифференциация, закономерности развития и эффективность // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 242–249. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-242-249>, EDN: KYDSVM

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

**Pilot innovative territorial clusters: Spatial differentiation, patterns of development and efficiency**

A. M. Nosonov

National Research Mordovia State University, 68 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Republic of Mordovia, Russia

Arthur M. Nosonov, [artno@mail.ru](mailto:artno@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4719-0166>

**Abstract.** The article is devoted to the study of an important component of innovative infrastructure – pilot innovative territorial clusters. The main stages of their formation were considered, spatial patterns of development, structure and economic efficiency were identified and analyzed. The purpose of the study is to analyze the spatial regularities of pilot innovative territorial clusters functioning to justify the promising directions of the state cluster policy contributing to the effective use of the financial resources of the federal budget by determining priority investment directions and establishing on this basis the recipients of state support in the cluster with the greatest potential in the context of limited financial resources. This is promising primarily for justifying the stimulation of new high-tech industries and enterprises. The study was carried out on the basis of materials from official federal and regional statistics, information and analytical reports of the Association of Clusters, Technoparks and SEZs of Russia, official ratings of regions innovative development, legislative acts of the federal and regional levels. Patterns of functioning and trends in the development of innovative territorial clusters have been identified. The main purpose of the emerging innovative territorial clusters is to saturate the huge domestic market with high-tech goods, services and technologies in order to achieve the country's technological independence. Promising directions for improving the cluster policy of Russia are formulated.

**Keywords:** cluster, infrastructure, innovations, spatial patterns, innovation system, specialization



**For citation:** Nosonov A. M. Pilot innovative territorial clusters: Spatial differentiation, patterns of development and efficiency. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 242–249 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-242-249>, EDN: KYDSVM  
This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

## Введение

Главным направлением формирования современного мирового хозяйства являются приоритетное развитие высокотехнологичных отраслей производства и формирование соответствующей инфраструктуры как предпосылки достижения конкурентных технико-технологических преимуществ. Это предполагает развитие России на инновационной основе и во многом зависит от эффективности научно-технологической политики. Основа инновационной модернизации экономики России – генерация новых знаний как предпосылка коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности и распространение достижений научно-технического прогресса во всех отраслях общественной деятельности [1, 2]. Только так можно достичь экономической и технологической конкурентоспособности страны и обеспечить ее дальнейшее устойчивое развитие, главным критерием которого является высокое качество жизни населения.

Наиболее эффективными компонентами технико-технологической инфраструктуры становятся технопарки и инновационные территориальные кластеры. Они служат центрами генерации новых знаний, коммерциализации и диффузии инноваций в другие регионы страны [3–5]. Процессы кластеризации в современной экономике являются одним из важных факторов инновационного развития страны. Если в Северной Америке и Западной Европе эти процессы начались еще в 70–80-е гг. XX в., то в России первые организационно оформленные кластеры стали появляться только с 2012 г. [2]. Так, в соответствии с компонентом кластерной концентрации Глобального инновационного индекса в 2018 г. Россия занимала 101-е место, в 2020 г. – 85-е, а в 2022 г. – уже 54-е [6]. Это одни из самых высоких показателей динамики процессов кластеризации в мире. Таким образом, выявление пространственных закономерностей функционирования и развития этих объектов научно-производственной инфраструктуры с применением ГИС-технологий является необходимой предпосылкой разработки федеральной и региональной инновационной политики. Геоинформационные методы позволяют определить и визуализировать особенности специализации и эффективность функционирования инновационных территориальных кластеров как основы дельнейшего формирования экономики России преимущественно на базе высокотехнологичных производств [4, 7, 8]. Уровень концентрации и диверсификация объектов технико-технологической инфраструктуры являются важной предпосылкой инновационного

развития регионов и оказывают мультипликативное воздействие на развитие всех секторов экономики. Инфраструктурные факторы инновационного развития являются важной составной частью социально-экономического потенциала субъектов Российской Федерации. Как правило, регионы, наиболее насыщенные инновационными инфраструктурными объектами (Москва, Санкт-Петербург, Калужская и Свердловская области, Татарстан и Башкортостан), отличаются значительным размером валового регионального продукта и высокими показателями качества жизни населения [4].

Цель статьи заключается в выявлении и исследовании пространственных закономерностей формирования и функционирования пилотных инновационных территориальных кластеров с точки зрения их региональной дифференциации, динамики развития и эффективности для обоснования перспектив развития этих объектов национальной инновационной системы и разработки эффективной кластерной политики. Пилотный инновационный территориальный кластер представляет собой систему взаимосвязанных и взаимодействующих объектов инновационной инфраструктуры, сконцентрированных на ограниченной территории с целью развития кооперации и конкурирующих друг с другом. Название «пилотный» обозначает, что это первые тестовые структуры, на основе анализа деятельности которых будет разрабатываться и осуществляться последующая кластерная политика государства.

## Материал и методика исследования

В исследовании использованы официальные данные Федеральной службы государственной статистики, рейтинга регионов России по уровню инновационного развития, полученные Высшей школой экономики и Ассоциацией инновационных регионов России [9, 10]. Основные параметры функционирования пилотных инновационных территориальных кластеров представлены на сайтах Ассоциации кластеров, технопарков и ОЭЗ России и Высшей школы экономики «Карта кластеров России» [11, 12]. Наиболее эффективным подходом к визуализации данных о кластерах являются геоинформационные системы, которые позволяют выявить и исследовать пространственные закономерности функционирования пилотных инновационных территориальных кластеров. К источникам информации по этим структурам относятся также материалы федеральных министерств экономического развития, а также промышленности и торговли, сайты пилотных инновационных территориальных



кластеров России [13, 14]. Эти данные отражают специализацию, показатели результативности инновационной деятельности, количественные показатели функционирования объектов инновационной инфраструктуры. Были проанализированы федеральные и региональные нормативно-правовые акты, регламентирующие кластерную политику России.

На аналитической стадии исследования была создана серия тематических электронных карт с целью последующего проведения ГИС-картографирования основных характеристик пилотных инновационных территориальных кластеров. Объектом ГИС-проекта являются территориальные образования в разрезе субъектов Российской Федерации, предметом – выявление и анализ пространственных закономерностей формирования и развития кластерных структур как основы регионального социально-экономического развития. Были выявлены и проанализированы территориальные различия дифференциации пилотных инновационных территориальных кластеров. В дальнейшем это позволило выявить пространственные закономерности размещения отдельных компонентов данных кластеров. В результате обобщения обнаруженных закономерностей были сделаны выводы о путях совершенствования развития пилотных инновационных территориальных кластеров в регионах России на основе выявленных пространственных закономерностей функционирования этого важного компонента инновационной инфраструктуры. Полученные результаты исследования необходимы для принятия управленческих решений при обосновании путей совершенствования кластерной политики как на федеральном, так и региональном уровнях.

### Результаты и их обсуждение

Понятие «инновационный территориальный кластер» появилось лишь в 1970 г. Практическая реализация кластерной политики в экономически развитых странах началась в 80-е гг. XX в. В настоящее время кластеры получили широкое развитие в Западной Европе (более 50% занятых в экономике и науке, большая часть патентов) и в США (около 35% занятых в экономике и науке, половина доходов и более 90% объектов интеллектуальной собственности). Более того, в наибольшей степени кластерные структуры присутствуют в производстве высокотехнологичной продукции и услуг [15].

В России кластерные инициативы начали реализовываться с середины 90-х гг. XX в. Основными структурами, осуществляющими кластерную политику в России, являются федеральные органы власти – Министерство экономического развития Российской Федерации и Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. Кроме того, в ряде регионов России

функционируют центры кластерного развития [15]. При обосновании проведения кластерной политики в России проанализирован и частично учтен опыт западно-европейских кластерных инициатив. Был детально изучен опыт немецкой программы поддержки биотехнологий BioRegio, в процессе реализации которой удалось привлечь 700 млн евро, в 4 раза увеличить число компаний отрасли и создать более 9000 высококвалифицированных рабочих мест. Реализация этой кластерной инициативы позволила Германии стать лидером Европы в области биотехнологий. Был учтен также опыт французской кластерной инициативы Competitiveness clusters, осуществление которой позволило создать 7 кластеров мирового уровня, 10 потенциально мирового уровня и 54 конкурентоспособных кластера национального уровня в разных высокотехнологичных отраслях [16].

Законодательное обеспечение кластерной политики в России было заложено еще в 2008 г. в документах правительства Российской Федерации «Концепция долгосрочного социально-экономического развития до 2020 г.» и «Стратегия инновационного развития Российской Федерации до 2020 г.» [17, 18]. Организационное оформление и формирование инновационных территориальных кластеров произошло в России значительно позже, чем в экономически развитых странах мира. Активная кластерная политика на федеральном уровне стала осуществляться только в 2012 г. в рамках программы поддержки пилотных инновационных территориальных кластеров. На конкурсной основе из 94 заявок были отобраны 25 на получение статуса пилотного инновационного территориального кластера, который предусматривал федеральное финансирование этих структур. Сейчас в России насчитывается 30 пилотных инновационных территориальных кластеров в 21 регионе страны [12] (рис. 1). В дальнейшем темпы кластеризации экономики в России были одни из самых высоких в мире. По кластерной концентрации Глобального инновационного индекса в 2022 г. Россия занимала 54-е место, переместившись вверх на 47 позиций в течение четырех лет [6].

Наибольшая территориальная концентрация пилотных инновационных кластеров характерна для регионов с высоким уровнем инновационного развития: Санкт-Петербург и Москва, Центральная Россия (Московская и Калужская области, Республика Мордовия), Поволжье (Республика Татарстан, Нижегородская, Самарская и Ульяновская области), Урал и Сибирь (Республика Башкортостан, Удмуртская Республика, Алтайский и Пермский края, Кемеровская, Новосибирская, Свердловская, Томская области, Красноярский край), а также Хабаровский край. В Москве, Московской области и Санкт-Петербурге размещено по 3 пилотных инновационных кластера. По 2 кластера находятся в Республике



Татарстан, Пермском крае, Ульяновской области, в остальных 14 регионах по одному. Лишь 10% кластеров имеют высокий уровень развития, пятая часть кластеров – средний (см. рис. 1). Большая часть кластеров имеет средний уровень организационного развития (около 37%), около 33% – начальный и 30% – высокий. Сложившаяся ситуация свидетельствует об отсутствии в большинстве инновационных территориальных кластеров устойчивых технико-технологических, производственных, научно-технических, организационно-управленческих связей между структурными компонентами кластеров, в основном они носят эпизодический, стохастический характер [19].

В функционировании пилотных кластеров участвует 1825 инновационных предприятий, технопарков, научных и образовательных организаций. В большинстве регионов России количество субъектов инновационной деятельности, которые входят в состав пилотных кластерных структур, составляет несколько десятков. Наибольшая территориальная концентрация участников кластеров отмечается в Республике Татарстан (246), Новосибирской области (227), Республике Башкортостан (211), Московской области (173), Москве (157) и Санкт-Петербурге (148) (рис. 2).

Общая численность работников пилотных инновационных территориальных кластеров превышает 750 тыс. чел., что составляет около 1% от всех занятых в экономике. Отмечается крайняя неравномерность распределения этого параметра по регионам России. В большинстве кластеров занято менее тысячи работников. Самая большая численность работников, занятых в кластерах, отмечается в Республике Татарстан (более 150 тыс. чел.), Пермском крае, Московской и Ульяновской областях (более 50 тыс. чел.), Санкт-Петербурге (около 50 тыс. чел.) (см. рис. 2). Лидерами по числу занятых в пилотных инновационных территориальных кластерах являются следующие: Камский инновационный территориально-производственный кластер (более 150 тыс. чел.), Судостроительный инновационный территориальный кластер Архангельской области (более 50 тыс. чел.), Нефтехимический территориальный кластер Республики Башкортостан (49 тыс. чел.), Инновационный территориальный кластер «ФИЗТЕХ XXI» Республики Башкортостан (46 тыс. чел.) и Инновационный территориальный аэрокосмический кластер Самарской области (около 43 тыс. чел.) [12].

Пилотные инновационные территориальные кластеры представлены большим набором отраслей специализации (рис. 3).

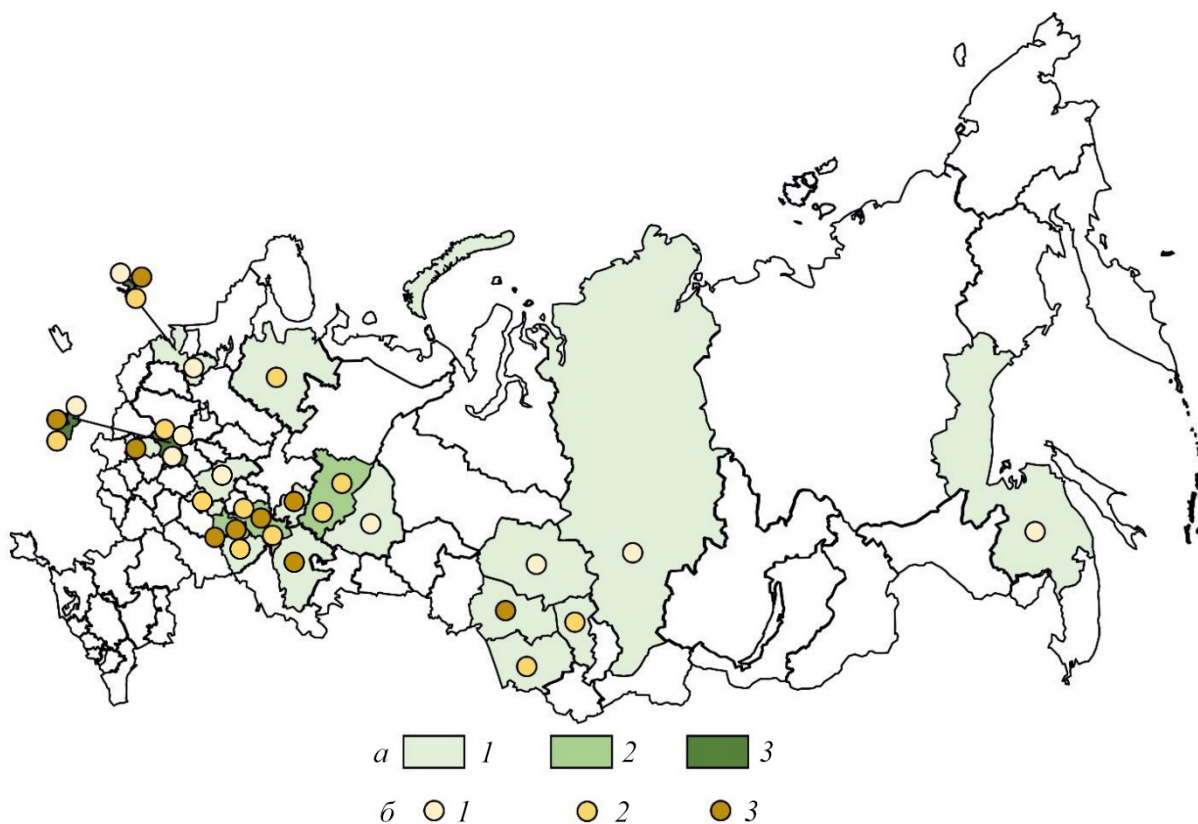


Рис. 1. Территориальная концентрация и уровень организационного развития пилотных инновационных территориальных кластеров в регионах России: а – количество кластеров, ед.: 1 – 1; 2 – 2; 3 – 3; б – уровень организационного развития кластеров: 1 – начальный; 2 – средний; 3 – высокий (цвет онлайн)

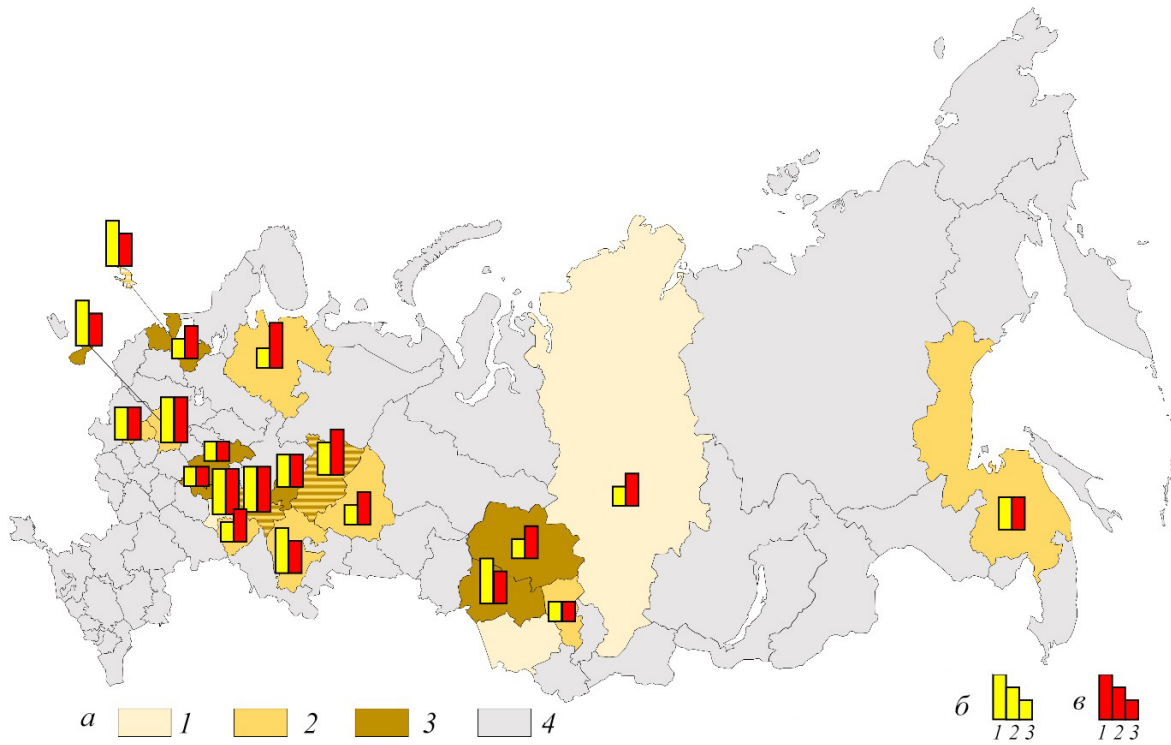


Рис. 2. Основные показатели по пилотным инновационным территориальным кластерам: а – год создания: 1 – до 2012 г.; 2 – 2012 г.; 3 – после 2012 г.; 4 – пилотные кластеры отсутствуют; б – количество участников кластера, ед.: 1 – более 100; 2 – 50–100; 3 – менее 50; в – численность работников кластера, чел.: 1 – более 50 тыс.; 2 – 10–50 тыс.; 3 – менее 10 тыс. (цвет онлайн)

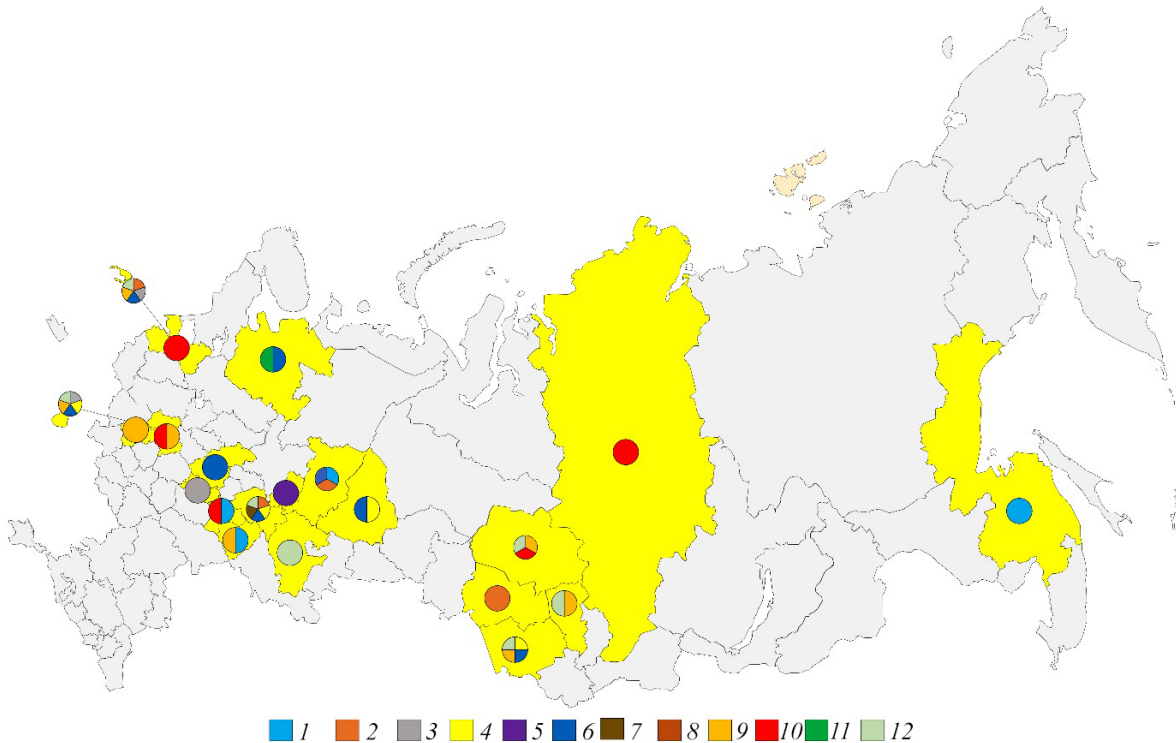


Рис. 3. Специализация пилотных инновационных территориальных кластеров: 1 – аэрокосмическая промышленность; 2 – информационно-коммуникационные технологии; 3 – микроэлектроника и приборостроение; 4 – новые материалы; 5 – оборонная промышленность; 6 – производство среднетехнологической продукции машиностроения; 7 – отрасли АПК; 8 – туризм; 9 – фармацевтика и биотехнологии; 10 – ядерные и радиационные технологии; 11 – лесная промышленность; 12 – прочие отрасли (цвет онлайн)



Специализация кластеров формируется под воздействием следующих факторов: наличие отдельных видов природных ресурсов (отрасли АПК, лесная, нефтяная, газовая промышленность, туризм), высококвалифицированных трудовых ресурсов и соответствующей инфраструктуры (авиационная и космическая промышленность, микроэлектроника, приборостроение, отрасли оборонно-промышленного комплекса, фармацевтика). На государственном уровне приоритетное развитие получили кластеры, специализирующиеся на высокотехнологичных отраслях экономики, в которых Россия отстает от мировых лидеров: микроэлектроника и точное приборостроение, фармацевтика и биотехнологии, производство нано- и композитных материалов, среднетехнологичной продукции машиностроения и информационно-коммуникационные технологии. Большое значение приобретают туристские инновации, что обусловлено необходимостью более активного освоения огромного внутреннего рекреационного рынка. Благодаря значительному количеству инноваций в отраслях АПК обеспечивается высокий уровень продовольственной безопасности России.

Исследование пилотных инновационных территориальных кластеров России позволило выявить пространственные закономерности и факторы их формирования и развития. Благоприятными предпосылками создания и формирования этих структур являются высокий уровень социально-экономического развития регионов, значительная степень концентрации и диверсификации объектов инновационной инфраструктуры, существенная инновационная активность промышленных предприятий, высокое качество человеческого капитала, а также уровень развития информационно-коммуникационных технологий [19].

## Выводы

1. Пилотные инновационные территориальные кластеры – один из важнейших факторов научно-технологического развития России. Наиболее эффективным методом выявления и анализа пространственных закономерностей функционирования важных объектов производственно-технологической инфраструктуры с точки зрения их динамики, организационно-правового статуса, численности занятых и определения перспектив развития этих объектов инновационной инфраструктуры являются ГИС-технологии. Геоинформационное моделирование также является самым оптимальным средством выявления степени диверсификации инновационных территориальных кластеров. Оно позволяет наглядно отразить уровень концентрации и взаимосвязи разных инфраструктурных объектов.

2. Выявлены следующие пространственные закономерности формирования и функциониро-

вания пилотных инновационных территориальных кластеров:

- организационные формы инновационных территориальных кластеров в России сформировались значительно позже, чем в экономически развитых странах мира. В настоящее время это компенсируется существенным повышением уровня кластеризации экономики, о чем свидетельствуют показатели кластерной концентрации Глобального инновационного индекса;
- главными факторами территориальной концентрации пилотных инновационных территориальных кластеров являются: высокий уровень социально-экономического развития, насыщенность и степень диверсификации технико-технологической инфраструктуры, инновационная активность высокотехнологичных промышленных предприятий, научный и образовательный потенциал региона, высокая квалификация трудовых ресурсов;
- значительная территориальная дифференциация размещения пилотных инновационных территориальных кластеров – от Ленинградской области до Хабаровского края. Самые эффективные пилотные инновационные территориальные кластеры сосредоточены в регионах, в которых созданы наиболее благоприятные условия для осуществления инновационной деятельности и отмечается высокий уровень развития информационных технологий;
- специализация создаваемых кластеров определяется на основе приоритетов научно-технологического развития страны. В соответствии с этим в кластерах в первую очередь развиваются такие высокотехнологичные отрасли экономики, как микроэлектроника и точное приборостроение, фармацевтика и биотехнологии, производство нано- и композитных материалов и информационно-коммуникационные технологии;
- проявляется тенденция к росту количества пилотных инновационных территориальных кластеров, числа участников и занятых в них работников, а также к увеличению числа регионов России, вовлеченных в кластерные инициативы.

3. Главное назначение формирующихся пилотных инновационных территориальных кластеров – это насыщение огромного внутреннего рынка высокотехнологичными товарами, услугами и технологией с целью достижения технологической независимости страны. Данные кластеры финансируются в основном из федерального бюджета при недостаточном применении механизмов государственно-частного партнерства и слабом привлечении корпоративных и частных





капиталовложений в реализацию инновационных проектов. Кластерные инициативы требуют повышения инвестиционной привлекательности при создании инновационных территориальных инфраструктурных объектов. Для их резидентов должны быть созданы максимально благоприятные финансовые, арендные, налоговые условия, обеспечен доступ к работе на новейшем оборудовании.

4. Совершенствование кластерной политики России должно осуществляться одновременно по двум направлениям: во-первых, увеличение количества организаций, учебных, научных заведений и инновационно-активных предприятий, прежде всего малого и среднего бизнеса, а также числа занятых в кластерах; во-вторых, усиление технологических, организационно-производственных связей внутри инновационных территориальных кластеров и при взаимодействии с другими кластерами. Данные меры позволят повысить уровень конкурентности кластеров, что является главной движущей силой их дальнейшего развития. Это требует диверсификации всех компонентов кластерных структур в направлении усиления прикладных аспектов исследовательской деятельности в соответствии с приоритетами научно-технологического развития страны на современном этапе.

Таким образом, исследования, посвященные важной организационной структуре национальной инновационной системы – территориальным кластерам, – еще находятся на начальном этапе развития. В то же время данные исследования имеют большую научную и практическую значимость. Они необходимы для организаций и лиц, принимающих решения по управлению кластерными инициативами для обоснования стратегии их развития. Главные направления проводимой кластерной политики должны быть основаны на решении следующих практических вопросов объективного процесса формирования и развития кластеров: совершенствование соответствующей нормативно-правовой базы; формирование эффективной маркетинговой системы коммерциализации инноваций; трансформация системы высшего образования в направлении усиления роли инновационного менеджмента и навыков управления технико-технологическими проектами. Это обусловлено тем, что дальнейшее развитие экономики страны во многом связано с нарастанием уровня кластеризации высокотехнологичных отраслей производства, что, в свою очередь, является важной предпосылкой научно-технологической конкурентоспособности страны.

