

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

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия: Науки о Земле

2025

Том 25

Выпуск 1



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 1

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



Научный журнал
2025 Том 25

ISSN 1819-7663 (Print)

ISSN 2542-1921 (Online)

Издаётся с 2006 года

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

Башкатов А. Н.

Интегрированная модель оценки экологической функции
долинных комплексов по очистке
поверхностного стока

4

Папилин Д. В., Проказов М. Ю.

Оптимизация размещения объектов сбора и переработки
твёрдых коммунальных отходов
(на примере Балашовского района Саратовской области)

13

Преображенский Ю. В.

Неравномерность регионального развития Волго-Уральского макрорегиона:
уязвимая провинция

20

Волков С. А., Меркушев С. А., Тарантин М. Р.

Территориальные барьеры в городской среде:
концептуализация понятия и методика оценки
(на примере большого центра г. Перми)

30

Носонов А. М., Чернобровкина В. А., Шурр А. В.

Перетоки знания как фактор развития сельского хозяйства
регионов России

40

Морозова С. В., Полянская Е. А.,

Алимпиева М. А., Петрова А. А.

Особенности летней трансформации воздушных масс
в Нижнем Поволжье при стационарировании
арктических антициклонов

51

Геология

Головин Б. А., Кузнецов И. В., Калининкова М. В.,

Волкова Е. Н., Головин К. Б.

Инновационные технологии геолого-технологических исследований
в процессе строительства нефтегазовых скважин

56

Первушов Е. М.

Род Polyptycha Defretin-Lefranc, 1960 (Porifera, Hexactinellida)

62

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

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

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). Журнал входит в международную базу данных DOAJ

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

Садыхова Марина Владимировна
Трубникова Татьяна Александровна

Редактор-стилист

Агафонов Андрей Петрович

Верстка

Степанова Наталия Ивановна

Технический редактор

Каргин Игорь Анатольевич

Корректор

Шевякова Виктория Валентиновна

В оформлении издания использованы работы художника Соколова Дмитрия Валерьевича (13.11.1940–20.11.2023)

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 21.02.2025.

Подписано в свет 28.02.2025.

Выход в свет 28.02.2025.

Формат 60 × 84 1/8.

Усл. печ. л. 8.4 (9.0).

Тираж 100 экз. Заказ 8-Т.

Отпечатано в типографии
Саратовского университета.

Адрес типографии:

410012, Саратов, Б. Казачья, 112А

© Саратовский университет, 2025



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.

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; 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, географический факультет, ответственному секретарю журнала «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле».

CONTENTS

Scientific Part

Geography

Bashkatov A. N.

Integrated model for assessing the ecological function of valley complexes for surface runoff treatment

4

Papilin D. V., Prokazov M. Yu.

Optimizing the placement of municipal solid waste collection and processing facilities (using the example of Balashovsky district of the Saratov region)

13

Preobrazhenskiy Yu. V.

The disparity in development across the Volga-Ural region: A fragile semi-periphery

20

Volkov S. A., Merkushev S. A., Tarantin M. R.

Territorial barriers in urban environments: Conceptualisation of the term and assessment methodology (case study of the central area of Perm)

30

Nosonov A. M., Chernobrovkina V. A., Shurr A. V.

Knowledge spillovers as a factor in the development of agriculture in the regions of Russia

40

Morozova S. V., Polyanskaya E. A.,

Alimpieva M. A., Petrova A. A.

Peculiarities of summer transformation of air masses in the Lower Volga region of stationary arctic anticyclones

51

Geology

Golovin B. A., Kuznetsov I. V., Kalinnikova M. V.,

Volkova E. N., Golovin K. B.

Innovative geological and technological research technologies in the process of construction of oil and gas wells

56

Pervushov E. M.

Genus *Polyptycha* Defretin-Lefranc, 1960 (Porifera, Hexactinellida)

62



**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

Преображенский Юрий Владимирович, 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)

Дмитриев Руслан Васильевич, доктор геогр. наук (Москва, 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)

Рогов Михаил Алексеевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор РАН (Москва, 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)

**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 – Yuri V. Preobrazhenskiy (Saratov, Russia)

Members of the Editorial Board:

Valentina P. Gorbatenko (Tomsk, Russia)

Andrey Yu. Guzhikov (Saratov, Russia)

Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Ruslan V. Dmitriev (Moscow, Russia)

Aleksei Yu. Kazansky (Moscow, Russia)

Nikolay A. Kalinin (Perm, Russia)

Aleksandr P. Katrovsky (Smolensk, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

Artur M. Nosonov (Saransk, Russia)

Yurij P. Perevedentsev (Kazan, Russia)

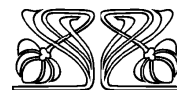
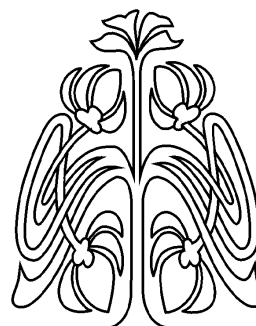
Mikhail A. Rogov (Moscow, Russia)

Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

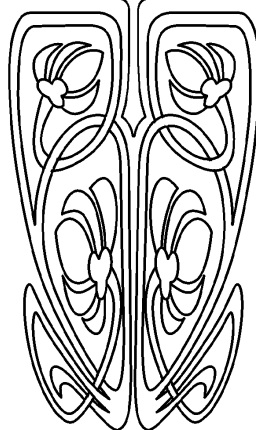
Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

Aleksey N. Chumachenko (Saratov, Russia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 4–12

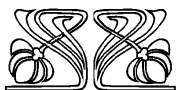
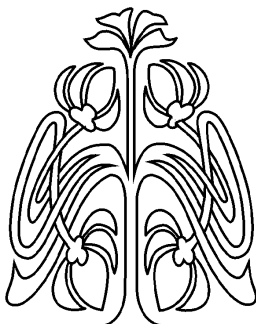
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 4–12

<https://geo.sgu.ru>