#### Библиографический список

1. Барينو́ва В. А., Мальцева А. А., Сорокина А. В., Еремкин В. А. Подходы к оценке эффективно-

сти функционирования объектов инновационной инфраструктуры в России // *Инновации*. 2014. № 3. С. 42–51. URL: <https://maginov.ru/ru/zhurnal/arhiv/2014/inovacii-n3-2014/podhody-k-ocenke-dostatochosti-i-effektivnosti-funkcionirovaniya-obektov-inovacionoj-infrastruktury-v-rossii> (дата обращения: 09.07.2023).

2. Мака́р С. В., Носо́нов А. М. Оценка и пространственные закономерности развития инновационной деятельности в регионах России // *Экономика. Налого. Право*. 2017. Т. 10, № 4. С. 96–106. <https://doi.org/10.26794/1999-849X-2017-10-4-96-106>
3. Королева Л. П., Кандрашкина М. А. Инновационная инфраструктура: сущность и тенденции развития в Республике Мордовия // *Системное управление*. 2014. Вып. 3. URL: [http://sisupr.mrsu.ru/2014-3/PDF/Koroleva\\_L\\_P\\_Kandraskina\\_M\\_A.pdf](http://sisupr.mrsu.ru/2014-3/PDF/Koroleva_L_P_Kandraskina_M_A.pdf) (дата обращения: 09.07.2023).
4. Носо́нов А. М. Производственно-технологическая инновационная инфраструктура регионов России // *Регионология*. 2019. Т. 27, № 3. С. 436–460. <https://doi.org/10.15507/2413-1407.107.027.201903.436-460>
5. Теребова С. В. Инновационная инфраструктура в регионе: проблемы и направления развития // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2014. № 6. С. 199–212. <https://doi.org/10.15838/esc/2014.6.36.15>
6. Global Innovation Index. URL: <https://www.globalinnovationindex.org/> (дата обращения: 09.07.2023).
7. Тесленок С. А., Носо́нов А. М., Тесленок К. С. Геоинформационное моделирование диффузии инноваций // *ИнтерКарто. ИнтерГИС*. 2014. Т. 20. С. 159–169. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2014-1-20-159-169>
8. Wang X., Lv J., Wei C., Xie D. Modeling spatial pattern of precipitation with GIS and multivariate geostatistical methods in Chongqing tobacco planting region, China // *International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture*. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2010. P. 512–524. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-18354-6\\_60](https://doi.org/10.1007/978-3-642-18354-6_60)
9. Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, С. В. Бредихин [и др.] ; под редакцией Л. М. Гохберга. Москва : НИУ ВШЭ, 2021. Вып. 7. 274 с.
10. Рейтинг инновационных регионов России Ассоциации инновационных регионов России. Москва : АИРР, 2018. 54 с.
11. Ассоциация кластеров, технопарков и ОЭЗ России. URL: <https://www.akitrf.ru/> (дата обращения: 18.07.2023).
12. Карта кластеров России. URL: <https://map.cluster.hse.ru/> (дата обращения: 18.07.2023).
13. Министерство экономического развития Российской Федерации. URL: <https://www.eco.gov.ru/> (дата обращения: 18.07.2023).



14. Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. URL: <https://minpromtorg.gov.ru/> (дата обращения: 18.07.2023).
15. Куценко Е. Пилотные инновационные территориальные кластеры России: модель устойчивого развития // Форсайт. 2015. Т. 9, № 1. С. 32–55. <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2015.1.32.55>
16. Абашкин В. Л., Бояров А. Д., Куценко Е. С. Кластерная политика в России: от теории к практике // Форсайт. 2012. Т. 6, № 3. С. 16–27. <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2012.3.16.27>
17. Концепция долгосрочного социально-экономического развития до 2020 г.: распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р. URL: <http://government.ru/docs/all/66158/> (дата обращения: 09.07.2023).
18. Стратегия инновационного развития Российской Федерации до 2020 г.: распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2011 г. № 2227-р. URL: <http://government.ru/docs/9282/> (дата обращения: 09.07.2023).
19. Носонов А. М., Сарайкина С. В. Территориальные инновационные кластеры как перспективный компонент инновационной инфраструктуры России // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2022. Т. 8, № 3. С. 208–216.

Поступила в редакцию 31.07.2023; одобрена после рецензирования 05.09.2023; принята к публикации 18.10.2023  
The article was submitted 31.07.2023; approved after reviewing 05.09.2023; accepted for publication 18.10.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 250–254

*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 250–254

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-250-254>, EDN: HWUHIJ

Научная статья

УДК 633.551.5

## Синоптические условия образования гроз с выпадением ливневых осадков над территорией Западной Сибири

С. И. Пряхина, А. А. Котова<sup>✉</sup>

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Пряхина Софья Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры метеорологии и климатологии, [psi267269@yandex.ru](mailto:psi267269@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7226-6129>

Котова Анна Анатольевна, аспирант кафедры метеорологии и климатологии, [anna\\_kotova\\_1995@list.ru](mailto:anna_kotova_1995@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6147-4037>

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования грозовой активности с выпадением ливневых осадков над значительной территорией Западной Сибири по трем районам (Северному, Центральному и Южному) за семилетний период – с 2017 по 2023 г. В ходе исследования выявлены наиболее благоприятные синоптические условия формирования грозовой деятельности с выпадением ливневых осадков над значительной территорией Западной Сибири. Рассмотрены случаи и выявлены факторы, на которые необходимо обратить внимание при прогнозировании гроз со шквалистым усилением ветра.

**Ключевые слова:** конвективные явления погоды, гроза, Западная Сибирь

**Для цитирования:** Пряхина С. И., Котова А. А. Синоптические условия образования гроз с выпадением ливневых осадков над территорией Западной Сибири // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 250–254. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-250-254>, EDN: HWUHIJ

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

### Synoptic conditions for the formation of thunderstorms with heavy rainfall over the territory of Western Siberia

S. I. Pryakhina, A. A. Kotova<sup>✉</sup>

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Sofya I. Pryakhina, [psi267269@yandex.ru](mailto:psi267269@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7226-6129>

Anna A. Kotova, [anna\\_kotova\\_1995@list.ru](mailto:anna_kotova_1995@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6147-4037>

**Abstract.** The article presents the study results of thunderstorm activity with rainfall over a large territory of Western Siberia in its three regions: Northern, Central and Southern over a seven-year period from 2017 to 2023. The study revealed the most favorable synoptic conditions for the formation of thunderstorm activity with heavy rainfall over a large area of Western Siberia. Cases are also reviewed and factors that need to be paid attention to when forecasting thunderstorms with squally winds are identified.

**Keywords:** convective weather phenomena, thunderstorm, Western Siberia

**For citation:** Pryakhina S. I., Kotova A. A. Synoptic conditions for the formation of thunderstorms with heavy rainfall over the territory of Western Siberia. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 250–254 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-250-254>, EDN: HWUHIJ

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

### Введение

Гроза, сильные ливневые осадки и шквалы относятся к опасным для авиации явлениям погоды конвективного происхождения. Перечисленные метеорологические явления носят локальный и непродолжительный характер, так как горизонтальные размеры конвективных зон во много раз меньше расстояния между климатическими станциями, на которых они наблюдаются.

Мезомасштабный характер гроз и редкая сеть климатических станций в районах Крайне-

го Севера определяют трудности в регистрации, изучении и прогнозировании явлений погоды, связанных с зонами активной конвекции, в частности в рамках численных моделей атмосферы, для территории Западной Сибири.

Грозовая деятельность и связанные с ней сильные ливневые осадки, а также шквалы формируются при взаимодействии синоптических процессов общей циркуляции и подстилающей поверхности. Таким образом, исследование условий возникновения явлений погоды конвективного происхождения необходимо проводить





на региональном уровне с учетом местных особенностей для повышения качества и заблаговременности прогноза.

В статье рассмотрены синоптические условия образования гроз с выпадением ливневых осадков над значительной территорией Западной Сибири. Данная территория выбрана для исследования по причине того, что для этого района наиболее актуальны региональные исследования процессов формирования явлений погоды конвективного происхождения в рамках прогнозирования условия погоды для авиации. Важность авиации для Западносибирского региона, особенно его северной части, определяется тем, что на воздушный транспорт ложится основная логистическая нагрузка, так как многие населенные пункты региона не обеспечены постоянным круглогодичным сообщением по автомобильным дорогам с твердым покрытием.

#### **Объект, материал и методы исследования**

Для изучения синоптических условий формирования интенсивной грозовой деятельности над территорией Западной Сибири был проанализирован синоптический материал Авиационного метеорологического центра города Ханты-Мансийск (АМЦ г. Ханты-Мансийск): синоптические карты (приземные и кольцевые карты погоды; карты абсолютной барической топографии АТ-300 гПа, АТ-500 гПа, АТ-700 гПа, АТ-850 гПа, АТ-925 гПа) и спутниковые снимки.

Физико-географические особенности региона обуславливают разницу в климатическом режиме над разными частями Западной Сибири, поэтому в исследовании условия формирования интенсивной грозовой активности рассматривались отдельно по трем районам Западной Сибири: Северному, Центральному и Южному.

По данным приземных карт погоды исследовались случаи гроз с выпадением ливневых осадков, которые наблюдались одновременно не менее чем на трех аэродромах или посадочных площадках, а также климатических станциях одного из трех выделенных районов Западной Сибири.

Актуальность исследования обусловлена тем, что при грозовой активности с выпадением ливней над значительной территорией района полетной информации возникают сложности для деятельности авиации из-за ухудшения погодных условий на запасных аэродромах и посадочных площадках, что осложняет взлет, посадку и условия полета по маршруту.

Объектом исследования является грозовая активность на территории Западной Сибири. Исследование проводилось с помощью синоптического метода, который основан на выявлении физических закономерностей развития атмосферных процессов с помощью синоптических карт. Для обработки результатов исследования

использовались методы математической статистики.

#### **Физико-географическая характеристика исследуемой территории**

Западная Сибирь – это природный регион, который находится между Уральскими горами на западе и долиной реки Енисей на востоке, его площадь составляет около 2,8 млн км<sup>2</sup>. Почти 80% площади Западной Сибири занимает Западно-Сибирская равнина. С севера на юг территория региона протянулась почти на 2,5 тыс. км – от Северного Ледовитого океана до возвышенностей Казахского мелкосопочника – и на 1,9 тыс. км с запада на восток – от Уральских гор до Среднесибирского плоскогорья.

Западная Сибирь расположена в центре Азиатского материка, где ощущается влияние как океана, так и континента. Влияние континента выражается в большой повторяемости антициклональной погоды, в интенсивной трансформации воздушных масс летом и зимой. Открытость территории с севера обеспечивает проникновение холодной арктической воздушной массы со стороны Северного Ледовитого океана на континент в течение всего года. Открытость со стороны степей Казахстана – вынос теплой умеренной или даже тропической воздушной массы с юга на север [1].

Территория Западной Сибири вследствие физико-географических особенностей характеризуется значительной климатической изменчивостью. Благодаря преимущественно равнинному характеру рельефа и значительной меридиональной протяженности территории с севера на юг в Западной Сибири располагается пять природных зон: тундра, лесотундра, тайга, лесостепь и степь. При этом климат всей территории меняется от зоны избыточного увлажнения в северной части, где большой процент заболоченности территории, до недостаточного увлажнения на юге, в степях горного Алтая (согласно классификации Будыко–Григорьева).

Таким образом, протяженность исследуемого региона в долготном направлении обуславливает разницу не только в климатическом режиме, но и в проявлении синоптических процессов над разными частями Западной Сибири. Для рассмотрения характеристик климата и синоптических процессов предлагаем выделить Северный, Центральный и Южный районы Западной Сибири.

Северный район занимает большую часть Западно-Сибирской равнины от берегов Карского моря до Кондинской низменности (60° с.ш.). На ней сосредоточена основная часть крупных месторождений нефти и природного газа. На территории севера Западной Сибири располагаются три природные зоны: тундра, лесотундра и северная подзона тайги.



Климат территории севера Западной Сибири можно охарактеризовать следующим образом: суровая продолжительная зима (6–8 месяцев) с длительными морозами и устойчивым снежным покровом; холодное лето продолжительностью 50–60 дней; короткие переходные периоды, поздние весенние и ранние осенние заморозки; короткий безморозный период – на Крайнем севере в отдельные годы безморозный период может вообще отсутствовать [1].

Центральный район Западной Сибири занимает среднее положение между Северным и Южным районами, простирается от Кондинской низменности (60° с.ш.) до Ишимской равнины на западе и до Чулымской равнины (56° с.ш.) на востоке Западно-Сибирской низменности. Включает в себя южную часть тайги и зону лесостепей. Климат центральной части Западной Сибири относится к влажному с умеренно теплым летом и умеренно суровой снежной зимой. Этот район представляет собой равнину с широкой речной сетью и многочисленными озерами. Особенностью рассматриваемой территории является ее высокая заболоченность, на ней расположена самая крупная система болот в мире – Васюганские болота, общая площадь которых составляет 53 тыс. км<sup>2</sup>. Они расположены в Обь-Иртышском междуречье, на территории Васюганской равнины, находящейся большей частью в пределах Томской области и меньшей в Ханты-Мансийском автономном округе, Новосибирской и Омской областях. Обширные заболоченные территории влияют на температурно-влажностный режим не только центральной части, но и всей Западной Сибири, являясь зоной активного циклогенеза [2].

Южный район Западной Сибири простирается от Ишимской равнины (56° с.ш.) до возвышенностей Казахского мелкосопочника (50° с.ш.), включает в себя лесостепную зону и степи Горного Алтая. Лесостепная зона занимает узкую полосу между лесной и степной зонами, вследствие чего является переходной касательно климатического режима, в частности по характеру циркуляционных процессов. В. В. Орлова в своем исследовании по районированию Западной Сибири по естественным природным областям отмечает, что благодаря более южному положению в формировании климата лесостепи большее значение, чем в лесной зоне, имеют процессы антициклогенеза [1].

## Результаты и их обсуждение

Материал АМЦ г. Ханты-Мансийска был проанализирован с целью выявления наиболее благоприятных факторов формирования опасных для авиации явлений погоды конвективного происхождения с точки зрения развития синоптического процесса, при котором наблюдалась интенсивная грозовая деятельность над исследуемой территорией за период с 2017 по 2023 г. В основу анализа был заложен принцип выделения типа приземного барического поля, поля геопотенциала на высоте ведущего потока АТ-500 гПа (5 км), термической характеристики воздушной массы на АТ-850 (1,5 км).

Всего за период с 2017 по 2023 г. было исследовано 482 случая грозовой активности с выпадением ливневых осадков над значительной территорией каждого из рассматриваемых районов Западной Сибири. Данные о повторяемости характера грозовой деятельности (внутримассовый или фронтальный тип) для каждого исследуемого района приведены в таблице.

Анализ синоптического материала за период с 2017 по 2023 г. показал, что грозовая активность над значительной территорией каждого из рассматриваемых районов носила преимущественно фронтальный характер. При этом грозовая деятельность во всех трех районах в половине рассмотренных случаев развивалась при прохождении холодных фронтов волнами.

Интенсивная грозовая деятельность со шквалистым усилением ветра с порывами 20 м/с и более формировалась при «полярном вторжении», при перемещении холодной воздушной массы с северо-запада на юго-восток, при этом неоднородный рельеф местности способствовал волнообразованию на фронте, а также местному циклогенезу на волнах фронтальной системы.

Проведенный анализ условий возникновения фронтальных шквалов на примере авиаметеорологической станции Ханты-Мансийска позволил сделать следующие выводы:

- 1) пункт прогнозирования Ханты-Мансийска во всех случаях был в зоне влияния холодного фронта волнами, который находился в глубокой вытянутой ложбине циклона с центром в районе Баренцева моря. Атмосферные фронты при этом смещались со скоростью 35–40 км/ч, контрасты в зоне фронтов у земли составляли 7–10°С/1000 км;

### Повторяемость типа гроз с выпадением ливневых осадков над значительной территорией Западной Сибири, %

| Район       | Всего случаев | Тип         |                |
|-------------|---------------|-------------|----------------|
|             |               | фронтальный | внутримассовый |
| Северный    | 163           | 88,34       | 11,66          |
| Центральный | 146           | 77,40       | 22,60          |
| Южный       | 173           | 72,83       | 27,17          |



- 2) характерной особенностью случаев возникновения шквалов явилось наличие большого влагосодержания воздуха при температуре воздуха у земли от 24 до 30°C в теплом секторе;
- 3) рассмотренные случаи шквалистого усиления ветра наблюдались на антициклонической (теплой) стороне струйного течения, в его дельте, т. е. там, где отмечались расходимость изогипс и уменьшение скорости воздушного потока вдоль этого течения в верхней тропосфере.

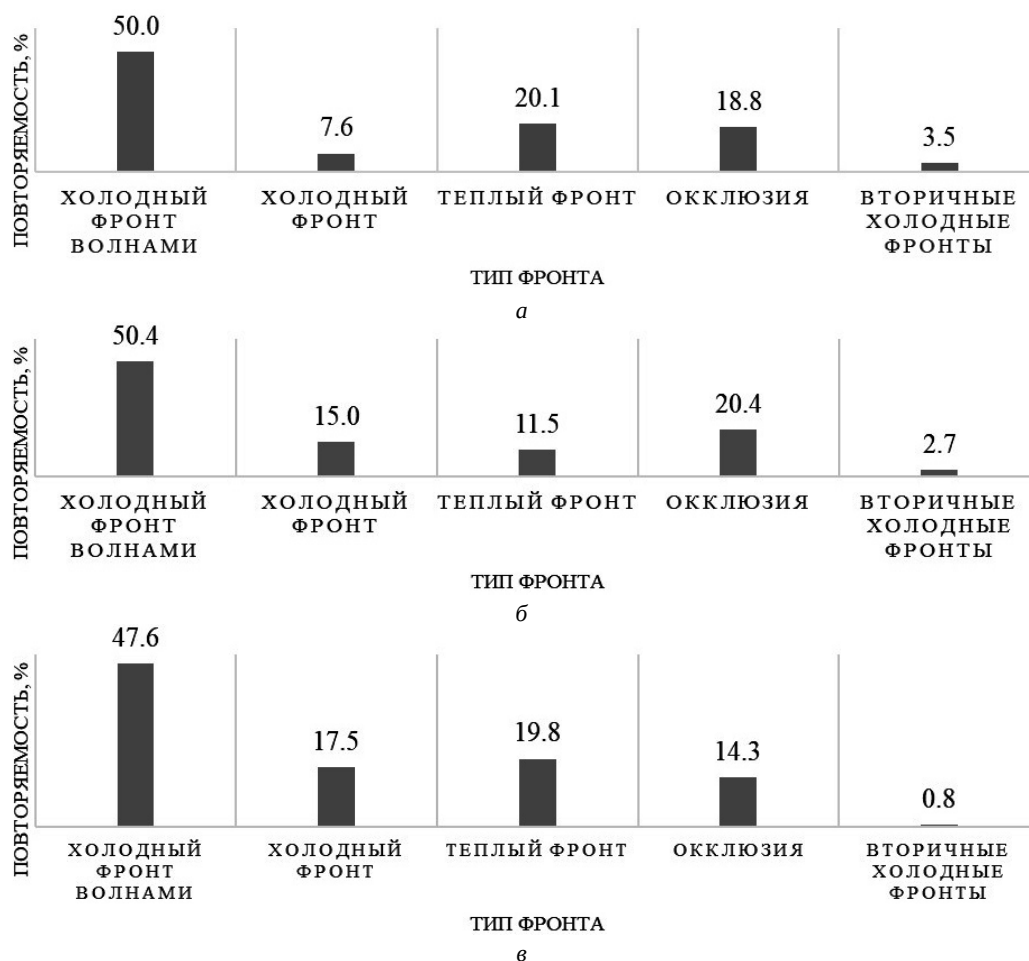
Реже всего грозы наблюдались при прохождении вторичных холодных фронтов. Необходимо отметить, что при прохождении вторичных холодных фронтов грозовая деятельность формировалась как в первой, так и во второй половине дня при температурн воздуха от +10 °С при неустойчивой воздушной массе в барической ложбине в тылу циклона за основным холодным фронтом. При этом над пунктом прогнозирования отмечался заток холода на уровне АТ-850 гПа и проходила ось барической ложбины на АТ-500 гПа, что способствовало восходящим

движениям воздуха и образованию мощной конвективной облачности.

Таким образом, после кратковременного прояснения, наступающего вслед за прохождением основного холодного фронта, формировались гряды кучево-дождевых облаков с ливневыми осадками, грозами и шквалистым усилением ветра.

Следует отметить, что грозы в тылу циклона не всегда имели только фронтальный характер, отмечались случаи внутримассовых гроз, так как в тыловой части воздушная масса неустойчива. Чаще внутримассовые грозы в рассматриваемых синоптических ситуациях отмечались в размытых барических полях или в теплом секторе циклона в местной неустойчивой воздушной массе в послеполуденные и вечерние часы.

Данные о повторяемости типа атмосферных фронтов для случаев гроз с выпадением ливневых осадков над значительной территорией Западной Сибири за период с 2017 по 2023 г. отдельно для каждого исследуемого района отражены на рисунке.



Повторяемость типа фронтальных гроз с выпадением ливневых осадков над значительной территорией Западной Сибири с 2017 по 2023 г., %: а – Северный район, б – Центральный район, в – Южный район



## Выводы

В исследовании были проанализированы условия формирования грозовой деятельности с выпадением ливневых осадков над значительной территорией Западной Сибири по трем районам: Северному, Центральному и Южному – и сделаны следующие выводы:

- 1) на исследуемой территории грозы с выпадением ливневых осадков были преимущественно фронтального типа. При этом грозовая деятельность практически во всех трех районах в половине рассмотренных случаев развивалась при прохождении холодных фронтов волнами;
- 2) повторяемость грозовой деятельности при прохождении холодных фронтов волнами наибольшая, так как рельеф местности способствует волнообразованию на фронтальной системе, а большая заозеренность и заболоченность территории вносит дополнительный фактор во влагонасыщение воздушных масс, поступающих на территорию региона при выходе циклонов со стороны Казахстана или при полярных вторжениях со стороны Баренцева моря;
- 3) повторяемость внутримассовых гроз резко растёт с севера на юг: с 11,66% в северной части территории до 22,60% в центральной, а затем до 27,17% в южной. Соответственно, повторяемость фронтального типа гроз уменьшается при продвижении с севера на юг с 88,34% до 72,83%;
- 4) увеличение повторяемости внутримассовых гроз при продвижении на юг объясняется

протяженностью Западной Сибири в долготном направлении, что обуславливает разницу в климатическом режиме и распределении природных зон от тундры до степей Горного Алтая, где процессы развития внутримассовой конвекции больше благодаря неоднородному горному рельефу и интенсивному прогреву подстилающей поверхности во второй половине дня.

Таким образом, наиболее высокая повторяемость гроз с выпадением ливневых осадков на территории Западной Сибири наблюдается тогда, когда приземное барическое поле представляет собой вытянутую ложбину, которая способствует процессу волнообразования на динамически значимом холодном фронте с контрастом температуры более 7°C/1000 км и со скоростью смещения 35–40 км/ч. Кроме того, шквалистое усиление ветра наблюдается в этом случае, если пункт прогнозирования находится на антициклонической (теплой) стороне струйного течения, в его дельте, т. е. там, где существуют расходимость изогипс и уменьшение скорости воздушного потока вдоль этого течения в верхней тропосфере.

## Библиографический список

1. Орлова В. В. Климат СССР. Западная Сибирь. Ленинград : Гидрометеиздат, 1962. 360 с.
2. Горбатенко В. П., Тунаев Е. Л., Пустовалов К. Н., Волкова М. А., Нечепуренко О. Е. Изменения циклогенеза над Западной Сибирью в 1976–2017 гг. // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2020. № 8. С. 35– 57.

Поступила в редакцию 01.10.2023; одобрена после рецензирования 10.10.2023; принята к публикации 18.10.2023  
The article was submitted 01.10.2023; approved after reviewing 10.10.2023; accepted for publication 18.10.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 255–263

*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 255–263

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-255-263>, EDN: IMTXIU

Научная статья  
УДК 004.9:911.9



## Принципы и методы исследования структуры метагеосистем для проектирования паломническо-туристского кластера

А. А. Ямашкин<sup>1</sup>, В. З. Макаров<sup>2✉</sup>, С. А. Ямашкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Мордовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. П. Огарёва, Россия, 430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68/1

<sup>2</sup>Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Ямашкин Анатолий Александрович, доктор географических наук, профессор, директор Института геоинформационных технологий и географии, [yamashkin56@mail.ru](mailto:yamashkin56@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9995-8371>

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической географии и ландшафтной экологии, декан географического факультета, [makarovvz@rambler.ru](mailto:makarovvz@rambler.ru), <https://orcid.org/0000-0003-0505-5257>

Ямашкин Станислав Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления, [yamashkinsa@mail.ru](mailto:yamashkinsa@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7574-0981>

**Аннотация. Введение.** В статье дана характеристика пространственно-временной структуры метагеосистем паломническо-туристского кластера «Санаксарь – Темников», расположенного в центре Русской равнины, в зоне взаимодействия лесостепных и лесных геосистем.

**Материалы и методы.** Структуризация информации в рамках исследования опирается на одновременное использование закономерной последовательности задействования взаимосвязанных принципов: генетического, исторического, системного, территориально-структурного. Объект исследования изучен с позиции геосистемного подхода, проанализированы структура и компоненты метагеосистем как пространственных образований разных уровней организации, естественно функционирующих.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Дана детальная характеристика геосистемной модели туристического кластера «Санаксарь – Темников». Доказано, что устойчивое развитие метагеосистем должно опираться на многофакторную информационную поддержку, при которой реализуется важнейшее условие эффективного хозяйственного освоения ландшафтов через формирование инфраструктуры пространственных данных региона. На основе анализа археологической карты Республики Мордовия выделены закономерности развития культурных ландшафтов. Отражена характеристика процессов и особенностей хозяйственного освоения геосистем и формирования культурного наследия. Систематизированы знания о современной территориальной организации метагеосистем. **Заключение.** Организация паломническо-туристского кластера предъявляет высокие требования к информационному сопровождению. Решение задачи прогнозирования и мониторинга развития метагеосистем для принятия управленческих решений возможно с использованием методов и алгоритмов обработки и анализа пространственных данных, проектирования и внедрения проектно-ориентированных геопортальных систем распространения пространственных данных.

**Ключевые слова:** культурный ландшафт, метагеосистема, геопортал, туризм, туристский кластер

**Благодарности.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-27-00651, <https://rscf.ru/project/22-27-00651/>.

**Для цитирования:** Ямашкин А. А., Макаров В. З., Ямашкин С. А. Принципы и методы исследования структуры метагеосистем для проектирования паломническо-туристского кластера // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 255–263. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-255-263>, EDN: IMTXIU

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

### Principles and methods for studying the structure of metageosystems for designing a pilgrimage-tourist cluster

A. A. Yamashkin<sup>1</sup>, V. Z. Makarov<sup>2✉</sup>, S. A. Yamashkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Research Mordovia State University, 68/1 Bolshevistskaya St., Saransk 430005, Republic of Mordovia, Russia

<sup>2</sup>Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Anatoliy A. Yamashkin, [yamashkin56@mail.ru](mailto:yamashkin56@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9995-8371>

Vladimir Z. Makarov, [makarovvz@rambler.ru](mailto:makarovvz@rambler.ru), <https://orcid.org/0000-0003-0505-5257>

Stanislav A. Yamashkin, [yamashkinsa@mail.ru](mailto:yamashkinsa@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7574-0981>





**Abstract. Introduction.** The article characterizes the spatio-temporal structure of metageosystems of the pilgrimage-tourist cluster "Sanaksar – Temnikov", located in the center of the Russian Plain, in the zone of interaction of forest-steppe and forest geosystems. **Materials and methods.** The structuring of information within the framework of the study is based on the simultaneous use of a natural sequence of involving interrelated principles: genetic, historical, systemic, territorial-structural. The object of study was investigated from the perspective of a geosystem approach, the structure and components of metageosystems were analyzed as spatial formations of different levels of organization, naturally functioning. **Research results and discussion.** A detailed description of the geosystem model of the tourist cluster "Sanaksar – Temnikov" is given. It has been proven that the sustainable development of metageosystems should be based on multifactor information support, in which the most important condition for the effective economic development of landscapes is realized through the formation of a regional spatial data infrastructure. Based on the analysis of the archaeological map of the Republic of Mordovia, patterns of development of cultural landscapes are identified. The characteristics of the processes and features of the economic development of geosystems and the formation of cultural heritage have been formed. **Conclusion.** The organization of a pilgrimage and tourism cluster places high demands on information support. Solving the problem of forecasting and monitoring the development of metageosystems for making management decisions is possible using methods and algorithms for processing and analyzing spatial data, designing and implementing project-oriented geoportals for distributing spatial data.

**Keywords:** cultural landscape, metageosystem, geoportals, tourism, tourist cluster

**Acknowledgements:** The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 22-27-00651, <https://rscf.ru/en/project/22-27-00651/>.

**For citation:** Yamashkin A. A., Makarov V. Z., Yamashkin S. A. Principles and methods for studying the structure of metageosystems for designing a pilgrimage-tourist cluster. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 255–263 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-255-263>, EDN: IMTXIU

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

## Введение

Формирование туристических кластеров является важнейшим вектором социально-экономического развития. Они призваны объединять места притяжения туристов и оптимизировать обслуживающую инфраструктуру региона [1]. В России функционируют сложившиеся туристические кластеры Санкт-Петербурга, Москвы, городов Золотого кольца и др. В 2019 г. было принято решение о создании паломническо-туристического кластера «Арзамас – Дивеево – Саров», а в 2021 г. в его состав включаются город Темников, Рождество-Богородичный Санаксарский мужской монастырь и село Алексеевка. Единство и своеобразие этого региона определяются уникальными заповедными ландшафтами, историей вхождения мордовского края в состав Московского государства, характером православной архитектуры местных монастырей и соборов, духовными символами России, связанными с именами православных святых Серафима Саровского и праведного воина Федора Ушакова.

Данная статья посвящена разработке концепции пространственно-временной организации метагеосистем паломническо-туристского кластера Мордовии «Санаксарь–Темников» и ее реализации на региональном геопортале для информационной поддержки развития туристско-рекреационной деятельности на основе уникальных объектов природного и культурного наследия – Рождество-Богородичного Санаксарского мужского монастыря, древнего Темникова, заповедной Мордовии – символов единения славян, мордвы и тюркских народов (рис. 1).

Развитие туристических кластеров сопряжено с углубленным исследованием пространственно-временной структуры вмещающего ландшафта, особенностей хозяйственного освоения, природного и культурного наследия этносов, целост-

ного представления информационных ресурсов на географическом портале для развития паломнического и экологического туризма [2].

## Обзор литературы

В контексте понимания многообразия связей в культурных ландшафтах приведем фрагмент текста из работы В. О. Ключевского: «Начиная изучение истории какого-либо народа, встречаем силу, которая держит в своих руках колыбель каждого народа, – природу его страны... Наше мышление привыкло расчленять изучаемый предмет на составные его части, а природа ни в себе самой, ни в своем действии на людей не любит такого расчленения; у нее все силы ведут совокупную работу, в каждом действии господствующему фактору помогают незаметные соотрудники, в каждом явлении участвуют разнородные условия... Несомненно то, что человек поминутно и попеременно то приспосабливается к окружающей его природе, к ее силам и способам действия, то их приспосабливает к себе самому, к своим потребностям, от которых не может или не хочет отказаться, и на этой двусторонней борьбе с самим собой и с природой вырабатывает свою сообразительность и свой характер, энергию, понятия, чувства и стремления, а частью и свои отношения к другим людям» [3, с. 46]. В процессе многоаспектного взаимодействия природы и общества формируются культурные ландшафты, в которых особенности природы и общества образуют гармоническое целое.

В процессе хозяйственного освоения происходит непрерывная смена состояний культурных ландшафтов. «Установлена закономерность: каково общество, его культура, менталитет и исторические судьбы, таков и ландшафт, им созданный» [4, с. 82]. Бережное отношение к вмещающе-



Рис. 1. Географическое положение паломническо-туристского кластера «Санаксарь – Темников»

му ландшафту проявляется в преемственности, формировании природного и культурного наследия. Д. С. Лихачев пишет: «Культурное прошлое нашей страны должно рассматриваться не по частям, как повелось, а в его целом. Речь должна идти не только о том, чтобы сохранить самый характер местности, “ее лица не общее выражение”, архитектурный и природный ландшафт. А это значит, что новое строительство должно возможно меньше противостоять старому, с ним гармонизировать, сохранять бытовые навыки народа (это ведь тоже “культура”) в своих лучших проявлениях» [5, с. 91]. Изменение состояния культурного ландшафта многопланово – динамика геосистем, смена типов хозяйственного освоения и использования земель, развитие материальной и духовной культуры этносов.

В современных исследованиях географического пространства на передний план выступает учение о геосистемах В. Б. Сочавы, который определяет геосистемы как «...особый класс управляющих систем; земное пространство всех размерностей, где отдельные компоненты природы находятся в системной связи друг с другом и как определенная целостность взаимодействуют с космической сферой и человеческим обществом» [6, с. 292]. При взаимодействии природы и общества геосистемы трансформируются в «метагеосистемы» – земные (географические) образования разных уровней организации, формирующиеся при взаимодействии природных, социальных и производственных подсистем [7].

Таким образом, в исследование метагеосистем, кроме средо- и ресурсовоспроизводящих компонентов, включается значительный массив информации о материальном и духовном наследии этносов: топонимика, археологические и исторические памятники, ландшафтные образы,

культурные традиции и инновационные технологии, закономерно приводящие к формированию эколого-социально-экономических систем, рекомендации по охране культурных ландшафтов и оптимизации процессов хозяйственного освоения. Важнейшим направлением современной научно-практической деятельности является синтез информационных ресурсов о метагеосистемах на региональных географических порталах.

### Материалы и методы исследования

Организация паломническо-туристского кластера на современном этапе развития предъявляет высокие требования к информационному сопровождению. Это связано с большим разнообразием глобального и региональных туристских рынков и, следовательно, со значительной потенциальной дифференциацией туристских потоков, в формировании которых важную роль играет информационный фактор. Информация о меняющемся состоянии метагеосистем в процессе глобального изменения состояния геосистем и хозяйственного освоения территории становится источником знаний о структуре, динамике и функционировании природных территориальных систем, устойчивых форм человеческой деятельности, общества и хозяйства. Практическую ценность результаты анализа геопространственных данных разной категории о метагеосистемах туристического кластера получают при обеспечении возможности их распространения и визуализации на основе геопортальных систем для решения задач анализа и прогнозирования развития метагеосистем для принятия управленческих решений (рис. 2).

В качестве важнейшего инструментария в моделировании метагеосистем выступают проблемно-ориентированные геоинформационные

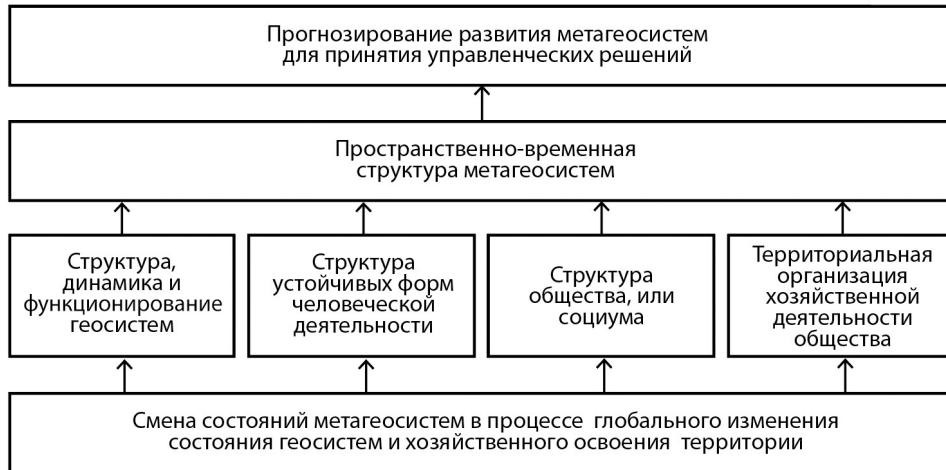


Рис. 2. Общая схема исследования метагеосистем

системы, определяющие научно обоснованные способы анализа большого массива пространственных данных, синтеза новых знаний, построения программно-аппаратных систем хранения, визуализации и распространения пространственно-временных данных посредством современных веб-технологий. Геопортальные системы как внешний компонент инфраструктур пространственных данных представляют собой веб-системы, что накладывает отпечаток на особенности их проектирования, разработки и внедрения [2].

Формирование структуры баз данных и тематических слоев интерактивной карты геопортала о метагеосистемах предполагает использование закономерной последовательности задействования взаимосвязанных принципов: генетического, исторического, системного, территориально-структурного.

*Генетический принцип* структуризации метагеосистем представляет собой методологический подход, основанный на учете особенностей их происхождения, определяющий их пространственно-временную иерархию. Он регламентирует необходимость поиска закономерностей генезиса и развития геосистем, формирования объектов природного и культурного наследия.

*Исторический принцип* ориентирует на выделение лимитирующих факторов использования геосистем, выявление особенностей хозяйственного освоения территории и смены состояний метагеосистем.

*Системный принцип* предполагает исследование геосистемной организации территории, процессов ее хозяйственного освоения территории для принятия управленческих решений.

*Территориально-структурный принцип* ориентирует на выделение составных частей метагеосистем с определением характера внешних связей с окружением, формирующих межтерриториальные структуры. Атрибутами геосистем при этом

являются географическое положение и межтерриториальные связи, образующиеся на основе территориального (географического) разделения труда. Первый из них задействуется всегда в начале исследования территории, второй, как правило, – в заключительной его части.

Комплексный подход к эффективному синтезу и оценке пространственно-временной организации метагеосистем этнографического пространства предусматривает интеграцию спектра взаимосвязанных подходов: ландшафтного, археологического, исторического, этнографического, демографического, культурологического, экономического, экологического – для разработки проектов и их социально-экономического обоснования, организации и осуществления мониторинга состояния эколого-социально-экономических систем. Результаты исследования ориентированы на прогнозирование и мониторинг развития метагеосистем для принятия управленческих решений.

Отражение пространственно-временной структуры метагеосистем и их межкомпонентных связей представляет весьма сложную задачу. В качестве важнейшего инструментария в моделировании выступают проблемно-ориентированные геоинформационные системы, определяющие формирование систем баз данных [2, 8]. С точки зрения верхнего уровня абстракции инфраструктура пространственной информации может быть декомпозирована на компоненты верхнего уровня: геопортальную систему, систему обработки, анализа данных и управления ими, распределенное облачное хранилище (рис. 3).

Функционирование геопортальной системы основано на использовании графических веб-интерфейсов, реализующих авторизованный доступ к подсистемам визуализации пространственных данных на основе цифровой карты и браузера данных. Пользователи, обладающие определенными ролями в системе, могут иметь доступ к функ-

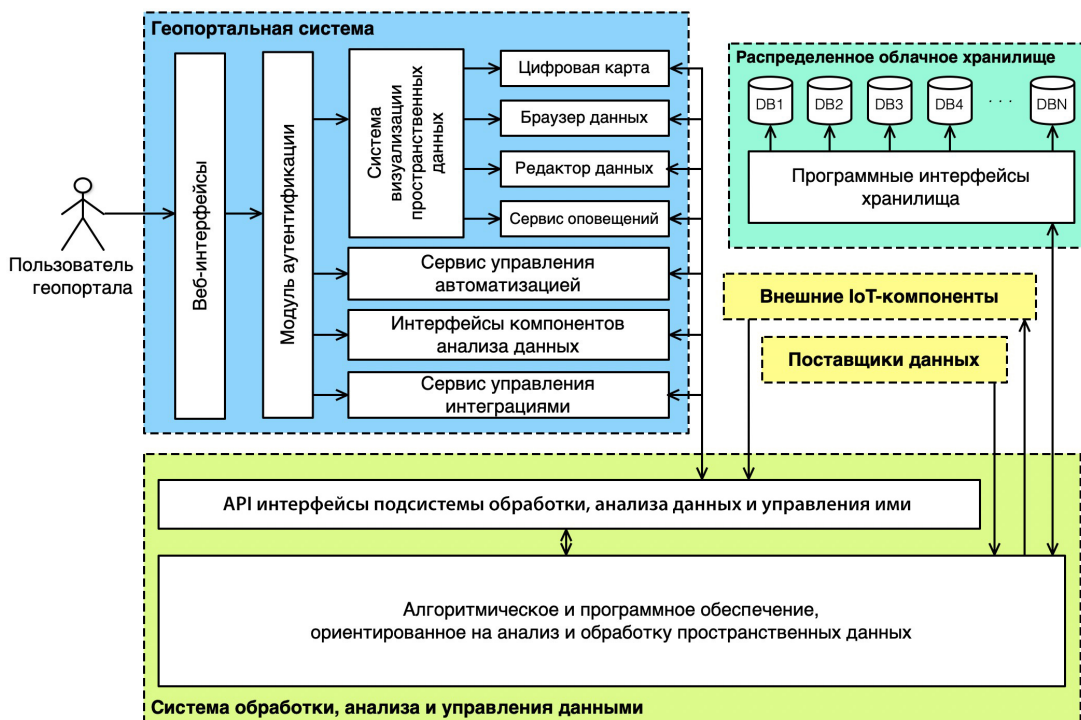


Рис. 3. Цифровая инфраструктура пространственной информации

циям редактирования данных, а также к сервису оповещений. В рамках геопортальной системы может быть также организован доступ к сервисам автоматизации разных процессов (например, сбора данных), анализа пространственных данных и управления интеграцией с внешними системами. Необходимость разработки и внедрения геопортальной системы как инструмента решения задачи интеграции, каталогизации, распространения и визуализации пространственных данных о метагеосистемах определяется требованием формирования инструмента обеспечения поддержки принятия управленческих решений в области оптимизации природно-социально-производственных систем в условиях развития цифровой экономики [9].

Посредством прикладных программных (API) интерфейсов геопортал связывается с системой обработки, анализа данных и управления ими, основанной на функционировании комплексов программ, базирующихся, в частности, на применении интеллектуальных алгоритмов. В свою очередь, функционирование анализирующей системы основано на данных, предоставляемых мультимодельным распределенным облачным хранилищем. Это могут быть накапливаемые в режиме реального времени статистическая информация или структурированные на основе реляционной парадигмы пространственные данные. При проектировании культурных ландшафтов необходимо опираться на многочисленные разновременные характеристики природных, социальных и экономических

систем, вследствие чего должны обрабатываться разнородные объемы архивной, фондовой и текущей информации для формирования целостного представления о пространственно-временной структуре метагеосистем. Цифровые карты геопортала обеспечивают интерактивную визуализацию большого массива пространственных данных с возможностью конфигурирования набора тематических слоев и функцией поиска необходимых пространственных объектов. Решение задачи получения данных о метагеосистемах в режиме реального времени обеспечивается на основе технологий интернета вещей, предполагающих консолидацию данных о природно-социально-производственных системах посредством системы территориально-распределенных устройств.

### Результаты исследования и их обсуждение

Разработанная система баз данных и электронных физико-географических, социально-экономических, археологических и историко-географических карт ГИС «Мордовия» позволяет детализировать концепцию становления и развития современной структуры метагеосистем паломническо-туристского кластера «Санаксарь – Темников».

Информационные ресурсы включают тематические слои карт и баз данных, характеризующие: 1) гидрологическую особенность рек; 2) особо охраняемые природные территории; 3) археологические памятники; 4) поселения;



5) соборы и храмы; 6) музеи, мемориалы и этнокультурные центры; 7) туристские маршруты. В качестве центрального элемента системы туристских маршрутов выступают паломническо-туристский кластер «Санаксарь-Темников» и столица Республики Мордовия – город Саранск.

**Становление метагеосистем.** Важнейшей трассой хозяйственного освоения региона на протяжении многих тысячелетий являлась древняя Мокша, входящая в бассейн Волги. Это типично равнинная спокойная река с низменными берегами и широкой поймой. Весной она разливается и затопляет окружающее пространство на ширину до 10 км. Ширина русла реки 30–100 м, глубина 1–3 м, скорость течения 0,1 м/с, минерализация воды 0,35–0,37 г/дм<sup>3</sup>.

На основе анализа палеогеографических данных и археологической карты Республики Мордовия [10] можно выделить следующие закономерности смены состояний метагеосистем в древнейший период хозяйственного освоения.

В завершающий этап последнего оледенения – позднем дриасе (12 000 до 10 300 лет назад) в примекшанье в условиях перигляциального климата и значительного ландшафтообразующего влияния многолетней мерзлоты, интенсивного развития эоловых и криогенных процессов господствовали редкостойные сосново-березовые леса и тундростепи. По мере потепления климата в *предбореальный период* (10 300 до 8 000 лет назад) происходит деградация мерзлоты, увеличивается заозеренность и заболоченность геосистем.

В *атлантический период* (8 000 до 4 500 лет назад) глобальное потепление климата в регионе приводит к формированию полизональной структуры ландшафтов – установлению вертикальной структуры ландшафтов: сосновых и сосново-березовых лесов с участием широколиственных лесов и ели на водно-ледниковых равнинах и соседствующих песчаных надпойменных террасах,

лесостепных ландшафтов на междуречных пространствах вторичных моренных и эрозионно-денудационных равнин Приволжской возвышенности. Активно меандрирующая Мокша формирует сегментно-гривистую пойму с широким распространением ольшаников и дубрав. В руслах рек формируются заломы древесины, создающие основу для образования залежей моренного дуба.

В лесных ландшафтах Восточно-Европейской равнины на местной мезолитической основе распространяются племена культуры гребенчатой керамики, или культуры ямочно-гребенчатой керамики неолита. В долине Мокши исследованы стоянки и поселения археологических памятников балахнинской культуры – Бабеево, Нижние Борки, Нижний Сатис, Старый Шукстелим (рис. 4), Санаксарь. Важно отметить, что многие метагеосистемы наследуются в процессе хозяйственного освоения другими культурами, формируя многослойные археологические памятники: Нижние Борки – поселение неолита балахнинской культуры, XVI–XVII вв. – древнемордовская культура; Нижний Сатис – поселение неолита, энеолитическая имеркская культура; Санаксарь – поселение неолита, энеолита волосовской культуры, XV–XVII вв. – мордовская.

*Суббореальный период* (4 500–3 000 лет назад) многими исследователями считается сухим и теплым. Анализ полученных данных позволяет предположить уменьшение лесообразующей роли широколиственных пород и ольхи и усиление роли сосны, а также значительное усыхание болот. Флора обогащается видами, свойственными луговым степям. В зависимости от литогенной основы обособляются геосистемы хвойно-широколиственных, широколиственных лесов и луговых степей. В примекшанье развивается волосовская культура энеолита (2 200–1 500 лет до н. э.). Поселения этого периода – Алкаево, Старый Шукстелим, Митрялы – наследуются впоследствии



Рис. 4. Метагеосистема поселения Старый Шукстелим на сегментно-гривистой пойме Мокши



племенами раннего железного века, – городецкой, мордовской культуры.

*Субатлантический период* (3500 тыс. лет назад – IV век н. э.) – формируется современная структура геосистем. В лесах возрастает роль вторичных порослевых дубняков, липняков, березняков и осинников. Геосистемы приобретают лесостепной облик, который проявляется в сокращении болотных комплексов и увеличении парковых дубрав, луговых и кустарниковых степей и сосново-березовых лесов. В период 1 500 – начало первого тысячелетия до н. э. в археологических памятниках региона проявляется взаимодействие поздняковской (вариант срубной) и примокшанской культур эпохи бронзы, поселения Алкаево, Бабеево, Старый Шукстелим. В 700-е гг. до н. э. – 200-е гг. н. э. в лесостепных ландшафтах распространяются городища. Население городецкой культуры было в основном представлено волжскими финнами, вероятно, предками мордвы и марийцев. Знаковыми объектами этого времени являются городища Итяково, Полянки, Городище (Пургасово), Старый Город; селища Итяково, Кондровка.

Метагеосистемы многих современных поселений наследуются с неолита. Письменные источники свидетельствуют о динамических изменениях климата в исторический период, в составе которого выделяются: климатический оптимум до начала IV в. н. э.; похолодание периода Великого переселения народов (IV–VII вв.); малый климатический оптимум VII–XII вв.; малый ледниковый период XIII–XVIII вв.; потепление с середины XIX в., продолжающееся по настоящее время.

Первые письменные свидетельства о мордовском народе содержатся в трудах византийского епископа Иордана «Гетика» (VI в.), сочинении Константина II Багрянородного «Об управлении империей» (948–952 гг.), в трудах монаха Юлиана (1235 г.). В русских летописях XIII в. в нижнем течении Мокши обозначается Пургасова волость – область расселения мордовских племен и русских переселенцев. По мнению многих историков, центром Пургасовой волости было Саровское городище у слияния Саровки и Сатиса.

Значительная трансформация метагеосистем начинается со строительством систем лесных укреплений для защиты дорог юго-восточных окраин Русского государства на Кадом и Касимов. Первое письменное упоминание о Темникове, современном селе Старый Город (Старое Городище), расположенном на левом коренном борту Мокши, датируется историками 1381 годом. В 1536 г. Темниковская крепость была перенесена на вытянутую с севера надпойменную террасу Мокши, где на засечной черте созданы два охраняемых проезда – Бабеевский и Чижиковский. Крепость занимала ключевое местоположение в центральной части одноименной засечной черты Московского государства – на границе лесной

и лесостепной провинций. Выше и ниже по течению поймы Мокши имеет ширину более 4 км, у выступа надпойменной террасы, где строится Темников, – около 1 км (рис. 5).

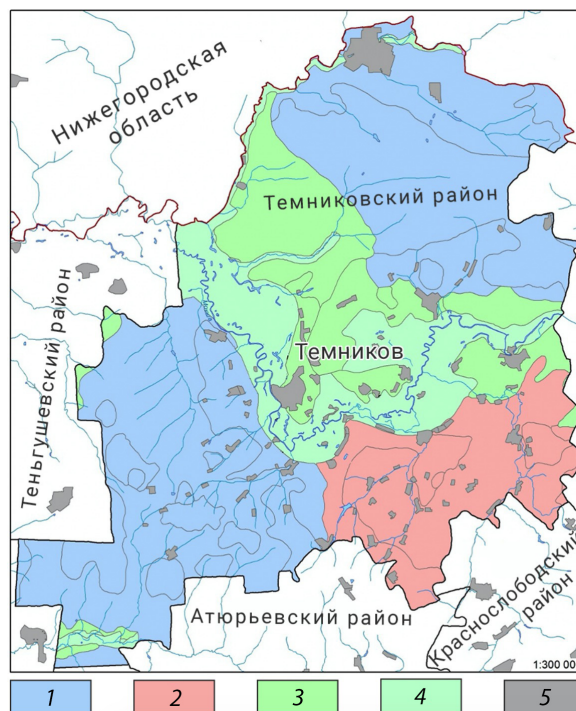


Рис. 5. Геосистемы паломническо-туристского кластера: 1 – хвойные и смешанные леса водно-ледниковых равнин; 2 – северная лесостепь вторичных моренных равнин; 3 – хвойные и смешанные леса древнеаллювиальных равнин; 4 – поймы; 5 – поселения (цвет онлайн)

**Современная пространственно-временная структура метагеосистем** определяется сложным пространственным сочетанием зональных геосистем северной лесостепи краевой части Приволжской возвышенности и экстразональных типов лесных ландшафтов Окско-Донской низменности. Наибольшее территориальное распространение имеют экстразональные ландшафты древних ложбин стока ледниковых вод и песчаных надпойменных террас, на которых доминируют сосновые и смешанные леса с участием ели обыкновенной. В левобережье Мокши истари произрастали дубравы, которые соседствовали с разнотравно-ковыльно-типчачовыми луговыми степями.

В качестве центрального звена природной основы метагеосистем выступает пойма реки Мокши. Пространственно-временная структура пойменных геосистем определяется широким спектром факторов, среди которых особо выделяются тектоника, характер пойменного режима, свойства соседствующих геосистем междуречий. В зоне формирующегося кластера Мокша имеет сегментную пойму с многочисленными старицами, гривами и останцами надпойменных террас,



что определяет сложную структуру растительного покрова. На гривах флористический состав луговой растительности близок к суходольным лугам, и в нем обычны виды северных луговых степей. В пойменных дубравах обычны черемуха, смородина черная, клен татарский, хмель обыкновенный, таволга, или лабазник вязолистный, крапива двудомная. В притеррасной пойме, а также вдоль русел рек в виде нешироких лент распространены ольховые леса (ольшаники) из ольхи клейкой, или черной.

Характерной чертой метагеосистем является четко выраженная смена состояний сезонов года (рис. 6). Средняя температура самого холодного месяца изменяется от  $-11,8$  до  $-12,3^{\circ}\text{C}$ , самого теплого – от  $19,0$  до  $19,2^{\circ}\text{C}$ ; средняя годовая сумма осадков  $520-550$  мм; в теплый период (апрель – октябрь) выпадает около  $67-70\%$  осадков; периодически случаются засухи.

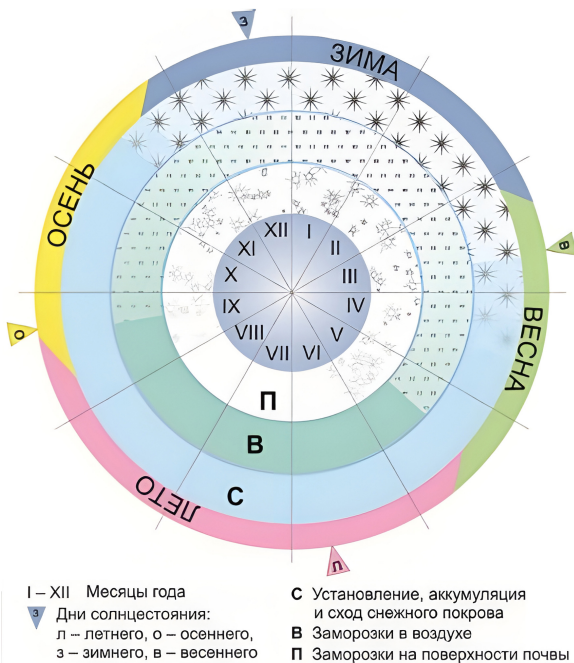


Рис. 6. Сезонная динамика геосистем (цвет онлайн)

Сезонная смена состояний ландшафтов оказывает значительное влияние на пространственно-временную структуру метагеосистем – развитие процессов хозяйственного освоения, структуру землепользования, культурные и церковные традиции. Многие мероприятия проводятся либо полностью, либо частично на природе: Пасха, Троица, Рождество, Крещение, спортивные состязания и разные конкурсы, омовение в реках и родниках, катание с гор и др.

Многовековой процесс хозяйственного освоения ландшафтов отражается в пространственной структуре расселения. Основная часть населения сконцентрирована в долине р. Мокши, характеризующейся высоким ландшафтным разнообразием и на протяжении многих веков являющейся

трассой хозяйственного освоения региона. На территории района функционирует 97 населенных пунктов, наиболее крупными (свыше 500 жителей) являются г. Темников, с. Старый Город, с. Аксел, д. Андреевка, д. Русское Тюево, с. Пурдошки. В окрестностях многих поселений выделены 31 памятник археологии, 27 – градостроительства и архитектуры, 4 – искусства, более 40 – истории.

В структуре метагеосистем выделяется г. Темников, который в процессе развития приобрел радиально-кольцевую структуру с Соборной площадью в центральной части. Во второй половине XX в. в градостроительной структуре исторического центра формируются общегородской центр, жилой район с типовой пятиэтажной застройкой, промышленная зона. В структуре населения Темникова, согласно последней переписи, русских 53%, мордвы 40%, татар 5%. Высокая концентрация природного и культурного наследия создает предпосылки для нового вектора развития Темникова – формирования центра паломническо-туристского кластера «Санаксарь – Темников».

Уникальным объектом культурного наследия формирующегося кластера является Рождество-Богородичный Санаксарский мужской монастырь, построенный под руководством И. И. Ушакова и Ф. И. Былинина. В центре пространственной композиции Соборная церковь, названная в честь Рождества Пресвятой Богородицы (1774 г.), храм, названный в честь иконы Владимирской Божией Матери (1782 г.). Главным входом в монастырь служит храм, названный в честь Преображения Господня (1776 г.). Главные святыни монастыря – мощи праведного воина Феодора (Ушакова), русского флотоводца, который Русской православной церковью причислен к лику святых как праведный воин Феодор Ушаков.

Ожерелье паломническо-туристского кластера «Санаксарь – Темников» составляют следующие метагеосистемы: г. Саров, Саровская пустынь, общепризнанная святыня России, где жил русский святой преподобный Серафим Саровский; г. Арзамас; Большое Болдино – село, вписанное в развитие мировой культуры как память о болдинской осени Александра Сергеевича Пушкина; национальный парк «Смольный»; современный Саранск; Мокшанский центр национальной культуры в с. Старая Теризморга и другие объекты природного и культурного наследия, объединенные системой туристских маршрутов (рис. 7).

Стратегическими партнерами дальнейшего развития паломническо-туристского кластера на территории Мордовии являются современные здравницы, действующие на базе местных минеральных источников санатория «Мокша», расположенного на живописном берегу одноименной реки.

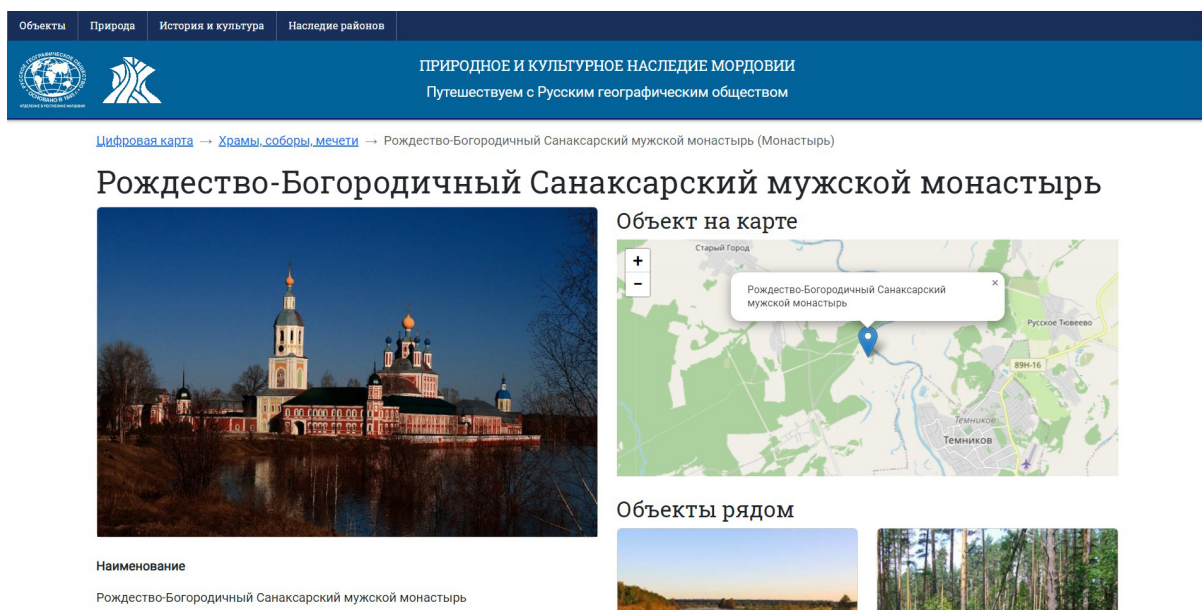


Рис. 7. Визуализация паломническо-туристского кластера «Санаксарь – Темников» на интерактивной карте геопортала (цвет онлайн)

### Заключение

Результаты моделирования метагеосистем паломническо-туристского кластера «Санаксарь – Темников» позволили выделить основные векторы формирования системы электронных карт регионального геопортала, отражающие особенности происхождения и развития современной структуры природного и культурного наследия: ландшафтное разнообразие и устойчивость геосистем к антропогенному воздействию; гидрогеодинамика и гидрогеохимия подземных вод и родников; многослойные археологические памятники неолита, энеолита, бронзового и раннего железного веков, свидетельствующие об устойчивом функционировании систем жизнеобеспечения населения, наследуемые современной структурой расселения; метагеосистемы древнего Темникова и Рождество-Богородичного Санаксарского мужского монастыря – градостроительного памятника второй половины XVIII – начала XIX века.

Пространственно-временная неоднородность уникальных метагеосистем паломническо-туристского кластера «Санаксарь – Темников» делает его перспективным для круглогодичного использования в туристско-рекреационной деятельности.

### Библиографический список

1. Li X., Law R., Xie G., Wang S. Review of tourism forecasting research with internet data // *Tourism Management*. 2021. Vol. 83. Article number 104245. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2020.104245>

2. Yamashkin A. A., Yamashkin S. A., Aksyonova M. Y., Cimaljevic M., Demirovic D., Vuksanovic N., Milentijevic N. Cultural landscapes space-temporal systematization of information in geoportals for the purposes of region tourist and recreational development // *Geojournal of Tourism and Geosites*. 2020. Vol. 29, № 2. P. 440–449. <https://doi.org/10.30892/gtg.29205-480>, EDN: EHRONU
3. Ключевский В. О. Сочинения : в 8 т. Москва : Госполитиздат, 1956. Т. 1 : Киевская Русь. 427 с.
4. Николаев В. А. Ландшафтоведение. Семинарские и практические занятия. Москва : Издательство Московского университета, 2000. 94 с.
5. Лихачев Д. С. Земля родная : книга для учащихся. Москва : Просвещение, 1983. 256 с.
6. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1978. 320 с.
7. Черкашин А. К. Теоретическая и метагеографическая география // *Географический вестник*. 2020. № 1. С. 7–21. EDN: LCWBTF
8. Cave J., Dredge D. Regenerative tourism needs diverse economic practices // *Tourism Geographies*. 2020. Vol. 22, № 3. P. 503–513. <https://doi.org/10.1080/14616688.2020.1768434>
9. Menegon S., Fadini A., Perini L., Sarretta A., Depelleggin D., Maio E. De, Barbanti A. A geoportal of data and tools for supporting Maritime Spatial Planning in the Adriatic-Ionian Region // *Environmental Modelling & Software*. 2023. Vol. 160. Article number 105585. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105585>
10. Беговаткин А. А. Археологическая карта России. Республика Мордовия. Москва : ИА РАН, 2017. 486 с.

Поступила в редакцию 29.09.2023; одобрена после рецензирования 10.10.2023; принята к публикации 18.10.2023  
The article was submitted 29.09.2023; approved after reviewing 10.10.2023; accepted for publication 18.10.2023





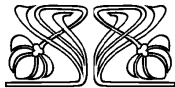
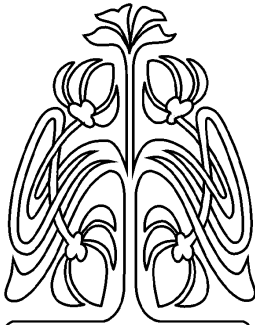
## ГЕОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 264–271

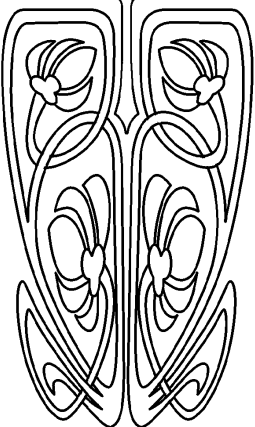
*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 264–271

<https://geo.sgu.ru> <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-264-271>, EDN: UAOFZL

Научная статья  
УДК 550.85:553.632



**НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ**



### Нерастворимый остаток нижнепермских сильвинитовых пород западного и северо-западного обрамления Прикаспийской впадины

О. П. Гончаренко<sup>✉</sup>, М. В. Соломон

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Гончаренко Ольга Павловна, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры петрологии и прикладной геологии, [goncharenkoop@mail.ru](mailto:goncharenkoop@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4731-8740>

Соломон Максим Валерьевич, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры петрологии и прикладной геологии, [solomonmv@list.ru](mailto:solomonmv@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3545-3849>

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования нерастворимого остатка (НО) сильвинитов и сильвин-галитовых пород нижнепермской галогенной формации распространенной, в пределах Перелюбских участков (Западного и Восточного), перспективных для промышленного освоения (Саратовская область), и Гремячинского месторождения калийных солей (Волгоградская область). Представлена методика изучения НО сильвинитов. Выделены типы НО по форме нахождения в сильвинитах и охарактеризован минеральный состав НО. Уточнены условия формирования сильвинитосодержащих пород с учетом полученных данных по составу НО.

**Ключевые слова:** сильвиниты, нерастворимый остаток, Прикаспийская впадина

**Для цитирования:** Гончаренко О. П., Соломон М. В. Нерастворимый остаток нижнепермских сильвинитовых пород западного и северо-западного обрамления Прикаспийской впадины // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 264–271. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-264-271>, EDN: UAOFZL

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

**Insoluble remains of Lower Permian sylvinite rocks in the western and north-western framing of the Caspian depression**

О. P. Goncharenko<sup>✉</sup>, M. V. Solomon

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Olga P. Goncharenko, [goncharenkoop@mail.ru](mailto:goncharenkoop@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4731-8740>

Maxim V. Solomon, [solomonmv@list.ru](mailto:solomonmv@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3545-3849>

**Abstract.** The paper presents the results of a study of the insoluble residue of sylvinites and sylvinites and sylvinites and sylvinites rocks of the Lower Permian halogen formation, common within the Perelyubsky areas (Western and Eastern), promising for industrial development (Saratov Region) and the Gremyachinsky potash deposit (Volgograd Region). A technique for studying the insoluble residue of sylvinites is presented. The types of insoluble residue are distinguished according to the form of occurrence in sylvinites and its mineral composition is characterized. The conditions for the formation of sylvinites-bearing rocks are refined, taking into account the data obtained on the composition of the insoluble residue.



**Keywords:** sylvinites, insoluble residue, Caspian depression

**For citation:** Goncharenko O. P., Solomon M. V. Insoluble remains of Lower Permian sylvinite rocks in the western and north-western framing of the Caspian depression. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 264–271 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-264-271>, EDN: UAOFZL

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

## Введение

Исследование нерастворимого остатка (НО) солей широко опробовано для Верхнекамского месторождения калийных солей [1]. Однако в большом количестве опубликованного материала для этого месторождения изучение НО проводилось с целью учета кондиционных параметров сильвинитовых залежей. Известно, что в перечень параметров кондиций для подсчета запасов калийного сырья содержание НО не входит [2].

В работах [3, 4] сделана попытка увязать петромагнитные параметры, полученные на керне, с количеством распределения НО в образце. Однако, как отмечено в этих работах, в некоторых случаях наблюдается отсутствие коррелятивной зависимости между НО солей и петромагнитными величинами.

Нерастворимый остаток – полигенный компонент, поэтому распределение пелит-ангидритовой примеси по площади образца при описании керна учитывалось как для генетических выводов, так и с точки зрения влияния на промышленное качество сильвинитов. В большей степени тип текстур может косвенно указывать на наличие или отсутствие НО в соленых толщах, что подробно рассматривалось нами ранее [5]. Несомненно, пелит-ангидритовая примесь не фиксируется однозначно на каротажных диаграммах в пробуренных скважинах, тем более на этапе сейсморазведки перспективной территории.

Установление влияния распределения НО в теле породы на ее текстурно-структурное строение и, как следствие, на качество извлекаемого полезного ископаемого придает практическую ценность проведенным исследованиям [6].

Изучение НО солей позволяет делать выводы об обстановке минералообразования (гидродинамики среды бассейна, источников сноса, наличия переотложений осадка), что на пути к пониманию условий формирования калийных отложений играет немаловажную роль.

Исследование НО сильвин-галитовых пород проводилось по керну скважин, вскрывших продуктивные интервалы (интервал глубин 9708–13086 м) на Гремячинском месторождении калийных солей в Волгоградской области и перспективных на калийное сырье (сильвинит) на Западно-Перелюбском и Восточно-Перелюбском поисковых участках (интервал глубин 687,0–104114 м) в Саратовской области.

Цель статьи – детальное исследование НО сильвинитовых пород для уточнения условий их формирования.

Объектом исследования является керновый материал, отобранный из продуктивного сильвинитового интервала погожской ритмопачки иренского горизонта кунгурского яруса нижней перми, вскрытого скважинами на Перелюбских поисковых участках и на Гремячинском месторождении (рис. 1). На Гремячинском месторождении исследовались не только погожские сильвиниты, но и калийные породы долинной и луговской ритмопачек.

Приведем стратиграфическое соотношение и краткое литологическое описание соленосных отложений ритмопачек. Типовой стратиграфический разрез нижнепермской галогенной формации северного обрамления Прикаспийской впадины представлен на рис. 2. В соответствии с рекомендациями Ю. А. Писаренко (Pisarenko) с соавторами [7] и И. Н. Тихвинского [8] по стратификации данных образований выделяются следующие ритмопачки.

*Волгоградская ритмопачка* ( $e_2$ ) представлена каменной солью, прозрачной с прослоями ангидрита. Мощность отложений ритмопачки до 120 м.

*Балыклейская ритмопачка* ( $f_1$ ) имеет двухчленное строение, на основании чего в ее составе выделяется две подсвиты. Нижняя подсвита обычно в основании представлена 5–10-метровым пластом ангидрит-полигалитового состава (репер  $f_1$ ), переходящего вверх в галит-полигалитовый (репер  $f_{1p}$ ) – верхняя подсвита. Мощность отложений ритмопачки достигает 10–12 м.

*Луговская ритмопачка* ( $g_1$ ) имеет двухчленное строение, нижний пласт представлен частым чередованием 1–3-миллиметровых прослоев глинистого доломита и ангидрита. Верхний пласт сложен мелкозернистым светлым ангидритом. Встречаются прослои маломощных калийных солей. Мощность отложений ритмопачки меняется от 120 до 250 м.

*Погожская ритмопачка* ( $h$ ) в основании представлена доломит-ангидритовыми отложениями, перекрывается каменной солью. Репер ( $h_1^1$ ) представлен каменной солью с повышенным содержанием ангидрита, иногда полигалита. На территории Краснокутского участка разрез заканчивается мощным (до 60 м), практически мономинеральным пластом бишофита и имеет карналлит-сильвинитовую оторочку (репер  $h_2$ ). В разрезах Перелюбских участков бишофит в составе репера отсутствует, он

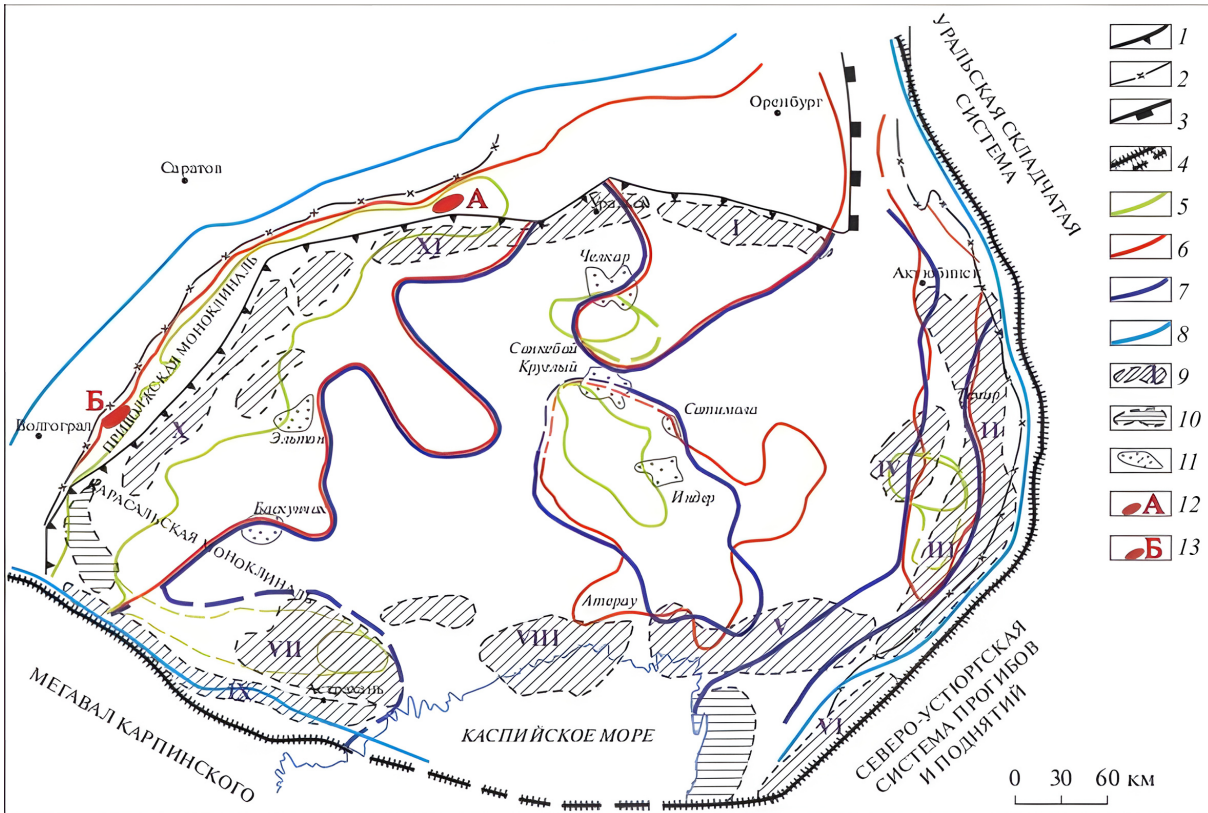


Рис. 1. Карта-схема фактического материала: 1 – граница бортового уступа; 2 – граница распространения соляных отложений; 3 – западная граница Предуральяского краевого прогиба; 4 – глубинные нарушения, разделяющие границы распространения солевых отложений; 5 – контуры зон бишофитсодержащих пород; 6 – контуры зон карналлитсодержащих пород; 7 – контуры зон сильвинитсодержащих пород; 8 – контур распространения каменной соли; 9 – своды, мегавалы; I – Карачаганакско-Кобландинский; II – Имбекский; III – Тамдыкольский; IV – Кзылджарский; V – Биикжалский; VI – Южно-Эмбенский; VII – Северо-Каспийский; VIII – Астраханский; IX – Карабулакско-Беркульский; X – Ахтубинско-Палласовский; XI – Алтатинско-Деркульский; 10 – зоны поднятия; 11 – солянокупольные структуры; 12 – Западно- и Восточно-Перелюбские поисковые участки; 13 – Гремячинское месторождение (цвет онлайн)

представлен карналлит-сильвинитовой, иногда сильвинитовой породой. Мощность ритмопачки в ближнем обрамлении Прикаспийской впадины изменяется от 60 до 140 м. По мере удаления от впадины выделяется иной тип разреза, отличающийся повышенным присутствием сульфатов.

*Антиповская ритмопачка* (i) начинается 3–7-метровым пластом ангидрит-доломитового состава. Встречается каменная соль. По керновому материалу отмечается увеличение содержания сульфатов в каменной соли по сравнению с вышеописанными ритмопачками. В составе свиты выделяется два карналлит-сильвинитовых пласта мощностью до 10–20 м ( $i_2$ ) и мощностью до 5 м, редко до 5–10 м ( $i_3$ ). Мощность ритмопачки изменяется от 80 до 170 м.

*Пигаревская ритмопачка* (k) представлена чередованием ангидритовой, гипсовой и доломитовой пород и каменной соли. В средней части ритмопачки иногда появляется пласт ангидрита мощностью до 10–15 м. Заканчивается свита маломощным (3–7 м) пластом карналлит-

сильвинит-полигалитовой породы ( $k_2$ ). Мощность свиты изменяется от 50 до 120 м.

*Долинная* (l), *ерусланская* (m) и *озерская* (n) ритмопачки характеризуются сходным строением. В основании каждой из них залегает ангидритовый пласт ( $l_1$ ,  $m_1$ ,  $n_1$ ) мощностью 7–10 м, сменяемый каменной солью.

### Материал и методика исследования

Нерастворимый остаток изучался с помощью стандартных методов его выделения из солей для исследования на рентгеновском дифрактометре, а также под микроскопом в навеске и в шлифах, при макроописании в аншлифах.

Для подготовки пробы использовалась следующая последовательность действий. Подготовленная проба керна дробилась и помещалась в мерный стакан для растворения в дистиллированной воде при температуре 40–50°C. Раствор фильтровался через высушенный до постоянного веса бумажный фильтр.

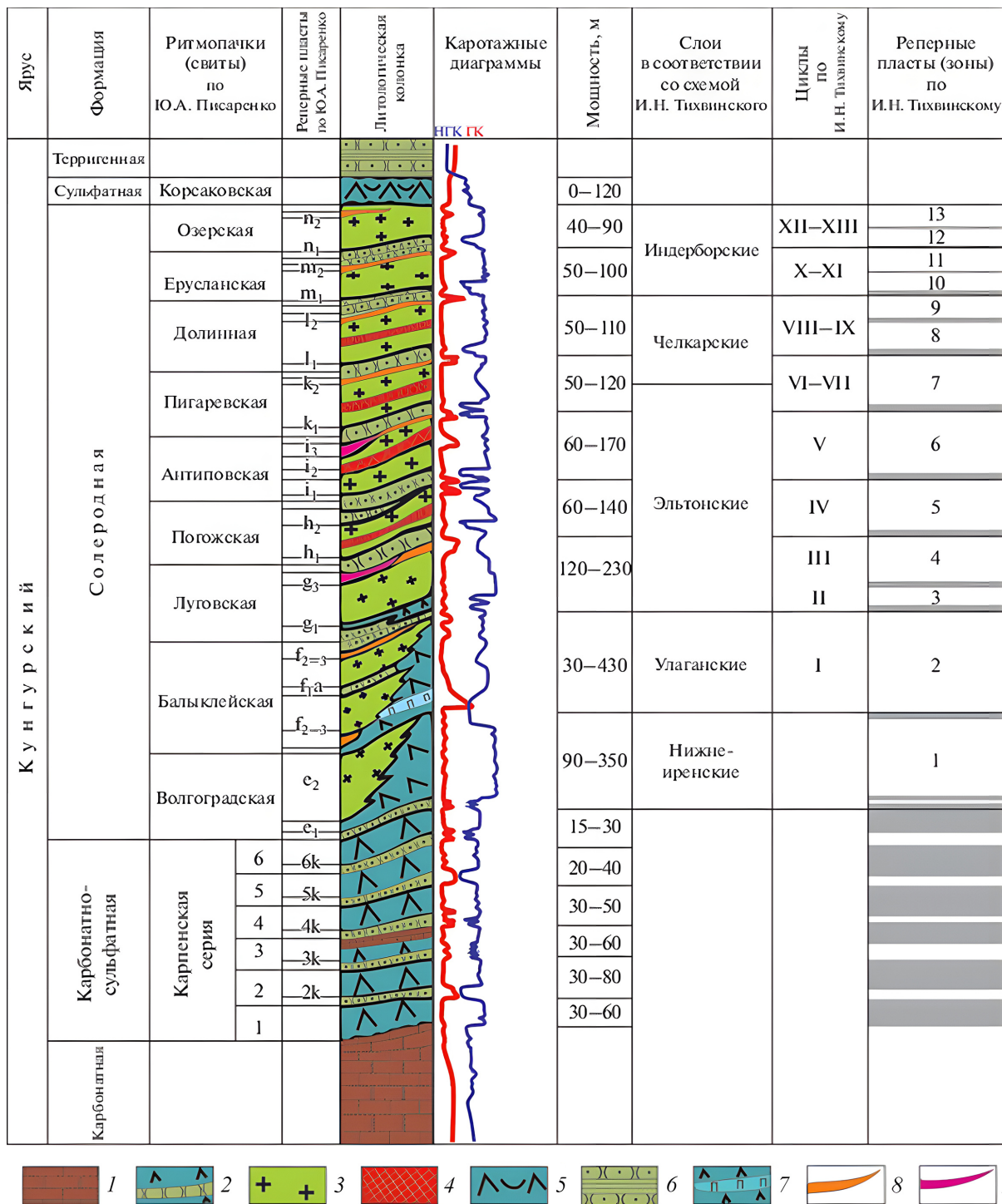


Рис. 2. Типовой стратиграфический разрез нижнепермской галогенной формации северного обрамления Прикаспийской впадины по Ю. А. Писаренко [7, с дополнениями] и И. Н. Тихвинскому [8]: 1 – известняки; 2 – ангидриты с прослоями терригенных пород; 3 – каменная соль; 4 – сильвиниты и сильвинитосодержащие породы; 5 – ангидриты с гипсами; 6 – терригенные породы; 7 – ангидриты с прослоями полигалитов; 8 – калийно-магниевые соли; 9 – магниевые соли (бишофиты) (цвет онлайн)

Фильтр с остатком промывался горячей водой до отрицательной реакции промывных вод на хлор-ион. Затем проба высушивалась в сушильном шкафу при температуре 100°C

до постоянной массы, охлаждалась в эксикаторе. После чего взвешивалась. От полученной навески отделялось 20 г для последующего исследования на рентгеновском дифрактометре



PW-1800 (Philips). Описанная методика выделения НО соответствует ОСТ 41-08-272-04 [9].

Кроме того, НО изучался оптически как в навеске под микроскопом (МБС-9), так и в шлифах. Микроскопическое описание экстрагированной навески под микроскопом МБС-9 позволило оценить качество подготовленной пробы и предварительно сделать выводы о ее минеральном составе. Микроскопическое описание в шлифах под микроскопом Axioscop 40 Pol. проводилось с целью установления характера распределения ангидрита и гипса в породе и их влияния на текстурно-структурные особенности солей. Для изучения минерального состава НО использовался рентгенофазовый анализ на рентгеновском дифрактометре PW-1800 марки Philips (Голландия). Дифрактометр соответствует требованиям ГОСТ 12997-84 «Изделия ГСП. Общие технические условия» [10]. На основании анализа дифрактограмм устанавливался минеральный состав НО. Изучение НО солей в аншлифах сводилось главным образом к установлению распределения отдельных пропластков, линз ангидрита и гипса по площади образца.

### Результаты и их обсуждение

По форме нахождения НО сильвинитов был подразделен нами на следующие типы: *включения в кристаллах солей*. Представлены в виде включений кварца, целестина, каинита (?), барита в кристаллах соляных минералов; *вкрапления в межзерновом пространстве*. Представлены мелкими кристаллами ангидрита, карбонатов, пелитовым материалом, гипсом и каемками гидроокислов железа. Ангидрит в шлифах, как

правило, микро-, тонкозернистый, встречается в виде тонкопризматических кристалликов. Зерна гипса ксеноморфные и пластинчатые. Карбонаты присутствуют в виде отдельных зерен и ромбоздров; *пелит-ангидритовый цементирующий компонент*. В состав всех соляных пород входят пелит и ангидрит в виде прослоев, линз, расщепляющихся слойков и т. д. Разные вариации распределения пелит-ангидритового материала определяют текстурно-структурное строение сильвинитов [3].

*Вещественный состав НО сильвинитовых пород*. Известно, что НО калийных солей может быть представлен аутигенными и аллотигенными составляющими. Карбонаты и сульфаты являются постоянными аутигенными образованиями и генетически связаны между собой. Эти две группы минералов массово выпадают в осадок на начальных стадиях сгущения морской воды, но их осаждение не прекращается даже на самых высоких стадиях ее осолонения [2]. Другой обширной группой минералов НО является терригенная (аллотигенная) составляющая. Дискуссионными остаются вопросы о характере транспортировки этого материала в солеродный бассейн, а также его преобразования. В составе НО соленых и соленосных пород выделяется две основные фазы – минеральная и рентгеноаморфная. Последняя может быть сложена органическим веществом.

Минеральный состав основных распространенных минералов в НО сильвинитовых пород в изученных разрезах западного и северо-западного прибортового обрамления Прикаспийской впадины, по данным рентгенофазового анализа, проиллюстрирован рис. 3.

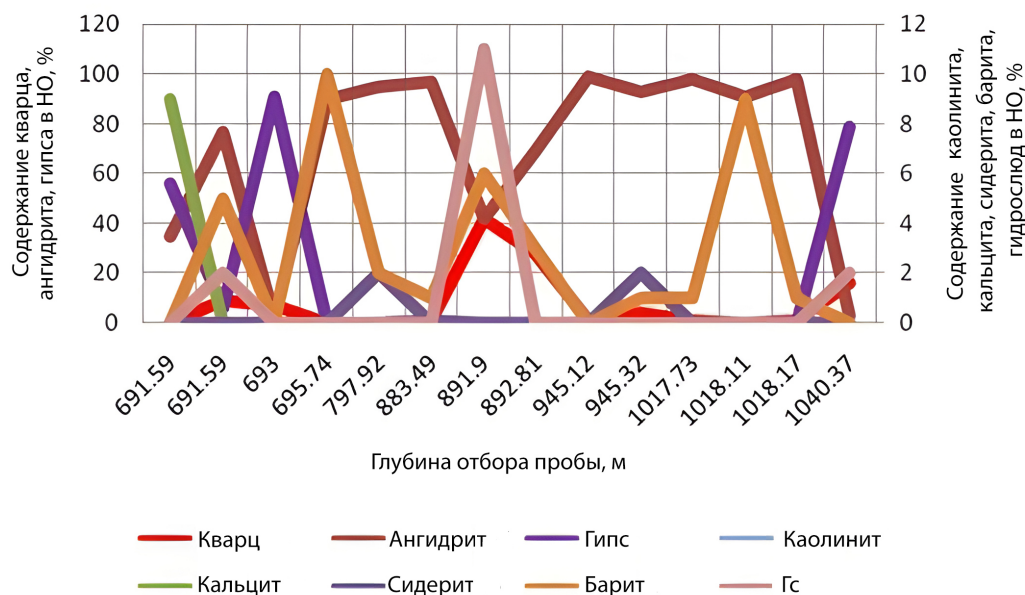


Рис. 3. Минеральный состав НО сильвинитовых пород в изученных разрезах (цвет онлайн)

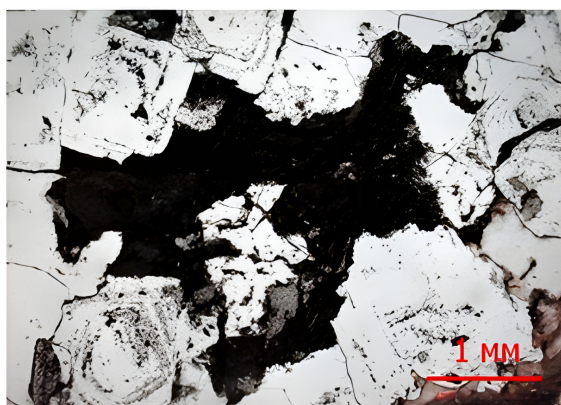


На диаграмме (см. рис. 3) изображено процентное содержание минералов в НО сильвинитовых пород, отобранных из интервалов с наибольшей примесью пелит-ангидритового материала. Полученные данные усреднены и выстроены по глубине. Наиболее распространенными минералами в НО являются ангидрит и гипс, в меньшей степени – кварц. Кроме того, их содержание колеблется в очень широких пределах: гипса от 1–6 до 79–91%, ангидрита от 2–3 до 93–98%, кварца от 1–4 до 28–42%. Содержание кальцита достигает 9%, сидерита – 2%, барита – от 1–2 до 9–10%, гидрослюды – от 2 до 11%.

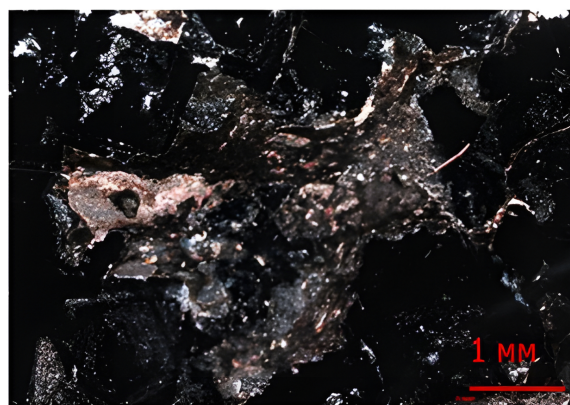
Полученные результаты минерального состава НО сильвинитовых пород согласуются с данными, опубликованными по разрезу скважины Краснокутской 1-К: преобладающими минералами в составе НО в исследованных разрезах являются ангидрит и гипс [11]. Минеральный состав НО солей также был сопоставлен с литологическим описанием сильвинитовых

пород в шлифах. Распределение ангидрита в виде линз и скоплений вокруг кристаллов галита с фрагментами регенерационной структуры показано на рис. 4.

В отдельных участках ангидрит при введении анализатора образует выклинивающиеся прожилки и сосредоточен между кристаллами галита и сильвина. Содержание ангидрита, по данным рентгенофазового анализа, в НО данного образца достигает 93%. В некоторых образцах наблюдается интенсивное влияние каемок гидроокислов железа на структуру кристаллов сильвина. Участки с интенсивным влиянием гидроокислов железа встречаются фрагментарно и в единичных образцах. По данным рентгенофазового анализа, процентное содержание сидерита в НО достигает 3%. В отдельных образцах сильвинитов встречаются пластинчатые и игольчатые кристаллы гипса. Вкрапления кристаллов гипса в крупные кристаллы карналлита сложной формы отражены на рис. 5. Содерж-

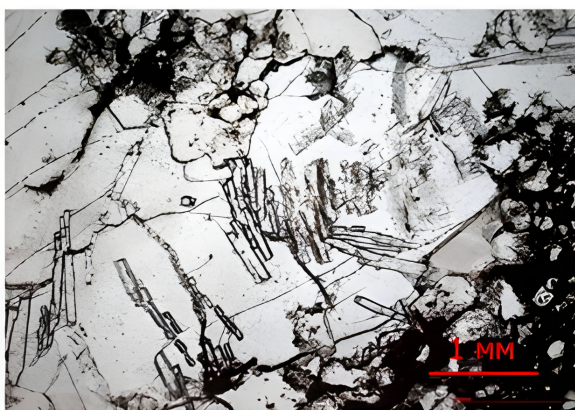


а

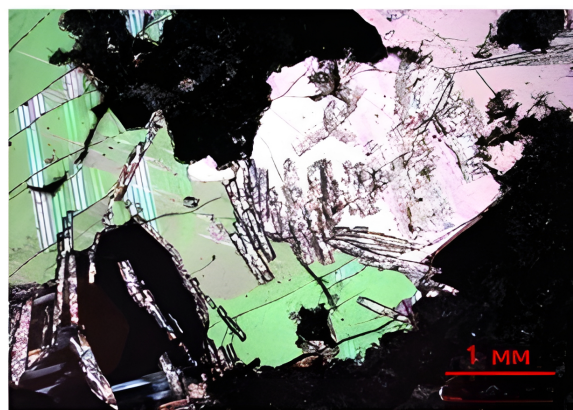


б

Рис. 4. Распределение ангидрита в шлифе сильвинитовой породы: а – шлиф без анализатора; б – шлиф с анализатором; скважина 208, образец 9, глубина отбора 945,12 м. Перелюбский участок (цвет онлайн)



а



б

Рис. 5. Распределение кристаллов гипса в крупном кристалле карналлита сильвинитовой породы: а – шлиф без анализатора; б – шлиф с анализатором; скважина 101, образец 67, глубина отбора 691,59 м. Перелюбский участок (цвет онлайн)



жание гипса по результатам рентгенофазового анализа в этом образце достигает 56%.

## Выводы

Присутствие ангидрита и гипса в составе НО сильвинитов можно объяснить влиянием процессов постседиментационного выщелачивания верхних зон выхода соленосных ритмопачек на поверхность соляного зеркала. Установлено, что НО оказывал влияние на процессы калийного седиментогенеза в погожском, долинном и луговском суббассейнах. Сульфатные растворы, выделившиеся при уплотнении НО, сложенного глинистым и гидрослюдистым материалом, привнесенным в осадок калийных и калийно-магниевого солей за счет размыва рапой островных участков бассейна или при его эоловом заносе, определяли своеобразие минеральных преобразований на постседиментационном этапе. Существенное развитие НО в сильвиновых отложениях, поровые растворы которых содержали повышенное количество ионов сульфата, приводило к образованию парагенезисов с полигалитом даже в тех участках солеродного бассейна, в которых, судя по первичным парагенезисам, кристаллизация минералов шла из сильно метаморфизованной рапы с минимумом сульфата. Постседиментационные процессы определялись положением участка соленакопления в акватории солеродного бассейна (тупиковый участок, береговая полоса, приподнятый участок дна), что определяло своеобразие трансформации НО в калийных отложениях. В зоне Гремячинского месторождения постседиментационные процессы зависели от тупикового положения района. В Перелюбских участках постседиментационные изменения связаны с гидродинамическим движением рапы близ береговой полосы, о чем свидетельствует появление в составе НО терригенных гипса и ангидрита, а в шлифах – окатанных кристаллов галита с признаками растворения, а затем частичного дорастания. Процессы коррозии кристаллов калийных и калийно-магниевого минералов также происходили за счет воды, выделившейся при уплотнении НО глинистого и гидрослюдистого материала. На границах погожского бассейна седиментации переотложение (рециклинг) калийных отложений приводило к перераспределению НО, что зафиксировано в шлифах брекчированием солей в разрезах фланговых скважин Гремячинского месторождения и Перелюбского участка. На Краснокутском участке выделен переотложенный горизонт сильвинитов [11]. Сильвиниты, сформированные в интенсивных гидродинамических обстановках, вблизи береговой линии бассейна, характеризуются повышенным содержанием НО. Это следует учитывать при интерпретации данных ГИС и сейсморазведки.

Таким образом, полученные характеристики НО сильвинитов дополняют имеющиеся представления о текстурно-структурном строении калийных солей и условиях их формирования, рассмотренные нами ранее [5, 6]. НО оказывает отрицательное влияние на многие процессы освоения месторождений калийных солей: извлечение полезного ископаемого, обогащение, количество отходов производства.

## Библиографический список

1. Баяндина Э. О., Кудряшов А. И. Нерастворимый остаток солей Верхнекамского месторождения. Пермь : ООО «Типограф», 2015. 102 с.
2. Кудряшов А. И. Верхнекамское месторождение солей. 2-е издание, переработанное. Москва : Эпсилон Плюс, 2013. 368 с.
3. Московский Г. А., Гончаренко О. П., Байгузина А. З. Особенности состава и условий формирования калийных и калийно-магниевого пород погожской ритмопачки в северо-западной и северо-восточной частях бортовой зоны Прикаспия // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 3. С. 188–192. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2016-16-3-188-192>, EDN: WRPIVL
4. Яночкин В. В., Московский Г. А., Решетников М. В., Ерёмин В. Н. Отражение в петромагнетизме закономерностей распределения нерастворимого остатка по разрезу погожской залежи Перелюбского месторождения калийно-магниевого солей // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 1. С. 48–53. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2016-16-1-48-53>, EDN: VQUJUN
5. Соломон М. В., Гончаренко О. П. Генетическая интерпретация текстурно-структурного облика нижнепермских сильвинитовых пород Прикаспийской впадины // Литология и полезные ископаемые. 2022. № 1. С. 68–84. <https://doi.org/10.31857/S0024497X22010074>, EDN: DPIDLK
6. Соломон М. В., Гончаренко О. П., Московский Г. А. Калийные и калийно-магниевого соли погожской ритмопачки западной части северного внешнего бортового обрамления Прикаспийской впадины: литологические особенности и условия формирования // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2019. № 1. С. 51–59. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2019-1-51-59>, EDN: YYSHZZ
7. Goncharenko O., Pisarenko Y., Solomon M. Refined Data on the Structure of the Kungurian Salt-Bearing Series and on Mineral Composition of Polyhalite Ores from the Sharlyk Field in the Orenburg Region // Advances in Devonian, Carboniferous and Permian Research: Stratigraphy, Environments, Climate and Resources : Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting, 2017. Kazan : Filodiritto international proceedings, 2018. P. 343–350.



8. Тихвинский И. Н. Стратиграфия и калиеносные горизонты кунгура Прикаспийской впадины // Советская геология. 1974. № 5. С. 44–54.
9. Гусев С. С., Любимова Л. Н., Масалович Н. С. ОСТ 41-08-272-04. Стандарт отрасли. Управление качеством аналитических работ. Методы геологического контроля качества аналитических работ. Москва : ВИМС, 2004. 43 с.
10. Изделия ГСП. Общие технические условия. ГОСТ 12997-84. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003319> (дата обращения: 05.07.2023).
11. Жеребцова И. К., Золотарева В. А., Пантелева О. Д. Особенности формирования соляных отложений кунгура в северной части Приволжской моноклинали // Физико-химические закономерности осадконакопления в солеродных бассейнах. Москва : Наука, 1986. С. 13–21.

Поступила в редакцию 08.09.2023; одобрена после рецензирования 04.10.2023; принята к публикации 18.10.2023  
The article was submitted 08.09.2023; approved after reviewing 04.10.2023; accepted for publication 18.10.2023





Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 272–283

*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 272–283

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-272-283>, EDN: PLEBOD

Научная статья

УДК 552.57:553.612



## О роли соленых углей при превращении каолинита в гидрослюд парогонитового типа в тонштейнах Донбасса

А. Д. Коробов<sup>✉</sup>, Л. А. Коробова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Коробов Александр Дмитриевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, korobad@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9497-5030>

Коробова Людмила Александровна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, korob@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5900-7010>

**Аннотация.** Характер гидрослюдизации каолинита тонштейнов Донецкого бассейна в процессе метаморфизма контролируется типом вмещающих углей – нормальных или соленых. В качестве источников натрия и калия при гидрослюдизации каолинита, наряду с терригенными минералами угленосных толщ и захороненными морскими водами, необходимо особо выделять индикаторные аутигенные минералы соленых углей – галит и глауберит. Наиболее благоприятные условия для формирования устойчивой фазы гидрослюды парогонитового типа в каолинитовых прослоях создаются в паралических формациях на площадях развития щелочных каустобиолитов, испытывающих метаморфизм. В том случае, когда главным источником натрия являются галит и глауберит соленых углей, в метатонштейнах при формировании антрацита начинает образовываться браммалит. Процесс продолжается до тех пор, пока полевые шпаты и слюды не начнут активно поставлять калий в хлоридный Cl-Ca-Na рассол. С этого момента браммалит в глинистых прослоях стремительно уступает место иллиту. В итоге в глинистых прослоях возникает ассоциация гидрослюд парогонитового и мусковитового типа. Если же основным источником щелочных элементов, обуславливающих гидрослюдизацию каолинита, будут терригенные минералы нормальных (несоленых) угленосных толщ (калиевые полевые шпаты, слюды, плагиоклазы), то в метатонштейнах станет развиваться исключительно иллит.

**Ключевые слова:** соленые угли, тонштейн, метаморфизм, браммалит, парогонит

**Для цитирования:** Коробов А. Д., Коробова Л. А. О роли соленых углей при превращении каолинита в гидрослюд парогонитового типа в тонштейнах Донбасса // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 272–283. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-272-283>, EDN: PLEBOD

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

### On the role of salty coals in kaolinite transformation into paragonite-type hydromica within the Donbass tonsteins

A. D. Korobov<sup>✉</sup>, L. A. Korobova

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Aleksandr D. Korobov, korobad@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9497-5030>

Lydmila A. Korobova, korob@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5900-7010>

**Abstract.** The character of kaolinite hydromicization within the Donetsk Basin tonsteins in the course of metamorphism depends on the types of enclosing coals: either normal or salty ones. Alongside with terrigenous minerals within the coal-bearing masses and the fossil sea waters, indicator authigenous minerals from salty coals – halite and glauberite – should be specified as the sources of sodium and potassium for kaolinite hydromicization. The conditions, most favorable for formation of the most stable phase of paragonite-type hydromica in kaolinite interlayers, arise within paralic formations over the areas of alkaline caustobioliths formation in the course of metamorphism. In the case when halite and glauberite from salty coals make the principal source of sodium, brammalite generation begins in matatonsteins during anthracite formation. The process goes on until feldspars and micas begin active supply of potassium into chloride Cl-Ca-Na brine. From this moment on, brammalite in clay interlayers is being rapidly replaced with illite. Eventually, association of paragonite and muscovite-type hydromicas arises within the clay interlayers. If the principal source of the alkaline elements responsible for kaolinite hydromicization consists of terrigenous minerals from normal (nonsaline) coal-bearing masses (potassium feldspars, micas, plagioclases), exclusively illite develops within metatonsteins.

**Keywords:** salty coals, tonstein, metamorphism, brammalite, paragonite



**For citation:** Korobov A. D., Korobova L. A. On the role of salty coals in kaolinite transformation into paragonite-type hydromica within the Donbass tonsteins. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 272–283 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-272-283>, EDN: PLEBOD

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CCO-BY 4.0)

## Введение и обоснование проблемы

Принято считать, что натрий хотя и является одним из наиболее подвижных и широко распространенных компонентов в гидротермальных растворах, его роль в процессе образования слоистых силикатов в подавляющем большинстве случаев пассивна, а участие в формировании гидрослюдов и слюдов крайне ограничено. Это представление, с одной стороны, сложилось в результате изучения природных объектов, согласно которому основная часть содержащих щелочи глинистых минералов представлена калиевыми разновидностями. С другой – возникло в ходе термодинамического и экспериментального изучения гидротермального процесса, указывающего на трудности образования натриевых слюдов в сложных калийсодержащих системах, особенно в низкотемпературных условиях. Так, по мнению А. А. Попова [1], синтез парагонита из нагретых растворов вообще невозможен при температурах ниже 350°C даже в случае преобладания в системе натрия над калием. Эта точка зрения отражает один аспект проблемы, затрагивающий переходы и взаимосвязь натриевых и калиевых форм слюды в присутствии смешанного калиево-натриевого раствора. Другой аспект связан с преобразованием алюмосиликатных минералов, в том числе каолинита, в слюду при гидротермально-метасоматическом процессе. В связи с изложенным большой интерес представляют исследования гидрослюдизации глинистых минералов из прослоев, заключенных в толще углей Донбасса при метаморфизме.

Глинистое вещество в ископаемых углях встречается довольно часто. Для маловосстановленных углей (марки БД) Донецкого бассейна оно, как правило, всегда каолинитового состава. По мнению П. В. Зарицкого [2], чисто каолинитовый состав межугольных прослоев (так называемых тонштейнах) – следствие деградации исходного алюмосиликатного материала в кислой среде торфяника в стадии диагенеза. Тонштейны отмечены в угольных пластах среднего карбона Западного Донбасса. В пластах каолинитов  $m_3$ ,  $l_1$ ,  $k_5$ ,  $k_8$  они прослеживаются почти на всей площади распространения этих пластов и обычно выдержаны по мощности, колеблющейся от 0,01 до 0,1 м. В северных районах Донбасса также наблюдается парагенетическая связь каолинитовых прослоев, в частности, с маловосстановленными углями пластов  $m_3$  и  $k_8^4$  [3, 4]. Позже было установлено, что среди описываемых каолинитов низких и средних степеней метаморфизма Западного и Северного

Донбасса часто встречаются разности, обогащенные натрием. Они получили название соленых или щелочных углей [5–8]. К соленым следует относить каолиниты с содержанием воднорастворимого натрия в сухом угле более 0,3% [9]. А. В. Иванова и Т. А. Кривега [10] к соленым причисляют угли, содержащие более 0,5%  $Na_2O$  на сухую массу или более 2,0% на золу.

Л. Я. Кизильштейном с соавторами [11, 12] было выявлено, что в соленых углях некоторых районов Северного Донбасса тонштейны иногда меняют свой вещественный и химический состав. Так, в одном из наиболее перспективных для промышленного освоения угольном пласте  $k_2$  ( $k_2^H$ ) в глинистых прослоях наряду с доминирующим каолинитом появляются гидрослюды, а сами тонштейны обогащаются натрием (0,57%) и калием (0,21%). Этот факт демонстрирует определенную связь состава глинистых прослоев с составом вмещающих их каолинитов (система «минеральное вещество соленых углей – минеральное вещество тонштейнов»), в основе которой лежит геодинамическая обстановка угольных бассейнов [13].

Общезвестно, что, сжимаясь и уплотняясь под действием возрастающей геостатической (геодинамической) нагрузки и увеличивая уровень восстановленности (карбонизации) за счет нарастающего прогресса, угли «сбрасывают» рождающиеся в них горячие газодонные флюиды определенного состава в участки относительно низких давлений. Таковыми являются пласты-коллекторы, к которым относятся не только песчаники, песчано-гравийные породы, но и глинистые прослои, которые залегают между пачками углей и угленосными свитами. Нагретый газодонный флюид включается в гидротермальный процесс, действующий в пластах-коллекторах [14]. Однако при рассмотрении данной проблемы, геологи, к сожалению, не учитывают участие этого флюида (его состава) в преобразовании глинистых прослоев – тонштейнов. А ведь это представляет большой интерес, поскольку исследователями [2, 4, 15, 16] делаются попытки использовать характер химико-минеральных изменений тонштейнов в зависимости от степени метаморфизма каолинитов для синониимики пластов угля и корреляции угольных отложений.

Кроме того, применяются данные по переходу тонштейнов в метатонштейны с трансформацией каолинита в гидрослюда парагонитового и (или) мусковитового типа в качестве геологического термометра, фиксирующего превращение вмещающих их каменных углей в антрациты. Под метатонштейнами авторы статьи, вслед



за П. В. Зарицким [2], понимают преобразованные в гидрослюду каолиновые межугольные прослои в районах формирования каустобиолитов наиболее высоких степеней метаморфизма. Однако рассмотрение самих углей в таких случаях почему-то ограничивается лишь выяснением уровней их карбонизации. При этом не берутся во внимание геохимические особенности их изначального (нормальный, щелочной или обессоленный тип углей) и измененного в процессе метаморфизма состава. Источниками щелочных элементов при гидрослюдизации каолинита считаются только обломочные минералы угленосных толщ и захороненные морские воды с преобладанием натрия над калием [16]. Такой подход ставит под сомнение объективность выводов о том, что тонштейны являются надежными индикаторами обстановок преобразования любых вмещающих их каустобиолитов при метаморфизме.

Вместе с тем установлено [13], что в период формирования угленосного бассейна продуктивные толщи и переслаивающиеся с ними песчаники и глинистые прослои необходимо рассматривать как геологическое пространство единой гидротермальной системы, минералообразование которой во многом определяется не только меняющейся температурой, но и составом отделяющегося от каустобиолитов флюида. Значение последнего фактора в пределах Донецкого бассейна учитывалось лишь относительно редких, цветных и радиоактивных элементов [14,17,18].

Анализ литературы и вышеизложенный материал позволяют утверждать следующее. Если геология и геохимия щелочных металлов в ископаемых углях Донбасса достаточно хорошо изучены [6, 7, 10–12, 19–22 и др.], то влияние геохимических особенностей самих каустобиолитов на характер изменения вещественного состава глинистых прослоев в процессе метаморфизма практически не исследовано. Поэтому целью настоящей статьи является выяснение зависимости специфики гидрослюдизации каолинита тонштейнов от минерального состава карбонизирующихся углей (в первую очередь, соленых) Донецкого бассейна.

#### **Геохимические особенности метаморфизирующихся каустобиолитов и характер гидрослюдизации каолинита из межугольных отложений**

Месторождения соленых углей известны во многих странах мира. На Украине они сосредоточены главным образом в пределах Западного (бурые угли Петриковского и длиннопламенные Новомосковского месторождений), в меньшей мере Северного (Миллеровский район) Донбасса. Засоление паралических толщ морской водой осуществлялось в среднекаменноугольную эпоху [10, 19, 20].

Это подтверждают специальные исследования, проведенные Л. Я. Кизильштейном с соавторами [11, 12, 22]. Ими были изучены отношения стабильных изотопов водорода и кислорода пластовых рассолов этих угленосных отложений и связанных (поровых) вод из угольных пластов. Обобщив полученные данные, Л. Я. Кизильштейн с соавторами пришли к выводу, что пластовые рассолы толщ соленых каустобиолитов имеют седиментационное происхождение. Они формировались в условиях активного смешения морских и континентальных вод, характерного для обстановки прибрежно-морского осадконакопления. Аккумуляция натрия в угольных пластах в виде NaCl осуществлялась на стадии торфонакопления в результате проникающей в торф путем фильтрации или диффузии морской воды. При этом, по мнению Л. Я. Кизильштейна с соавторами [12, 22], обязательно должно соблюдаться главное условие – низкая стадия метаморфизма угольного вещества, при котором органическое вещество обогащается дериватами лигнина. Поэтому преимущественное накопление натрия в витрините угля свидетельствует о его син- и диагенетическом происхождении [5, 19, 20].

Участие морской воды в формировании соленых каустобиолитов также подтверждено рентгеноструктурными исследованиями на Новомосковском месторождении углей. Кроме того, этим методом были выявлены структурные отличия углей с повышенным содержанием щелочных металлов от изометаморфных несоленых каустобиолитов [23].

Изучение распределения натрия и калия в основных микрокомпонентах углей с повышенным содержанием щелочей в пределах северной окраины Донецкого бассейна, в частности, показало следующее. Натрий в основном концентрируется в гелефицированных микрокомпонентах каустобиолитов, где его содержание повышается с ростом степени разложения органического вещества. Калий главным образом связан с глинистым веществом, слагающим клеточные полости фюзена, а также прослои [11], к которым относятся и тонштейны.

Большой интерес представляет содержание натрия и хлора в соленых углях марки БД в рассматриваемом бассейне (табл. 1). Концентрация водорастворимого натрия возрастает с увеличением его общего количества в каустобиолитах, что видно из табл. 1. Однако водорастворимого элемента в общей массе натрия постепенно снижается. Важное значение имеет вопрос о формах связи щелочных металлов и хлора с органическим веществом угля. Проведенные исследования соленых углей Западного Донбасса с содержанием оксидов натрия 0,8–1,2% и хлора 0,6–1,0% на уголь при его зольности 4,4–30,1% показали, что большая часть натрия (72–90%)



Таблица 1

Содержание натрия и хлора в соленых углях марки БД пласта  $k_2$  северной части Донецкого бассейна [22], %

| Содержание натрия в углях |                  | Доля водорастворимого натрия от общего | Содержание хлора | Число анализов |
|---------------------------|------------------|--|------------------|----------------|
| общего                    | водорастворимого |  |                  |                |
| 0,2–0,4                   | 0,28             | 99,3                                   | 0,27             | 48             |
| 0,4–0,6                   | 0,35             | 70,0                                   | 0,35             | 62             |
| 0,6–0,8                   | 0,40             | 57,1                                   | 0,39             | 18             |
| 0,8–1,0                   | 0,45             | 50,0                                   | 0,43             | 7              |

является водорастворимой и представлена галитом, в меньшей степени – глауберитом [21, 23, 24]. Такой натрий легко вымывается, переходит в раствор и способен активно мигрировать. Оставшаяся часть натрия входит в поглощающий комплекс угля в форме гуматов и фульватов, вследствие этого она более устойчива в процессе водной экстракции [21, 22].

Из этого следует два принципиальных вывода. Во-первых, галит и глауберит являются минералами – индикаторами соленых углей параличских формаций Донбасса. Во-вторых, их участие в качестве поставщиков щелочей при гидрослюдизации каолинита тонштейнов необходимо учитывать в полной мере наряду с терригенными минералами угленосных толщ (полевыми шпатами, слюдами).

П. В. Зарицким [15, 25] установлено существенное различие в составе одних и тех же глинистых прослоев в районах развития каменных и антрацитовых углей исследуемого бассейна. Особенно это касается содержания щелочей и связанной воды. В частности, это отмечено для прослоев в пластах угля  $k_3^B$  и  $k_5^1$  в западных, северо-

ро-западных, северных и юго-восточных районах Донбасса. Здесь следует оговориться и еще раз напомнить, что П. В. Зарицкий во всех своих рассуждениях не принимал во внимание (или игнорировал?) существование щелочных углей, минералами – индикаторами которых являются галит и глауберит, что с методической точки зрения некорректно. Источником же подвижного натрия и калия он считал только захороненные в осадках морские воды и обломочные минералы угленосных толщ. Вместе с тем, проводя свои исследования, Зарицкий анализировал угольные пачки, среди которых наряду с нормальными часто встречаются пласты соленых каустобиолитов:  $k_5$ ,  $k_8$ ,  $l_1$ ,  $m_3$  [10, 21]. Это привело к сопоставлению неравнозначных объектов и серьезной путанице в выводах. Поэтому мы, решая поставленную задачу, попытаемся сравнить характер преобразования каолинитовых прослоев в щелочных и несоленых (нормальных) углях при схожем характере метаморфизма.

Так, в западной и северной частях бассейна, где залегают соленые каустобиолиты пласта  $k_5^1$  [6, 7], на территории развития углей

Таблица 2

Химический состав (средние значения, %) глинистых прослоев из углей [25]

| Районы бассейна по степени метаморфизма углей | Каменные      | Тощие и антрацитовые | Каменные      | Антрацитовые |
|---|---------------|----------------------|---------------|--------------|
| Индекс пласта                                 | $k_3^B$       | $k_3^B$              | $k_5^1$       | $k_5^1$      |
| Количество анализов                           | 2             | 1                    | 6             | 2            |
| SiO <sub>2</sub>                              | 50,83         | 46,13                | 45,54         | 46,03        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                | 36,44         | 36,28                | 34,75         | 35,98        |
| TiO <sub>2</sub>                              | 0,84          | 0,58                 | 0,73          | 0,78         |
| K <sub>2</sub> O                              | 0,32          | 3,64                 | 0,25          | 2,56         |
| Na <sub>2</sub> O                             | 0,32          | 1,10                 | 0,18          | 4,00         |
| CaO   | 0,12          | 0,67                 | 0,41          | 0,65         |
| MgO   | 0,24          | 0,66                 | 0,39          | 0,51         |
| MnO   | Не обнаружено | Не обнаружено        | Следы         | 0,002        |
| FeO   | 0,47          | 1,03                 | 0,91          | 1,32         |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                | 0,06          | 0,32                 | 0,65          | 0,23         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                 | 0,06          | 0,27                 | 0,17          | 0,23         |
| C <sub>орг.</sub>                             | 0,69          | 0,76                 | 3,47          | 0,94         |
| CO <sub>2</sub>                               | Не определено | Не определено        | 0,25          | 0,93         |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>                 | 11,68         | 6,99                 | 11,67         | 4,11         |
| S   | 0,06          | 0,14                 | 0,24          | Следы        |
| H <sub>2</sub> O <sub>гигр</sub>              | 1,58          | 1,33                 | Не определено | 1,62         |
| Сумма   | 103,71        | 99,90                | 99,61         | 99,89        |



низких и средних степеней метаморфизма межугольные прослои сложены каолинитом. В них отмечается незначительное содержание щелочей ( $K_2O - 0,25\%$ ;  $Na_2O - 0,18\%$ ), которое варьирует в небольших пределах (табл. 2). В районах же формирования углей марок ОС (отощено-спекающиеся) и особенно марок Т (тощие), ПА (полуантрациты) и А (антрациты) каолинит замещается гидрослюдой парагонитового и мусковитового типа.

В последнем случае (каустобиолиты марок А) в глинистых прослоях, при резко подскокившем содержании щелочей, преобладает натрий ( $Na_2O - 4,00\%$ ;  $K_2O - 2,56\%$ ), а среди минералов – гидрослюда парагонитового типа – браммалит. Количество связанной воды, соответственно, уменьшается до 4,11% против 11,67% в каолиновых глинах (см. табл. 2) [25]. Здесь важно подчеркнуть, что в осадочных породах браммалиты связаны, как правило, с гидротермальными процессами, причем распространены они только в угленосных формациях [26].

В случае нормальных каустобиолитов описываемые явления заметно меняются. Подтверждением сказанному служат особенности состава глинистых прослоев из пласта угля  $K_3^B$ , который не относится к категории соленых [7, 21]. На участках распространения каменных углей межугольные прослои представлены каолинитом с малой концентрацией щелочных элементов ( $K_2O - 0,32\%$ ;  $Na_2O - 0,32\%$ ). В зонах формирования каустобиолитов высоких степеней метаморфизма в глинистых прослоях при резко возросшем количестве щелочей преобладает

калий ( $K_2O - 3,64\%$ ;  $Na_2O - 1,10\%$ ), а среди минералов – гидрослюда мусковитового типа – иллит (см. табл. 2) [25].

Следовательно, в системе «минеральное вещество угленосных толщ – минеральное вещество тонштейнов» нарастающий метаморфизм вызывает, с одной стороны, обессоливание каустобиолитов и разрушение терригенных минералов, а с другой – приток и аккумуляция щелочей в каолините прослоев с последующей (близко-одновременной) трансформацией его в гидрослюды. Иными словами, прогрессирующие потери продуктивными толщами щелочей сопряжены с перераспределением элементов в тонштейны, где наблюдались их количественные и качественные изменения.

Из вышеизложенного вытекают важные выводы. Во-первых, доминирование натрия над калием в составе тонштейнов и, как следствие, развитие в них гидрослюд парагонитового типа при метаморфизме необходимо связывать с преобразованием паралических формаций, в которых широко развиты соленые угли – доноры натрия. Во-вторых, преобладание калия над натрием в составе межугольных глинистых прослоев и трансформация каолинита в гидрослуду мусковитового типа при метаморфизме вызваны участием в этом процессе нормальных (несоленых) углей.

Наблюдения показывают широкий разброс содержания калия и натрия в определенных образцах глинистых прослоев Донецкого бассейна (табл. 3). С учетом ограниченного изоморфизма этих элементов в природных слюдах [27] можно

Таблица 3

Содержание щелочных элементов (%) в тонштейне и метатонштейне каменных углей и антрацитов [2, с. 59]

| Вид глинистого прослоя<br>(тип углей и степень метаморфизма)  | Место отбора<br>(шахта, район)         | $K_2O$ | $Na_2O$ |
|---|--|--------|---------|
| Тонштейны<br>(каменные низкой и средней степени метаморфизма) | Украина (г. Коммунарск)                | 0,19   | 0,11    |
|   | 1 им. Кирова Донецко-Макеевский        | 0,13   | Следы   |
|   | 2 Северная (г. Краснодон)              | 0,31   | 0,36    |
|   | 3–10 Холодная Балка Донецко-Макеевский | 0,27   | 0,20    |
|   | им. Румянцева (Центральный)            | 0,94   | 0,22    |
|   | 2 Северная (г. Краснодон)              | 0,29   | 0,34    |
|   | 4–5 Никитовка (Центральный)            | 0,52   | 0,11    |
| Метатонштейны (антрациты)                                     | 1–2 Войкова (г. Екатеринбург)          | 3,78   | 3,15    |
|   | –                                      | 4,52   | 3,20    |
|   | –                                      | 3,66   | 1,83    |
|   | Львовская-Комсомольская                | 4,24   | 0,50    |
|   | 63                                     | 5,44   | 2,02    |
|   | 1–2 Свердлова (г. Екатеринбург)        | 5,60   | 1,56    |
|   | Красный Партизан                       | 5,53   | 1,56    |
|   | –                                      | 1,56   | 4,36    |
|   | –                                      | 1,51   | 4,56    |
|   | –                                      | 1,42   | 6,00    |
|   | 26 Гуковская (г. Гуково)               | 2,20   | 3,86    |
| –   | 2,22                                   | 3,78   |         |



утверждать, что в таких случаях в формировании метатонштейнов участвует гидрослюда мусковитового и парагонитового типа [16, 28]. Общеизвестно, что мусковит является часто встречающимся минералом. Парагонит же весьма редок. Мусковит возникает при 350–500°C и давлении до 1000 атм из смешанных растворов, в которых не только калий преобладает над натрием, но и, наоборот, последний элемент превалирует над первым [1]. При метаморфизме в образовании гидрослюды парагонитового типа исключительную роль играют горячие хлоридно-натриевые рассолы, насыщающие каолинитовую массу тонштейнов [26]. Однако, по мнению Г. В. Карповой [26], а также В. А. Дрица и А. Г. Коссовской [29], механизм гидрослюдизации каолинита в щелочной среде ката- и метагенеза пока до конца не ясен.

Принято считать [2, 30, 31], что источниками щелочей при гидрослюдизации каолинита тонштейнов или пластовых коллекторов (песчаников) могли быть углеводородные породы с неустойчивыми обломочными минералами (плагиоклазами, слюдами, калиевыми полевыми шпатами), поставляющими калий и натрий в растворы в ходе метаморфизма. Однако некоторые авторы считают, что наряду с терригенным комплексом в паралической толще донецкого карбона широким распространением пользуются аутигенные галит и глауберит – характерные минералы соленых углей. Их устойчивость в широком диапазоне температур намного ниже, чем полевых шпатов. Из этого можно предположить большое преимущество галита и глауберита щелочных углей по сравнению с полевыми шпатами и другими минералами угленосных толщ в обогащении натрием тонштейнов и междуугольных коллекторов в процессе метаморфизма. Остановимся на этом вопросе подробнее и рассмотрим сначала участие галита и глауберита, а затем минералов терригенного комплекса в образовании гидрослюды при метаморфизме соленых и нормальных углей соответственно.

*Роль галита и глауберита соленых углей в формировании браммалита*

Анализ литературных данных показывает, что угли с повышенным содержанием щелочных металлов, как правило, находятся на низких

стадиях метаморфизма. Исключение составляют районы, где, несмотря на достигнутый часто высокий уровень зрелости каустобиолитов, отсутствовали условия активного водообмена, содействующие выносу продуктов метаморфизма. В таких случаях даже интенсивно метаморфизованные угли продолжают сохранять заметное содержание щелочей [21]. В обычных же обстановках с ростом степени восстановленности происходит отчетливое снижение концентрации натрия в каустобиолитах, т. е. наблюдается их обессоливание (табл. 4). Так, в пределах Северного Донбасса среднее содержание натрия в углях марок БД (бурые-длиннопламенные) составляет 0,48%, Д = ОС (длиннопламенные – газовые – жирные – коксовые – отощенно-спекающиеся) – 0,18%, А (антрацитовые) – 0,08% [22]. В тонштейнах же, соответствующих этому ряду нарастающей карбонизации углей (марки БД → А), напротив, отмечается накопление более чем на порядок натрия (0,24 → 2,86% Na<sub>2</sub>O) (табл. 5), протекающее параллельно с замещением каолинита гидрослюдой парагонитового и парагонит-мусковитового типа [2, 16].

При этом выявлено, что эмиграция натрия осуществляется в хлоридной и гуматной формах вследствие сокращения объема пор и потери функциональных групп молекулой угля. Так, в поровом растворе, извлеченном путем отжатия из проб углей марки БД (бурые-длиннопламенные), содержалось 4,7 г/л натрия. В поровых растворах угля марки К (коксовый) количество натрия составило всего 0,25 г/л. Вынос натрия, связанный с гуминовыми кислотами, вероятно, происходит при метаморфизме пропорционально потере функциональных групп COOH и OH ароматическими структурами угольного вещества [12].

Приведенные в табл. 5 данные говорят о том, что флюиды, обогащенные продуктами обессоливания углей, поступают в тонштейны, где накапливаются. Но тут возникает закономерный вопрос: как быть с экраняющей способностью глин, которая должна препятствовать такой аккумуляции? Чтобы ответить на него, рассмотрим свойства двух широко распространенных глинистых минералов – монтмориллонита (сметита) и каолинита. Прежде всего необходимо вспомнить, что водоупорным (флюидоупорным) монтмориллонит является лишь при его обводнении в условиях низких температур, когда

Таблица 4

**Среднее содержание натрия в углях пласта к<sub>2</sub> разной степени метаморфизма северной части Донбасса [22], %**

| Район                | Марка углей | Среднее содержание натрия |
|----------------------|-------------|---------------------------|
| Миллеровский         | БД          | 0,48                      |
| Каменско-Гундровский | Ж           | 0,12                      |
| Каменско-Гундровский | К           | 0,08                      |
| Гуково-Зверевский    | А           | 0,06                      |



Таблица 5

Среднее содержание натрия в соленых низкометаморфизованных углях, их высококарбонизированных разностях [22] и соответствующих им глинистых прослоях [2], %

| Образец      | Количество анализов | Na <sub>2</sub> O |         |
|--------------|---------------------|-------------------|---------|
|              |                     | Предел колебания  | Среднее |
| БД           | –                   | –                 | 0,48    |
| Тонштейн     | 24                  | 0,04–0,36         | 0,24    |
| Д=ОС         | –                   | –                 | 0,18    |
| Тонштейн     | –                   | –                 | –       |
| А            | –                   | –                 | 0,08    |
| Метатонштейн | 29                  | 0,35–5,00         | 2,86    |

давление набухания достигает 0,2 МПа [32] и практически исключает движение растворов. В гидротермальных же системах картина радикально меняется.

По данным И. А. Бриллинга [33], проницаемость монтмориллонитового образца при увеличении температуры от 20 до 80°C возрастает более чем на два порядка. При росте температуры от 20 до 90°C коэффициент проницаемости для каолинита увеличивается в 3–5 раз, а для монтмориллонита – на порядок и более. Рост проницаемости глин с увеличением температуры обусловлен разрушением (освобождением) связанной воды. По мере повышения температуры все больший объем жидкости будет переходить в свободное состояние, увеличивая тем самым эффективную пористость породы. Более значительный эффект влияния температуры на изменение проницаемости, отмеченный в смектитовых глинах, объясняется их повышенными гидратирующими свойствами. В результате сказанного относительный объем выделяемой в свободное состояние связанной воды в этих глинах будет много выше, чем, например, в каолинитовых из тонштейнов. Вместе с тем в целом заметное возрастание проницаемости глин в условиях высоких температур дало возможность В. М. Гольдбергу и Н. П. Скворцову [34] говорить о значительном увеличении конвективной составляющей вертикального движения глубинных горячих вод. В свою очередь, это способствовало росту массообмена между щелочными углями и гидрослюдизирующимся каолинитом прослоев, поскольку коллекторские свойства тех и других с нарастанием метаморфизма улучшаются [35].

Об аккумуляции продуктов обессоливания каустобиолитов свидетельствует минерализация подземных растворов из щелочных угольных пластов  $k_2$  ( $k_2^A$ ) и глинистых прослоев (тонштейнов) среднего карбона, которая составляет 41–128 г/л. По классификации И. К. Зайцева [36] эти растворы относятся к слабым рассолам. Их химический состав, в первую очередь обусловленный составом растворившихся галита и глауберита, преимущественно Cl–Ca–Na, а тип – хлоридный [12].

Наличие рассолов в системе «минеральное вещество щелочных углей – минеральное вещество тонштейнов» представляет большой интерес и заставляет задуматься о том, какие еще причины способствовали широкому площадному пропитыванию и насыщению порового пространства глинистых прослоев этими растворами. И как это влияло на масштабную гидропарагонитизацию каолинита.

Здесь необходимо акцентировать внимание на том факте, что проницаемость горной породы по отношению к пресной воде отличается от ее проницаемости для рассолов. По отношению к растворам хлористого натрия проницаемость обычно увеличивается по мере роста концентрации соли. Установлено, что глинистые минералы при уменьшении степени влияния на проницаемость располагаются в следующем порядке: монтмориллонит → иллит → каолинит. При этом различие глинистых минералов в отношении проницаемости исчезает по мере увеличения концентрации раствора хлористого натрия [32, 34].

В этой связи важно подчеркнуть, что именно под действием таких горячих минерализованных вод хлоридного типа каолинит тонштейнов Донецкого бассейна замещается парагонитовой гидрослюдой (браммалитом) в процессе метаморфизма [26, 37]. Однако Г. В. Карпова [37] считает, что такие рассолы из водонапорных горизонтов имеют глубинное происхождение и связаны с гидротермальным подтоком минерального вещества. Во многом схожие явления, сопряженные с параличскими каменноугольными отложениями ( $C_1v$ ,  $C_2b$ ) Львовско-Валынского бассейна, описывает Д. П. Бобровник [38]. Там высоконапорные значительно минерализованные хлоридно-натриевые воды при метатенезе проникали по трещинам в горизонты междуугольных аргиллитов, где происходило образование гидропарагонита (браммалита).

Большой интерес представляют результаты реконструкции первоначального состава хлоридных вод из щелочных углей, осуществленной путем снятия влияния позднейшей метаморфизации и выполненной по методике М. Г. Валяшко [39]. Исследования еще раз показали,



что генетическим предшественником пластовых рассолов были морские воды, в которых концентрация натрия примерно в 25 раз превышала содержание калия [12]. Сказанное имеет большое значение, поскольку относительно нахождения парагонита в природных образцах (продуктах метасоматоза) выявлено, что он становится устойчивой фазой при появлении натриевых гидротерм, в которых почти нет примеси калия, а соотношение в растворах  $Na/K \geq 30$  [40]. Это условие в значительной степени реализуется, когда мы имеем дело с метаморфизующимися солеными углями (донорами натрия), обеспечивающими, как уже отмечалось, присутствие в глинистых прослоях хлоридных рассолов  $Cl-Ca-Na$  состава с концентрацией натрия в 25 раз более высокой, чем калия. Этот баланс щелочей очень близок к той величине ( $\geq 30$ ), при которой, согласно Г. К. Хелгесону [40], в гидротермальной системе появляется парагонит или его гидрослюдизированная разность браммалита.

Поэтому, в соответствии с вышеизложенным, можно еще раз подчеркнуть, что только в паралических формациях на площадях развития щелочных каустобиолитов в метатонштейнах создаются наиболее благоприятные условия для формирования устойчивой фазы парагонита или браммалита.

*Роль полевых шпатов и слюд межугольных песчаников в формировании иллита при метаморфизме несоленых каустобиолитов*

Авторы данной статьи в полной мере отдают себе отчет в том, что сравнивать при метаморфизме поведение каолинита из тонких крепко сросшихся с углем прослоев (тонштейнов) с каолинитом цемента песчаников из межугольных горизонтов не корректно. Вместе с тем мы умышленно идем на это, чтобы детально рассмотреть обстановку, где в качестве источников щелочных элементов при слюдизации каолинита были обломочные минералы несоленых угленосных толщ, входящих в состав песчаников. В качестве примера взяты песчаные породы свиты  $S_2^6$  и  $S_2^7$  Донецкого бассейна, где, по данным В. Т. Белоусовой [30], установлена взаимосвязь между стадиями метаморфизма углей и степенью измененности осадочных толщ.

Исследуемые песчаники по гранулометрическому составу относятся к мелко-, средне- и крупнозернистым разностям. Среди них наблюдаются мономинеральные кварцевые, а также полевошпатово-кварцевые малослюдистые и слюдястые разности. Обломочный материал состоит из кварца, полевых шпатов (альбита, олигоклаза, ортоклаза и микроклина), слюд (мусковита и биотита), хлорита и обломков пород. Для свит  $S_2^6$  и  $S_2^7$  Донецкого бассейна наиболее низкими по степени метаморфизма являются угли БД.

Сопоставление состава коллоидных (глинистых) фракций, извлеченных из песчаников разных стадий эпигенеза и соответствующих растущему уровню углефикации, позволяет наметить следующий ход их изменений [30]. Так, в цементе песчаников Центрального района, залегающих в толще углей переходных от бурых к длиннопламенным (БД), присутствует аутигенный каолинит. Кроме того, там наблюдаются гидрослюды, монтмориллонит и смешаннослойные образования, являющиеся продуктами изменения биотита.

Песчаники из разрезов с длиннопламенными углями (подстадии  $D_1$ ) отличаются началом гидрослюдизации крупночешуйчатого аутигенного каолинита. В цементе песчаников, соответствующих стадиям жирных (Ж) и коксующихся (К) каустобиолитов, наблюдается широкое развитие смешаннослойных образований и крупночешуйчатых гидрослюдов за счет разрушения биотита, мусковита и метасоматического замещения крупночешуйчатого каолинита. Количество каолинита здесь почти равно содержанию гидрослюдов.

Песчаные породы из разрезов с отошенно-спекающимися (ОС) и тощими (Т) углями Анненского участка Селезневского района характеризуются тем, что основным минералом глинистой фракции из цемента являются гидрослюды мусковитового типа (иллиты), которые могли нацело заместить каолинит. Количество смешаннослойных образований в коллоидной фракции резко уменьшается, а каолинит не диагностирован вообще.

Наконец, в цементе песчаников, залегающих в толще полуантрацитовых (ПА) (Чистяково-Снежнянский район, Ждановский участок) и антрацитовых (А) (Должанско-Ровенский район) каустобиолитов отмечается интенсивная мусковитизация гидрослюдов наряду с процессами окварцевания и хлоритизации. Глинистая фракция, выделенная из описываемых песчаников, сложена гидрослюдами мусковитового типа с примесью хлорита [30]. Аналогичное перерождение каолинита в гидрослуду мусковитового типа описывает Г. В. Карпова [41] в угленосных полифазальных отложениях антрацитовых районов Центрального и Юго-Восточного Донбасса.

В тенденции поведения глинистых минералов, о которой только что говорилось, особый интерес представляет судьба аутигенного каолинита, как и в случае тонштейнов, типичного компонента вмещающих углей самых низких стадий карбонизации. Направление и характер метасоматических преобразований каолинита с ростом метаморфизма углей в таких случаях можно представить в следующем виде: [БД] каолинит  $\rightarrow$  [ $D_1$ ] каолинит + (гидрослюда)  $\rightarrow$  [Ж, К] каолинит + гидрослюда (иллит) + смешанно-





слоистые образования (ССО)  $\rightarrow$  [ОС, Т] иллит + + (ССО)  $\rightarrow$  [ПА, А] иллит.

Отмеченные преобразования развиты в районах, где в каменноугольных отложениях происходит переход от преимущественно сульфатно-хлоридно-натриево-кальциевых через сульфатно-хлоридно-натриевые к хлоридно-натриевым водам с минерализацией 5–6 г/л на глубине 400–700 м [30, 42]. Мы видим отсутствие хлоридно-натриевых рассолов на площадях развития нормальных углей. Это свидетельствует о чрезвычайно низкой активности натрия при гидрослюдизации каолинита в период интенсивного метаморфизма каустобиолитов. Следствием этого явилось и отсутствие гидрослюдов парагонитового типа, но, с другой стороны, – широкомасштабное развитие иллита. Сказанное подтверждает вывод Г. В. Карповой [26] о том, что процесс парагонитизации в осадочных породах связан с гидротермальной деятельностью, в которой участвуют высокоминерализованные хлоридно-натриевые растворы.

### Результаты и их обсуждение

Л. Я. Кизильштейн с соавторами [11, 12] отмечает в составе соленых углей значительное количество кварца, полевых шпатов и карбонатов. Из их числа минералами – носителями щелочных металлов – в первую очередь являются полевые шпаты, у которых натрий и калий входят в состав кристаллической решетки. Однако в качестве поставщиков натрия они ни в какое сравнение не идут с галитом и глауберитом. Галит легко растворяется в воде до 35% при комнатной температуре. При повышении температуры на десятки градусов его растворимость мало меняется. Это позволяло напитывать хлоридно-натриевыми рассолами почти без примеси калия каолиновые межугольные прослои, соответствующие низким и, вероятно, средним стадиям метаморфизма щелочных каустобиолитов. Так создавался тот необходимый «резерв чистого натрия», который за время своего существования гарантировал перерождение каолинита в браммалит при возникновении антрацитов.

Сказанное в какой-то степени напоминает необычную обстановку гидротермально-метасоматического процесса на Славянском ртутном месторождении Донбасса, где наблюдается зональность аподиабазовых аргиллизитов (от внешних зон к внутренним): монтмориллонит  $\rightarrow$  каолинит  $\rightarrow$  гидрослюда парагонитового типа + гидрослюда мусковитового типа [43]. В выявленной метасоматической зональности необходимо обратить внимание на каолиновую зону, которая сменяется зоной гидрослюдов. Здесь важно подчеркнуть аномальное поведение натрия в ряду низкотемпературных глинистых минералов, где он образует парагонитовую гидрослуду. Последняя, видимо, формируется

в том же интервале температур, что и иллит, содержащий смешаннослойные образования (150–250°C) [29], поскольку два вида гидрослюдов слагают одну и ту же зону на ртутном месторождении.

Необычное поведение натрия при низких температурах Е. Г. Куковский с соавторами [43] объясняют присутствием в непосредственном контакте с аргиллизитами штока каменной соли, обеспечивающего чрезвычайно высокую активность натрия в гидротермальных растворах. В этой связи можно допустить, что в какой-то степени роль штока каменной соли в судьбе тонштейнов играли щелочные угли Донбасса.

Следовательно, благоприятные условия для развития браммалита метатонштейнов изначально складываются в прибрежно-морских угленосных формациях. Они господствуют там в процессе нарастающего метаморфизма до того момента, пока «инертные» полевые шпаты не начнут активно поставлять калий в раствор, уничтожая «резерв чистого натрия». При этом образование гидрослюды парагонитового типа по каолиниту быстро завершалось и уступало место развитию гидрослюды мусковитового типа. Именно поэтому кристаллы исходного мономинерального каолинита при метаморфизме превращались в двухфазные образования, состоящие из браммалита и иллита [2, 16]. При таком развитии событий браммалит должен был формироваться раньше иллита. Это доказывает тем, что обратный процесс замещения калия натрием редко приводил к возникновению гидрослюды парагонитового типа, несмотря на то что в Донбассе в тонштейнах и поровых растворах из них с ростом карбонизации часто наблюдается увеличение  $\text{Na}_2\text{O}$  [26, 41]. По данным В. А. Дрица и А. Г. Коссовской [29], среди мусковитов и парагонитов возможен ограниченный изоморфизм межслоевых катионов. В мусковитах обычно содержится 0,5–1,5%  $\text{Na}_2\text{O}$ , максимальные значения которого достигают 2,0%. В парагоните возможна более высокая степень замещения натрия на калий. Это, в соответствии с нашими представлениями, продлевает процесс замещения каолинита браммалитом.

В том случае, если каустобиолиты были нормальными (несолеными), то единственным поставщиком щелочей в рассматриваемом процессе становились полевые шпаты, редко – слюды угленосных толщ. При этом не могли формироваться хлоридно-натриевые рассолы, обильно насыщающие каолиновые прослои и обеспечивающие абсолютное доминирование натрия над калием в период образования антрацитов. Это приводило к широкомасштабной иллитизации каолинита и отсутствию браммалита. Сказанное находится в соответствии с теоретическими представлениями А. А. Попова [1], который относительно нахождения парагонита



в природных образованиях рассматривал два варианта. Первый, когда температуры метаморфизма значительно превышали 350°C, и второй, характерный для нашего случая, когда возможно появление гидротермальных натриевых растворов почти без примеси калия с температурой до 300°C [40]. В нашем случае, по мнению А. А. Попова [1], такие условия создаются в специфической обстановке отдельных зон регионального метаморфизма, не связанных с поступлением растворов извне, и при отсутствии обмена между зонами. Понятно, что речь здесь идет о зонах, в которых сосредоточены хлоридные рассолы Cl-Ca-Na состава, так называемый «резерв чистого натрия». Сказанное согласуется с проведенными в 1973 г. исследованиями, показавшими, что наиболее метаморфизованные антрациты Донбасса не испытывали воздействия температур выше 300°C, иногда до 350°C. А температуры превращения каменных углей в антрациты Донбасса без учета геохимических особенностей каустобиолитов, по данным преобразования тонштейнов в метатонштейны, полученным П. В. Зарицким [2], оказываются завышенными, лежащими в интервале 350–400°C.

Следовательно, при метаморфизме судьба тонких крепких сросшихся с углем глинистых прослоев – тонштейнов, состоящих из реакционноспособного каолинита, в значительной степени зависит от минералого-геохимических особенностей вмещающих каустобиолитов – нормальных или щелочных. Это выражается в том, что только в прибрежно-морских формациях в зонах распространения соленых углей в метатонштейнах, соответствующих этапу формирования антрацитов, возникают самые оптимальные, но кратковременные обстановки для образования гидрослюда парагонитового типа. Во всех остальных случаях господствует гидрослюда мусковитового типа. Этим объясняется то, что формирование браммалита представляет собой довольно редкое явление, не часто в полной мере реализуемое в природе и обусловленное специфическими условиями.

### Заключение

Проведенные исследования позволяют утверждать следующее.

1. Характер гидрослюдизации каолинита тонштейнов Донецкого бассейна в процессе метаморфизма контролируется типом вмещающих углей – нормальных и (или) соленых.

2. В качестве источников натрия и калия при гидрослюдизации каолинита, наряду с терригенными минералами угленосных толщ и захороненными морскими водами, необходимо особо выделять аутигенные минералы соленых углей (галит и глауберит).

3. Наиболее благоприятные условия для формирования устойчивой фазы гидрослюда парагонитового типа в каолинитовых прослоях создаются в паралических формациях на площадях развития щелочных каустобиолитов, испытывающих метаморфизм.

На протяжении всего процесса торфо- и углеобразования взаимоотношение каустобиолитов и натрия трансформируется дважды. На первом этапе торфообразования и гумификации торфяники и отчасти бурые угли накапливают в себе натрий под действием морских вод в виде галита и глауберита. Появляются щелочные угли.

На втором этапе вследствие углефикации и потери огромных масс воды и газов каустобиолиты становятся источником и активным участником перераспределения натрия за счет растворения галита и глауберита. Развивается процесс обессоливания углей. Это вызывает насыщение глинистых междуугольных прослоев хлоридными практически бескалиевыми рассолами Cl-Ca-Na состава на низких и, вероятно, средних стадиях карбонизации каустобиолитов.

4. В том случае, когда главным источником натрия являются галит и глауберит соленых углей, в метатонштейнах при формировании антрацита начинает образовываться браммалит. Процесс продолжается до тех пор, пока полевые шпаты и слюды не начнут активно поставлять калий в хлоридный Cl-Ca-Na рассол. С этого момента браммалит в глинистых прослоях стремительно уступает место иллиту. В итоге в глинистых прослоях возникает ассоциация гидрослюда парагонитового и мусковитового типа.

5. Если же основным источником щелочных элементов, обуславливающих гидрослюдизацию каолинита, будут терригенные минералы нормальных (несоленых) угленосных толщ (калиевые полевые шпаты, слюды, плагиоклазы), то в метатонштейнах станет развиваться исключительно иллит.

### Библиографический список

1. Попов А. А. Синтез мусковита и парагонита при температурах 350–500°C // Геохимия. 1967. № 10. С. 1064–1070.
2. Зарицкий П. В. Превращение каолинита в гидрослюда в тонштейнах Донбасса // Минералогический журнал. 1987. Т. 9, № 3. С. 54–64.
3. Лескевич И. Е., Савчук С. В. Каолинит в нижнекарбоневых углях Западного Донбасса // Доклады АН СССР. 1961. Т. 137, № 5. С. 1206–1208.
4. Зарицкий П. В. Так называемые тонштейны в угольных пластах Донбасса и их генезис // Доклады АН СССР. 1967. Т. 177, № 2. С. 422–425.
5. К вопросу о генезисе углей с повышенным содержанием натрия / А. И. Егоров, М. Н. Егорова, Л. Я. Кизильштейн, В. В. Гальчиков, Ю. А. Федоров // Ресурсы твердых горючих ископаемых, их



- увеличение и комплексное рациональное использование в народном хозяйстве : VII Всесоюзное угольное совещание : тезисы докладов. Ростов н/Д, 1981. С. 374–376.
6. *Иванова А. В., Пожидаев С. Д.* К вопросу о соленых углях Донбасса // Угольные бассейны и условия их формирования : VI Всесоюзное геологическое угольное совещание : тезисы докладов : в 2 частях. Львов, 1980. Ч. 1. С. 109–110.
  7. *Кизильштейн Л. Я., Гальчиков В. В., Лосева А. Ф., Смахтин Л. А.* Угли с повышенным содержанием щелочей в Донецком бассейне // Угольные бассейны и условия их формирования : VI Всесоюзное геологическое угольное совещание : тезисы докладов : в 2 частях. Львов, 1980. Ч. 2. С. 30–32.
  8. *Пожидаев С. Д., Грицай Р. А., Иванова А. В.* О генезисе соли в углях Западного Донбасса // Угольные бассейны и условия их формирования : VI Всесоюзное геологическое угольное совещание : тезисы докладов : в 2 частях. Львов, 1980. Ч. 2. С. 100–101.
  9. *Клер В. Р., Дик Э. П., Жаров Ю. Н.* Изучение соленых углей // Разведка и охрана недр. 1987. № 2. С. 30–34.
  10. *Иванова А. В., Кривега Т. А.* Соленые угли Западного Донбасса. Киев : Наукова думка, 1985. 123 с.
  11. *Кизильштейн Л. Я., Вялов В. И., Гальчиков В. В.* Распределение натрия в углях северной части Донецкого бассейна // Известия вузов. Геология и разведка. 1983. № 2. С. 70–77.
  12. *Кизильштейн Л. Я., Гальчиков В. В., Федоров Ю. А.* Натрий и калий в микрокомпонентах углей Северного Донбасса // Химия твердого топлива. 1983. № 4. С. 36–42.
  13. *Коробов А. Д., Коробова Л. А.* Метаморфизм угленосных толщ и гидротермально-метасоматические фации междуугольных терригенных пластов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2021. № 11. С. 52–62.
  14. *Холодов В. Н.* Геохимия осадочного процесса. Москва : ГЕОС, 2006. 608 с. (Труды ГИН РАН. Вып. 574).
  15. *Зарицкий П. В.* Междуугольные каолиновые прослои Донецкого бассейна // Литология и полезные ископаемые. 1977. № 6. С. 134–139.
  16. *Зарицкий П. В.* Изменение химико-минерального состава междуугольных прослоев (тонштейнов) в зависимости от степени метаморфизма вмещающих углей // Геологический журнал. 1983. Т. 43, № 1. С. 59–66.
  17. *Сапрыкин Ф. Я., Клер В. Р., Кулачкова А. Ф.* Геохимические особенности концентрации редких элементов в различных фациальных типах отложений угленосных формаций // Угленосные формации и их генезис. Москва : Наука, 1973. С. 126–138.
  18. *Таранушич Ф. Ф.* Элементы – примеси в углях Восточного Донбасса // Литология и полезные ископаемые. 2003. № 1. С. 97–104.
  19. *Иванова А. В.* Геолого-генетические факторы засоления углей Западного Донбасса // Доклады АН УССР. Серия Б. 1983. № 1. С. 12–17.
  20. *Иванова А. В.* Петрохимические факторы засоления углей Западного Донбасса // Доклады АН УССР. Серия Б. 1983. № 4/6. С. 6–9.
  21. *Иванова А. В.* Соленые угли Украины // Литология и полезные ископаемые. 2004. № 3. С. 298–303.
  22. *Кизильштейн Л. Я., Федоров Ю. А., Лутохин А. Г., Гальчиков В. В.* Натрий в углях Донбасса // Разведка и охрана недр. 1984. № 2. С. 33–36.
  23. *Ковалев К. Е., Шендрик Т. Г., Крыпина Л. М.* Рентгеноструктурные исследования соленых углей Новомосковского месторождения Западного Донбасса // Физико-химическая активизация углей. Киев : Наукова думка, 1989. С. 64–69.
  24. *Симонова В. В., Шендрик Т. Г.* Минеральные компоненты соленых углей и их превращение в окислительных условиях // Химия твердого топлива. 1995. № 6. С. 81–87.
  25. *Зарицкий П. В.* Междуугольные каолиновые прослои («тонштейны») Донбасса // Записки Всесоюзного минералогического общества. Вторая серия. 1970. Ч. 99, вып. 5. С. 619–625.
  26. *Карпова Г. В.* Глинистые минералы и их эволюция в терригенных отложениях. Москва : Недра, 1972. 174 с.
  27. *Полов А. А.* Калий и натрий в природных мусковитах и парагонитах // Труды минералогического музея АН СССР. 1969. Вып. 19. С. 61–69.
  28. *Зарицкий П. В.* О гидрослюдизации каолиновых прослоев // Доклады АН СССР. 1973. Т. 210, № 2. С. 438–440.
  29. *Дриц В. А., Коссовская А. Г.* Глинистые минералы: слюды, хлориты. Москва : Наука, 1991. 178 с.
  30. *Белоусова В. Т.* Эпигенетические изменения песчанников свит  $C_6^2$  и  $C_7^2$  Донецкого бассейна // Вопросы метаморфизма углей и эпигенеза вмещающих пород. Ленинград : Наука, 1968. С. 238–251.
  31. *Зарицкий П. В.* К вопросу об изменении состава междуугольных прослоев (тонштейнов) при переходе от каменных углей к антрацитами // Осадочные породы и руды. Киев : Наукова думка, 1984. С. 97–102.
  32. *Грим Р. Э.* Минералогия и практическое использование глин. Москва : Мир, 1967. 603 с.
  33. *Бриллинг И. А.* Влияние температуры и давления на фильтрационные свойства глин // Связанная вода в дисперсных системах. Москва : Издательство Московского университета, 1977. Вып. 4. С. 130–135.
  34. *Гольдберг В. М., Скворцов Н. П.* Влияние температуры и минерализации подземных вод на проницаемость глинистых водоупоров // Гидрогеология. Инженерная геология и строительные материалы. Москва : Наука, 1980. С. 73–77.
  35. *Сыроватко М. В.* Гидрогеология и инженерная геология при освоении угольных месторождений. Москва : Госгортехиздат, 1960. 500 с.
  36. *Зайцев И. К.* Вопросы классификации и генезиса промышленных вод и рассолов // Труды научно-технического совещания по гидрогеологии и инженерной геологии. Вып. 2. Минеральные, термальные и промышленные воды. Москва : Недра, 1968. С. 152–164.



37. Карпова Г. В. О парагонитовых гидрослюдах в терригенных породах Большого Донбасса // Доклады АН СССР. 1966. Т. 171, № 2. С. 443–445.
38. Бобровник Д. П. Гидропарагонит в аргиллитах визейского и нижненаюрского ярусов Львовско-Волынского каменноугольного бассейна // Минералогический сборник Львовского государственного университета. 1977. № 31, вып. 1. С. 81–84.
39. Валяшко М. Г. Геохимия и генезис рассолов Иркутского амфитеатра. Москва : Наука, 1965. 159 с.
40. Хелгесон Г. К. Комплексообразование в гидротермальных растворах. Москва : Мир, 1967. 273 с.
41. Карпова Г. В. О мусковитовых гидрослюдах в угленосных полифациальных отложениях // Литология и полезные ископаемые. 1967. № 6. С. 15–27.
42. Соляков И. П. Водоносные горизонты каменноугольных отложений // Гидрогеология СССР : в 7 томах. Т. 6. Донбасс. Москва : Недра, 1971. С. 84–103.
43. Куковский Е. Г., Мовчан Н. П., Шевченко В. И., Щербань И. П. Роль натрия в процессе гидротермальной аргиллизации вмещающих пород Славянского ртутного месторождения в Донбассе // Доклады АН УССР. Серия Б. 1982. № 3. С. 18–21.

Поступила в редакцию 04.09.2023; одобрена после рецензирования 12.10.2023; принята к публикации 18.10.2023

The article was submitted 04.09.2023; approved after reviewing 12.10.2023; accepted for publication 18.10.2023



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 284–292

*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 284–292

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-284-292>, EDN: YRTTFO

Научная статья

УДК 563.45(116.3:470.4)

## Ирригационная система позднемеловых гексактинеллид (Porifera, Hexactinellida)

Е. М. Первушов



Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Первушов Евгений Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры исторической геологии и палеонтологии, [pervushovem@mail.ru](mailto:pervushovem@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7962-0274>

**Аннотация.** В структуре скелета средне- и толстостенных гексактинеллид элементы ирригационной системы приумножали площадь активной фильтрационной поверхности. Строение остий и поперечных каналов, плотность их расположения соотносятся со значениями толщины стенки, габитусом скелета, уровнем модульной организации и во многом обусловлены параметрами среды обитания губок.

**Ключевые слова:** каналы продольные и поперечные, элементы дермальной и парагастральной скульптуры

**Для цитирования:** Первушов Е. М. Ирригационная система позднемеловых гексактинеллид (Porifera, Hexactinellida) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 4. С. 284–292. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-284-292>, EDN: YRTTFO

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

### Irrigation system in the Late Cretaceous Hexactinellids (Porifera, Hexactinellida)

Е. М. Pervushov

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Evgeny M. Pervushov, [pervushovem@mail.ru](mailto:pervushovem@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7962-0274>

**Abstract.** Within the skeletal structure of the medium- and the thick-walled Hexactinellids, the active filtration surface area was increased at expense of the elements of the irrigation system. The ostia and the transversal canal structures, the densities of their occurrences correlate with the values of the wall thickness, the skeleton habitus, the level of modular organization; they are in many ways determined by the parameters of the sponge habitats.

**Keywords:** transversal and longitudinal canals, elements of dermal and paragastral sculpture

**For citation:** Pervushov E. M. Irrigation system in the Late Cretaceous Hexactinellids (Porifera, Hexactinellida). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2023, vol. 23, iss. 4, pp. 284–292 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-4-284-292>, EDN: YRTTFO

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

### Введение

Спикульный или каркасный скелет морфологически многообразных губок образован на основе карбонатных, кремниевых и органогенных соединений. Успешное развитие этих эпибентосных сессильных фильтраторов [1] обусловлено, с учетом вариаций термического режима и солености, адаптацией к биотопам с определенным гидродинамическим режимом и субстратом, без учета предполагаемых проявлений среди современных представителей группы пассивного хищничества и стоицизма.

Строение скелетов многих демоспонгий свидетельствует о том, что фильтрация водной взвеси осуществлялась по всей поверхности тела.

В центральной и апикальной частях массивных форм демоспонгий прослеживаются выводящие гладкие продольные каналы (Jerea, Siphonia, Actinosiphonia [= Phyllodermia]). Скелеты позднемеловых демоспонгий и в настоящее время отличаются повышенной пористостью и пронизанностью, большим объемом влагопоглощения. В строении спикульных известковых губок (Porosphaera) обособленная система каналов не установлена, а фильтрат выводился в апикальной части организма.

Средне- и толстостенные гексактинеллиды выделяются наличием в скелетообразующей стенке ирригационной системы, сопряженной с дермальной и/или парагастральной скульптурой.



рой. Ирригационная система отчетливо проявлена в структуре толстостенных гексактинеллид париформного строения – позднеюрских *Hexactinosa*: *Sphenaulax*, *Pachyteichisma*, *Pleurorhyllum* [2, 3] и позднемиоценовых *Lychniscosa*: *Cephalites*, *Orthodiscus*, *Ventriculites* [4, 5]. Скелет гексактинеллид транзитной и колониальной организации образован более тонкой стенкой, в которой система каналов обычно отсутствует. На основе изучения фоссилий разработаны представления об элементах и типах построения дермальной и парагастральной скульптуры, о вариантах их соотношения. Рассмотрение скульптур дополняет данные по морфогенезу гексактинеллид, результаты этих исследований реализованы при разработке критериев рода [4–6].

### Материал и методы исследования

Изначально анализ системы каналов и элементов скульптуры был предпринят при изучении представителей *Ventriculitidae* [4]. Многочисленные и разнообразные губки этого семейства установлены в породах всех верхнемиоценовых ярусов и палеоцена юго-востока Русской плиты. В структуре скелетообразующей стенки и стержня рассмотренных венкулитид в количестве более одной тысячи экземпляров в том или ином виде присутствуют элементы ирригационной скульптуры. Это позволило провести системный анализ данной группы и выработать критерии рода и вида, представить систему указанного семейства [5]. Редкие, очень большой толщины плоские фрагменты скелетов *Ventriculitidae*, с минимальной плотностью расположения остий, рассматриваются как «*Magniporites*» [= *Flabellispongia*] [4, 7]. Строение ирригационной системы исследовалось в строении скелета меловых представителей семейства *Craticulariidae* и рода *Porospongia*.

Аналогичные исследования предприняты на основе более сложно построенных и морфологически разнообразных гексактинеллид – *Coeloptychiidae* и *Leptophragmidae* [6]. В разрабатываемых интегрированных системах этих семейств не удалось согласовать таксономический ранг двух признаков – наличия/отсутствия элементов дермальной скульптуры и наличия/отсутствия субоскулумов. В системах этих губок сейчас наиболее значимым и достоверным таксономическим критерием является уровень низко- (одиночные и автономные формы) и высокомодульной (транзитории, колонии) организации.

К исследованиям по модульной организации позднемиоценовых гексактинеллид [8] было привлечено большое количество скелетов лабиринтового, кустистого и ветвистого строения, в скелетообразующей стенке которых каналы не выявлены (*Camerospongiidae*, *Euretidae*, *Labyrintholites*, *Zittelispongiidae*).

Строение системы каналов хорошо прослеживается в продольных и поперечных по отношению к оси скелета шлифах и аншлифах. Взаиморасположение продольных и поперечных каналов внутри стенки выявляется при пропитке аншлифов глицерином. Этому способствует обстоятельство, что полости каналов заполнены плотным фосфатно-карбонатным цементом и не поглощают глицерин, а участки спикульной решетки, составлявшей ранее скелетообразующую стенку, пористые и легко его впитывают. Продольно ориентированные аншлифы изготавливались по всей высоте париформного скелета, с одной стороны бокала – вдоль ребра, а с противоположной – вдоль борозды. В поперечно ориентированных аншлифах, благодаря сочетанию апо- и прозохет, стенка приобретает «складчатый» облик [9, 10]. В поперечных срезах стержня (*Rhizopoterion*) и в стенке листообразных скелетов (*Schizorabdus*) прослеживаются очертания и взаиморасположение продольных каналов. Многие скелеты в той или иной степени фосфатизированы и реже прокремнены, что способствовало изготовлению палеонтологических шлифов.

### Система каналов

Элементы ирригационной системы пронизывают скелетообразующую стенку, стержень и ризоиды гексактинеллид (рис. 1). В структуре стенки доминируют поперечные «слепые» – несквозные каналы: вводящие, прозохеты, и выводящие, апохеты, расположенные субпараллельно. В строении стенки толщиной 1–5 мм (*Guettardiscyphia*, *Leptophragma*) и до 5–10 мм (*Naræana*, *Coscinopora*) поперечные каналы тонкие цилиндрические с ровной поверхностью. В структуре более толстостенных *Cephalites* и *Orthodiscus* поперечные каналы более крупные субконические с волнистой поверхностью, из-за двух-трех рядов пил, иногда дихотомирующие. Более сложная морфология и больший объем апо- и прозохет способствовали увеличению площади активного водообмена у губок с толщиной стенки 15–20 мм и более. В поперечном сечении стенки конических и цилиндрических скелетов (*Ventriculitidae*, *Laocoetis*) или модулей (*Leptophragmidae*, *Paracraticularia*) заметно чередование радиально расположенных апо- и прозохет (см. рис. 1, фиг. 1б). Стенка апо- и прозохет сложена плотной канальярной спикульной решеткой.

Сквозные продольные каналы протягиваются субпараллельно от маргинальных окончаний ризоид по всей их длине и по высоте стержня. В поперечном сечении они круглые (*Rhizopoterion*) и серповидные (*Vanistirps*). Протяженными червеобразными бороздами (устьями) продольные каналы раскрываются на поверхности стержня (*Rhizopoterion*) и ложного стержня (*Sororistirps*) или подходят к основанию

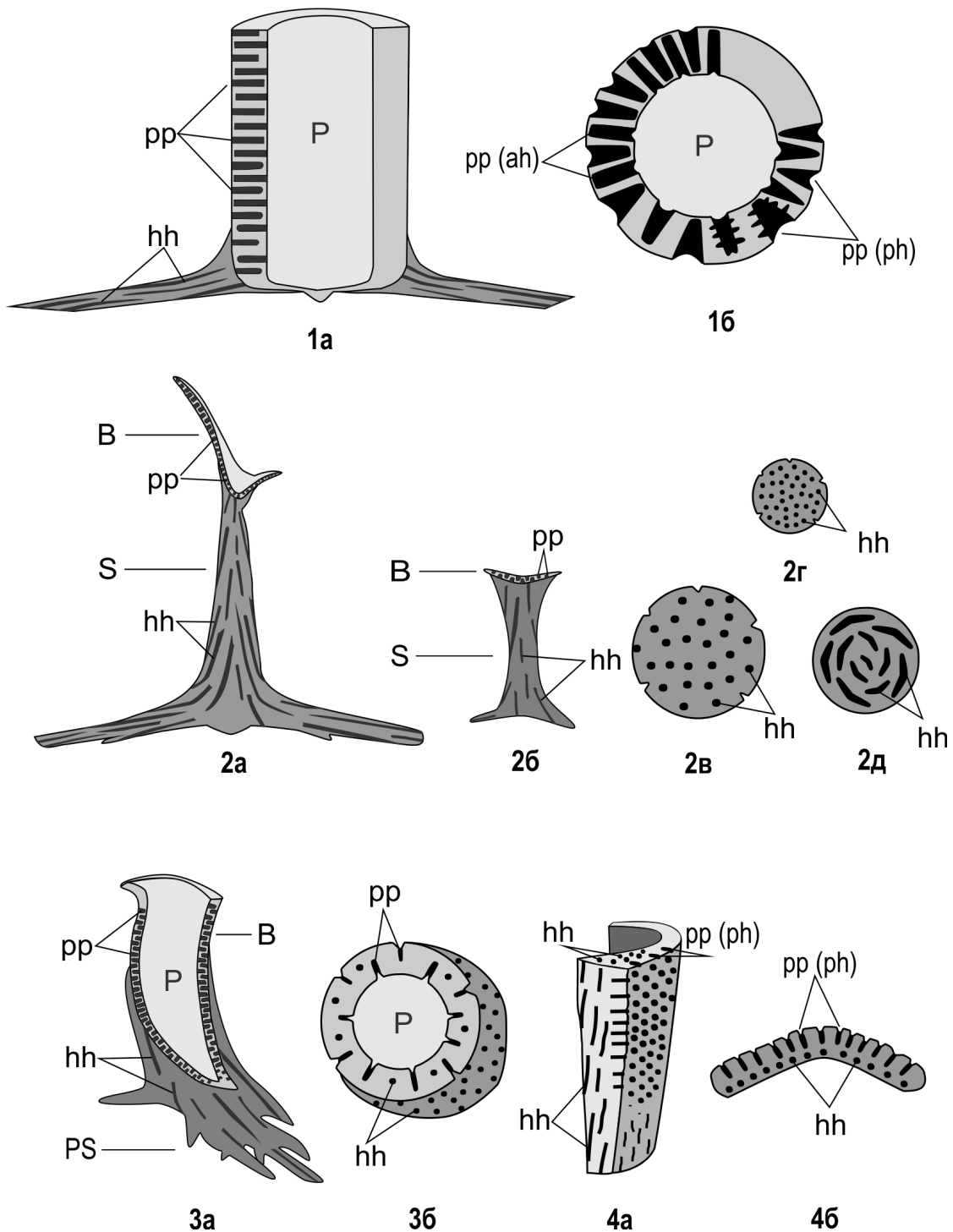


Рис. 1. Ирригационная система в структуре скелета гексактинеллид. Фиг. 1. *Cephalites* (*Orthodiscus*) *stabilis* Perv., 1998: 1а – продольное сечение скелета; 1б – поперечное сечение бокала. Фиг. 2. *Rhizopoterion* (*Rhizopoterion*) (Goldfuss, 1833): 2а – продольное сечение скелета с обособленным бокалом; 2б – продольное сечение скелета, в строении которого бокал едва прослеживается; 2в – поперечное сечение стержня *Rhizopoterion cervicornе* (Goldfuss, 1833); 2г – поперечное сечение стержня *Rhizopoterion* (*Ramefossa*) Perv., 1998; 2д – поперечное сечение стержня *Rhizopoterion* (*Vanistirps*) Perv., 1998. Фиг. 3. *Sororistirps radiatum* (Mantell, 1822): 3а – продольное сечение скелета; 3б – поперечное сечение бокала. Фиг. 4. *Schizorabdus* Zittel, 1877: 4а – продольное сечение листообразного скелета; 4б – поперечное сечение стенки. Условные обозначения: В – бокал, P – парагастральная полость, PS – ложный стержень, S – стержень, hh – продольный канал, pp – поперечный канал: апохета (ah) и прозохета (ph)



бокала, дермальной поверхности стенки. В строении скелета Rhizopoterionae, за исключением Sororistirps, доминируют стержень и ризоиды, в которых плотно расположены только продольные каналы. Тонкостенный бокал с мелкими поперечными каналами занимает в скелете этих губок подчиненное значение (см. рис. 1, фиг. 2).

Не имеющие стенок продольные каналы известны в структуре ризоидов и стержня многих гексактинеллид (*Lepidospongia*, *Naræana*, *Orthodiscus*, *Rhizopoterionae*, *Guettardiscyphia*), при этом они отличаются значениями диаметра и плотностью расположения. Данное обстоятельство способствует ошибочному определению таксономической принадлежности фоссилий, представленных фрагментами стержня и ризоид (*Ventriculitidae*, *Coeloptychiidae*, *Leptophragmidae*, *Siphonia*).

В стенке некоторых венстрикулитид присутствуют поперечные и продольные каналы. У конусовидных Sororistirps часть продольных каналов продолжается от ложного стержня под дермальной поверхностью стенки бокала, а у листообразных *Schizorabdus* они приурочены к парагастральной поверхности, перемежаясь с поперечными каналами, которые раскрываются на дермальной поверхности (см. рис. 1, фиг. 3, 4).

Если функциональное предназначение апо- и прозохет, вариации соотношений их размеров и очертаний воспринимаются как регулирование фильтрационных потенциалов губок, то роль продольных каналов интерпретируется не столь однозначно. Продольные каналы в скелете гексактинеллид развиты преимущественно в ризоидах и стержне. Ризоиды выполняли функцию закрепления губки на подвижном субстрате, а стержень способствовал возвышению бокала над интервалом взмучивания придонной воды. Предполагается, что продольные каналы как своеобразные капилляры выполняли разные функции поддержания осмотического давления в теле губки. Некоторые продольные каналы способствовали транспортировке водной среды от поверхности стержня к основанию ризоид. По продольным каналам, расположенным в центре стержня и внутри стенки, питательная взвесь достигала основания бокала, дермальной поверхности стенки и включалась в фильтрационный процесс организма.

### Скульптура

Скульптура (рис. 2) украшает поверхности скелетообразующей стенки лишь некоторых позднемеловых гексактинеллид. Элементы скульптуры, отражающие наличие и строение системы каналов, прослеживаются на дермальной и парагастральной поверхностях стенки, наружной поверхности стержня и ризоид. Дермальная скульптура наиболее разнообразна и сложно построена, ее узор определяется очертаниями

и взаиморасположением остий, формой, размерами и расположением ребер и узлов ребер. Парагастральная скульптура менее доступна для изучения, так как эта часть скелета обычно закрыта вмещающей породой.

Элементы скульптуры стенки, как и ситовидная мембрана над оскулюмом (*Guettardiscyphia*, *Coeloptychium*), представляли собой каркасные элементы скелета и регулировали поступление питательной взвеси в организм губки. Вариации взаиморасположения разнообразных по очертаниям и размерам элементов скульптуры интерпретируются как адаптация гексактинеллид к определенным батиметрическим интервалам и динамическим условиям водной среды. Всего 2–4 прозопоры на 1 см<sup>2</sup> поверхности и крупные грубые продольные ребра свойственны губкам, обитавшим в условиях верхней сублиторали (*Lychniscosa*: *Cephalites*, *Orthodiscus*; *Hexactinosa*: *Sphenaulax*). Толстостенные скелеты гексактинеллид предстают морфологически однообразными, париформными, что отчасти способствовало разнообразию архитектурники дермальной и парагастральной скульптур. Значительная плотность расположения прозопор, 250–300 на 1 см<sup>2</sup>, характерна для тонкостенных форм, которые были распространены в средней и нижней сублиторали (*Aphrocallistes*, *Leptophragmidae*) (рис. 3).

Скульптуру стенки составляют позитивные, высокие элементы – ребра и узлы ребер – и негативные – борозды и расположенные в них остия. В строении дермальной скульптуры многих гексактинеллид борозды отсутствуют, в этом случае прозопоры образуют вертикальные, горизонтальные или диагональные ряды или расположены хаотично.

Протяженные высокие и широкие параллельные ребра прослеживаются при продольно-линейном и равномерном строении дермальной скульптуры. При увеличении диаметра бокала (модуля) ребра дихотомируют, а при отвороте стенки дихотомия ребер повторяется неоднократно, что обусловлено резким возрастанием площади стенки в горизонтальной плоскости (*Ventriculites*, *Orthodiscus*). Прижизненные искажения скелета и задержка в развитии губки проявляются в дихотомии ребер выше уровней пережимов или в изменении их ориентации.

При продольно-линейной ориентации ребер и борозд низкие короткие прямоугольные узлы ребер разделяют в бороздах остия. Круглые или овальные прозопоры расположены в соседних бороздах поочередно – остия, расположенные в одной борозде, находятся на одном уровне с двумя узлами ребер соседних борозд, что создает видимость диагональных рядов остий. Продольно-линейная ориентация дермальной скульптуры характерна для средне- и толстостенных гексактинеллид.



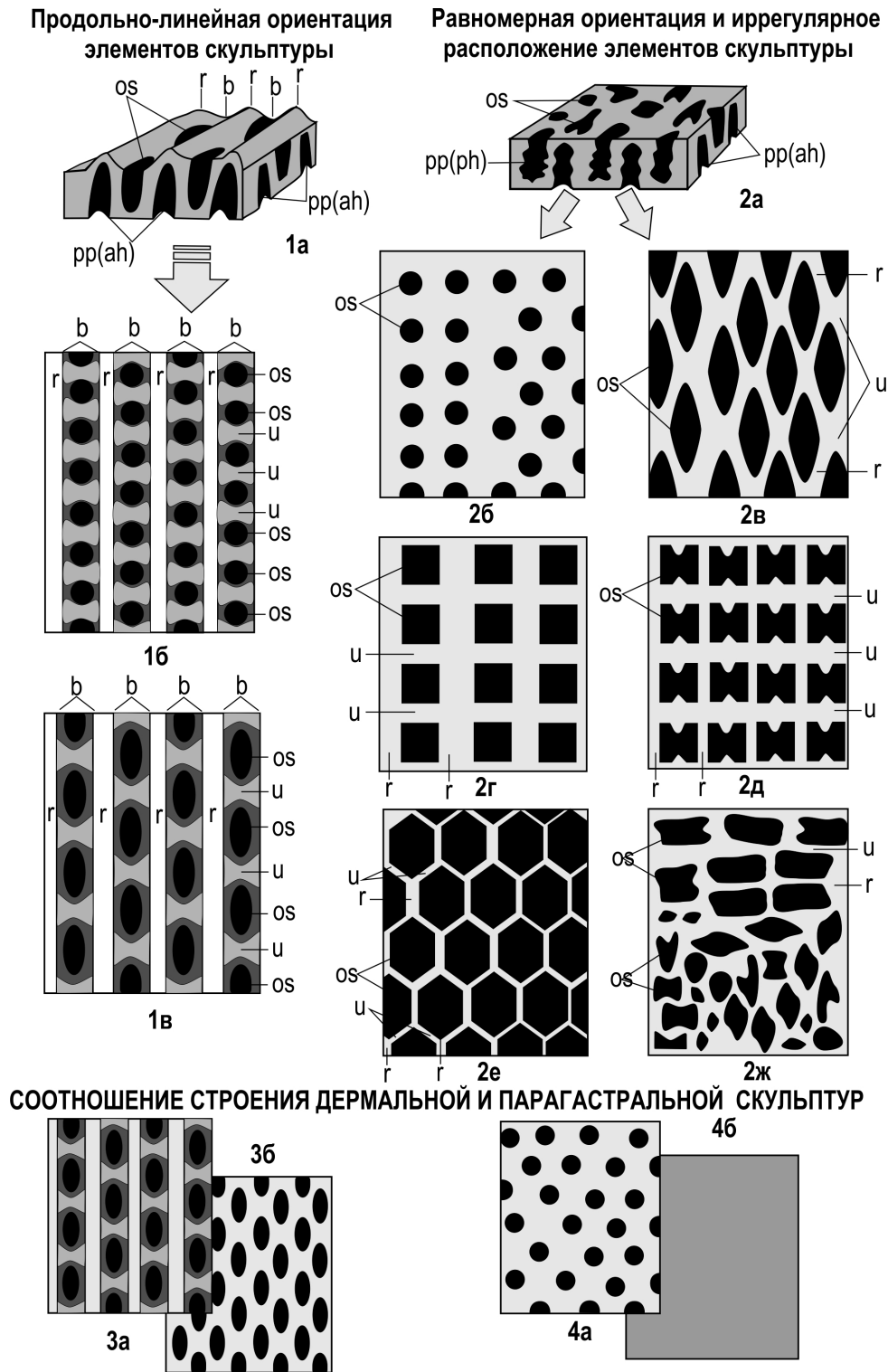


Рис. 2. Строение дермальной скульптуры скелетообразующей стенки гексактинеллид. Фиг. 1. Продольно-линейная ориентация элементов скульптуры: 1а – объемное отображение сегмента стенки; 1б, 1в – дермальная скульптура с округлыми и овальными прозопорами. Фиг. 2. Равномерная ориентация и иррегулярное расположение элементов скульптуры: 2а – объемное отображение сегмента стенки; 2б – 2е – регулярно-сетчатое расположение прозопор однообразных очертаний: 2б – *Guettardiscyphia*, *Coscinopora*, 2в – *Lepidospongia*, 2г – *Actinoscyclus*, 2д – *Porocyclus*, 2е – *Aphrocallistes*; 2ж – иррегулярное расположение прозопор разных очертаний и размеров: *Microblastium*, *Sporadoscinia*. Фиг. 3. Реактивное соотношение скульптур: 3а – дермальная поверхность, 3б – поверхность парагастра. Фиг. 4. Обращенное соотношение скульптур: 4а – дермальная поверхность; 4б – поверхность парагастра. Условные обозначения: черным цветом показаны негативные элементы скульптуры, os – прозопора (остия), pp – поперечный канал: апохета (ah) и прозохета (ph); позитивные элементы: r – ребро, u – узел ребер; негативные элементы: b – борозда

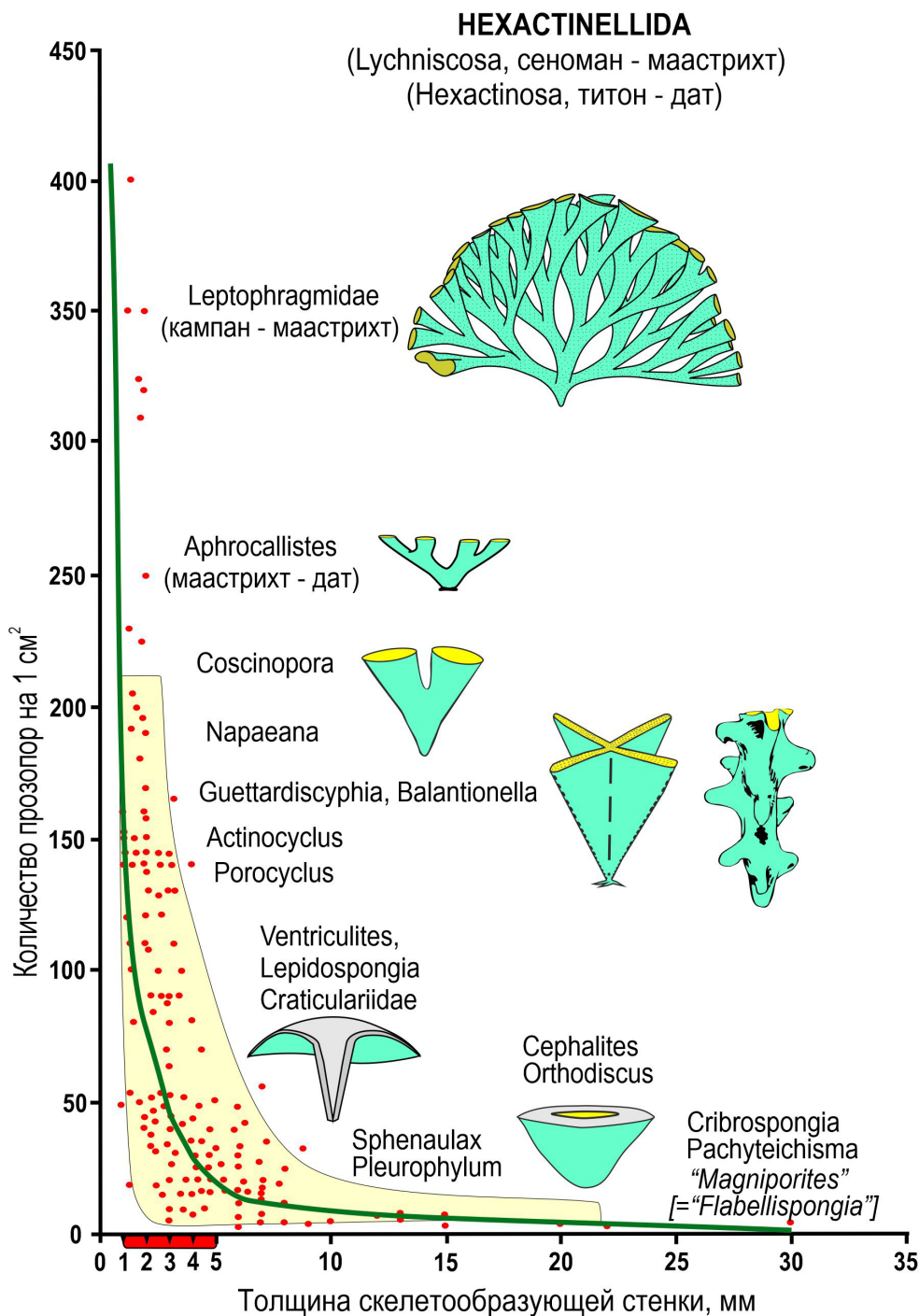


Рис. 3. Обратное соотношение значений толщины скелетообразующей стенки ( $T$ ) и плотность расположения прозопор ( $S$ ), по: [4, с дополнениями]. Условные обозначения:  – область максимального распространения значений соотношения  $S/T$ ; • – значение соотношения  $S/T$  в строении скелета изученных родов/подродов; — – линия усредненных значений соотношения  $S/T$ ;  – значение толщины скелетообразующей стенки губок, в строении которых скульптура отсутствует (Lychniscosa: Camerospongiidae, Coeloptychiidae; Hexactinosa: Zittelispongia, Euretidae); Magniporites – толстостенные губки, известные по фрагментам скелетообразующей стенки



Равновысокие ребра и их узлы, разной ширины и протяженности, составляют общую субплоскую поверхность, на фоне которой равномерно или рассеяно расположены остия разных очертаний (см. рис. 2, фиг. 2). В этом варианте построения скульптуры ребра и их узлы приобретают разнообразные контуры и ориентацию. Равномерное строение скульптуры характеризует положение одинакового размера и контуров прозопор в горизонтальных и вертикальных рядах (см. рис. 2, фиг. 2б, г). Регулярный сетчатый, «шахматный» рисунок скульптуры образуют прозопоры квадратных, круглых и более сложных очертаний (*Actinocyclus*, *Guettardiscyphia*, *Porocyclus*, некоторые *Porospongia* и *Craticulariidae*). Среди средне- и тонкостенных форм распространено регулярное поочередно смежное, очень плотное расположение остий ромбических, округлых и полигональных очертаний (*Aphrocallistes*, *Lepidospongia*, *Naraeana*). Наиболее плотное положение элементов скульптуры образуют диагональные ряды остий, а узлы ребер, разделяющие их в смежных рядах, приобретают форму литер «V» и «X» (см. рис. 2, фиг. 2в, е). Иррегулярное расположение элементов скульптуры определяется разнообразием конфигураций, размеров и ориентации прозопор (*Microblastium*, *Sporadoscinia*; см. рис. 2, фиг. 2ж).

На противоположных поверхностях париформных и плициформных скелетов прослеживается диссимметрия при рассмотрении размеров и очертаний остий. На фронтальной поверхности стенки, ориентированной на течение придонных водных масс, размеры прозопор более крупные. Предполагается, что по тонким поперечным каналам, на участках изгибов стенки, формировались субоскулюмы (*Guettardiscyphia*, *Plocoscyphia*).

Рассмотрение элементов парагастральной скульптуры доступно в строении одиночных, автономных и транзиторных по организации губок, характеризующихся париформным и плициформным габитусом скелета (*Guettardiscyphia*, *Leptophragma*, *Ventriculitidae*). На парагастральной поверхности известны варианты равномерного расположения округлых остий на ровной поверхности позитивных элементов (*Ventriculites*, *Sporadoscinia*; см. рис. 2, фиг. 3б) и продольно-линейной ориентации параллельных ребер и борозд (*Divicalys*, *Microblastium*) [5]. На парагастральной поверхности стенки, при ее ортогональном отвороте, очертания элементов скульптуры теряются, здесь формируются обособленные субполости (*Contubernium*) [5].

Выделено два основных типа соотношения дермальной и парагастральной скульптур – реактивное (прямое) и обращенное (обратное). Реактивное соотношение описывает сходное строение дермальной и парагастральной скульптур (*Cephalites*, *Ventriculites*, *Aphrocallistes*, *Guettardiscyphia*, *Laocoetis* [= *Craticularia*]). Чаще стро-

ение скульптур дермальной и парагастральной поверхностей стенки отличается, подобное соотношение скульптур определено как обращенное. Вариантов обращенного соотношения скульптур несколько. В одном из них элементы скульптуры не прослеживаются, отсутствуют или перекрыты кортикальным слоем спикульной решетки, на дермальной (*Sestrocladia*, *Porospongia*) или на парагастральной (*Lepidospongia*, *Naraeana*) поверхности. У некоторых форм взаиморасположение элементов дермальной и парагастральной скульптур существенно различается (*Microblastium*, *Sporadoscinia*).

При определении плотности расположения элементов дермальной скульптуры внимание уделяется количеству остий на 1 см<sup>2</sup> [5, 11]. Это объясняется однозначностью их морфологической идентификации по сравнению с позитивными элементами и функциональным предзнаменованием в организме губки. Соотношение площади дермальной поверхности стенки, занятой остиями, изменяется в широких пределах. Максимальная плотность расположения остий, до 250–350 на 1 см<sup>2</sup>, отмечена у кампанских – маастрихтских *Aphrocallistes* и *Leptophragmidae* (см. рис. 3).

*Скульптура стержня, ложного стержня и ризоид.* Скульптура наружной выпуклой поверхности стержня и ризоид однообразна. Она представляет собой равномерно расположенные продольно-вытянутые изогнутые устья продольных каналов. На маргинальных участках ризоид и на их поверхности расположены вводящие, углубляющиеся остия, а на поверхности стержня раскрываются выводящие. Морфология поверхности стержня и ризоид гексактинеллид сходна со строением нижней части скелета демоспонгий *Jerea* и *Siphonia*. Стержень как обособленный от скелетообразующей стенки (бокала, ветвей) элемент характерен для скелета губок, которые обитали в относительно глубоководных условиях с низким темпом ламинарных течений. Высокий и узкий стержень увеличивал высоту губки, возвышая основную часть ее тела над зоной взмучивания осадка. В строении скелета родственных представителей (*Camerospongia*, *Ventriculitidae*), обитавших в условиях верхней сублиторали, стержень отсутствует, опорно-якорные функции губки выполняли радиально расположенные шиповидные ризоиды или площадка прикрепления.

*Скелетообразующая стенка без скульптуры* («финишная» поверхность). В структуре стенки большинства гексактинеллид (*Lychniscosa*: *Botryosella*, *Camerospongiidae*, *Coeloptychiidae*; *Hexactinosa*: *Euretidae*, *Polyscyphiidae*, *Zittelispongiidae*) нет элементов ирригационной системы и скульптуры. Это тонко- и реже средне-стенные губки транзиторной и колониальной организации, кустистого, ветвистого и лабиринтового морфотипов. Дермальная поверхность стенки сложена петлями спикульной решетки,



иногда напоминающими тонкие поры, узлы которой придают поверхности шероховатый и даже неровный (Euretidae) вид. В строении высоко-модульных губок разветвление и пересечение многих тонких трубок парагастральной полости малого диаметра канализируют водообмен и увеличивают площадь активной фильтрации. Трубнообразные модули колониальных губок, без прозо- и апохет, рассматриваются как своеобразная ирригационная система губок иного уровня, способствовавшая равномерному обеспечению питательной взвесью всех элементов организма при изменении направления перемещения водных масс.

Верхняя часть скелета некоторых *Lychniscosa*, выше маргинальной линии, прикрыта тонкой гладкой кортикальной мембраной. В строении *Coeloptychium* она изолирует сегменты первичного оскулюма, а в строении *Camerospongia* и *Tremabolites* перекрывает зияния межскелетного пространства. Предполагается, что мембрана покрывала дермальную и парагастральную скульптуры (*Sestrocladia*) и поперечные каналы верхнего края толстостенных губок (*Cephalites*).

*Ситовидная пластина (перфорированная оскулярная мембрана)*. Первичная и вторичная парагастральная полость многих гексактинеллид венчается открытым оскулюмом, что явным образом прослеживается в строении скелетов париформного строения (*Ventriculites*, *Laocoetis*, *Leptophragma*, *Etheridgia*). Сектора оскулюма первично (*Guettardiscyphia*) и вторично плициформных губок (*Coeloptychium*) перекрыты тонкой пористой ситовидной мембраной, которая редко сохраняется в структуре фоссилий [6, 12]. Вероятно, ситовидная мембрана способствовала регулированию осмотического давления между парагастральной полостью и внешней водной средой, ограничивая попадание в парагастр пелитовых частиц.

### Обсуждение

Определение плотности расположения прозопор на единицу площади дермальной поверхности ( $1 \text{ см}^2$ ), наряду с описанием взаиморасположения элементов скульптуры и очертаний остий, рассматривается как одна из характеристик рода/подрода (*Ventriculitidae*) [5]. Более достоверно значения поверхности активного водообмена и осмотического давления в теле губки может отражать соотношение суммарной площади остий и поверхности, которую слагают ребра и их узлы. Но эти расчеты трудоемки и затруднительны.

Варианты построения дермальной скульптуры и ее соотношение с парагастральной скульптурой, объем прозопор, толщина стенки и габитус скелета соотносятся с гидродинамическими условиями среды обитания губок и их трофическими отношениями. Показательно строе-

ние скелетов высоко модульных *Aphrocallistes*, известных с кампана поныне. Стенка этих губок образована плотно расположенными гексагональными прозопорами, которые занимают наибольшую площадь дермальной поверхности, поскольку они ограничены тонкими и короткими позитивными элементами. Эта особенность строения ирригационной системы позволила *Aphrocallistes* на рубеже поздне мелового – палеоценового времени расселиться в интервалах низкой сублиторали («псевдоабиссали» [11]) по Западноевропейской провинции.

Комплексное рассмотрение строения дермальной скульптуры и морфотипов скелетов юрских и меловых гексактинеллид позволило наметить в морфогенезе этих губок несколько архетипов: первичный – архаичный, мезотипный и совершенный – перфектный. За пределами подобной градации форм остаются гексактинеллиды без скульптуры.

В скульптуре архаичных гексактинеллид доминируют иррегулярно расположенные грубые позитивные элементы – узлы ребер и иногда ребра. Эти толстостенные формы характеризуют средне-, позднеюрский и раннемеловой этапы развития гексактинеллид (*Trochobolus*, *Pachyteichisma* [3]). Скульптура мезотипных форм преимущественно линейная и равномерная, с резко выраженными и обособленными элементами. Видовое разнообразие губок с мезотипной скульптурой сокращалось на протяжении поздне меловой эпохи, но, видоизменяя габитус скелета (*Orthodiscus*), они сохранились и в начале палеоцена. Тонкостенные *Aphrocallistes*, *Laocoetis* и некоторые *Leptophragmidae* могут рассматриваться как формы с перфектной, совершенной скульптурой, которая характеризуется плотным расположением однообразных остий и минимальной площадью позитивных элементов.

### Выводы

Строение ирригационной системы, дермальной и парагастральной скульптур, их соотношение в структуре скелетообразующей стенки *Ventriculitidae* соотнесены с таксономическими уровнями подрод – род – подтриба – триба – подсемейство [4, 5]. Аналогичные подходы апробируются при разработке классификаций унитарных губок *Hexactinosa*, в частности *Craticulariidae*. Среди гексактинеллид таксономическая значимость характеристик ирригационной системы и скульптуры мозаична. Многие средне- и тонкостенные формы транзиторной и колониальной организации (*Craticulariidae*, *Leptophragmidae*) характеризуются единым для семейства построением элементов скульптуры.

Установленные закономерности в развитии скульптуры рассматриваются как одно из составляющих направлений в морфогенезе поздне меловых гексактинеллид. Сокращение площади



дермальной поверхности, занимаемой позитивными элементами скульптуры, было сопряжено с увеличением плотности расположения круглых и гексагональных остий (*Aphrocallistes*, *Leptophragmidae*). Возрастание плотности расположения прозохет сопровождалось уменьшением толщины стенки. Появление тонкостенных форм, в частности, без ирригационной системы и скульптуры способствовало конструкционной подвижности скелетообразующей стенки и формированию сложно организованных и морфологически разнообразных губок.

В строении высокомодульных, транзиторных и колониальных форм сопряженные между собой ветви (модули) небольшого диаметра выполняли функции ирригационной системы, до некоторой степени распределяя продвижение растворенной питательной взвеси по всему объему тела губки.

Таксономическая принадлежность фоссилий, представленных фрагментами стенки, скульптура которых растворена или скрыта фосфатной пленкой, не может быть достоверно определена. Это обусловлено невозможностью распознать дермальную/парагастральную поверхности фрагмента стенки.

Прослеживание изменения строения дермальной скульптуры от основания скелета (бокала, модуля) до верхнего его края (*Microblastium*, *Sporadoscinia*) позволяет наметить тенденции в филогенезе представителей семейства *Ventriculitidae*.

#### Библиографический список

1. Рауп Д., Стенли С. Основы палеонтологии. Москва : Мир, 1974. 390 с.
2. Герасимов П. А. Губки подмосковной юры и нижнего мела // Материалы по геологии и полезным ископаемым центральных районов европейской части СССР. Москва, 1960. Вып. 3. С. 5–29.
3. Pisera A. Upper Jurassic siliceous sponges from the Swabian Alb: Taxonomy and Paleocology // *Palaentologia Polonica*. 1997. № 57. 216 p.
4. Первушов Е. М. Позднемеловые вентрикулитидные губки Поволжья // Труды / НИИ геологии Саратовского университета. 1998. Т. 2. 168 с.
5. Первушов Е. М. Состав и структура семейства *Ventriculitidae* (Porifera, Hexactinellida) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 49–62. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-49-62>
6. Первушов Е. М. Позднемеловые скелетные гексактинеллиды России. Саратов : Научная книга, 2002. 274 с.
7. Трестьян Г. Н. Новые стеклянные губки из верхнего мела Приднестровья // Палеонтологический журнал. 1972. № 2. С. 32–41.
8. Первушов Е. М. Морфотипы и модульная организация позднемеловых гексактинеллид (Porifera, Hexactinellida). Саратов : Издательство Саратовского университета, 2018. 208 с.
9. Основы палеонтологии : справочник палеонтологов и геологов СССР : в 15 томах / главный редактор Ю. А. Орлов ; ответственный редактор тома Б. С. Соколов. Москва : Госгеолтехиздат, 1962. Т. 2: Губки, археоциаты, кишечнополостные, черви. 485 с.
10. Цуммель К. А. Основы палеонтологии (палеозоологии). Ч. 1. Беспозвоночные. Ленинград ; Москва ; Грозный ; Новосибирск : Государственное научно-техническое горно-геолого-нефтяное издательство, 1934. 1056 с.
11. Ulbrich H. Die Spongien der Usenburg-Entwicklung (obers unter-Campan) der Subherzynen Kreidemulde – Paleontologi. Leipzig : Deutscher Verlag fur Grundstoffindustrie, 1974. Bd. 291. 173 S.
12. Первушов Е. М. Морфогенезы позднемеловых *Guettardiscyphia* (Porifera, Hexactinellida) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 2. С. 109–116. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2016-16-2-109-116>

Поступила в редакцию 15.08.2023; одобрена после рецензирования 07.09.2023; принята к публикации 18.10.2023  
The article was submitted 15.08.2023; approved after reviewing 07.09.2023; accepted for publication 18.10.2023



ISSN 1819-7663 (Print). ISSN 2542-1921 (Online)  
Известия Саратовского университета. Новая серия.  
Серия: Науки о Земле. 2023. Том 23, выпуск 4

## ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА Новая серия

- Серия: Акмеология образования. Психология развития
- Серия: История. Международные отношения
- Серия: Математика. Механика. Информатика
- Серия: Науки о Земле**
- Серия: Социология. Политология
- Серия: Физика
- Серия: Филология. Журналистика
- Серия: Философия. Психология. Педагогика
- Серия: Химия. Биология. Экология
- Серия: Экономика. Управление. Право

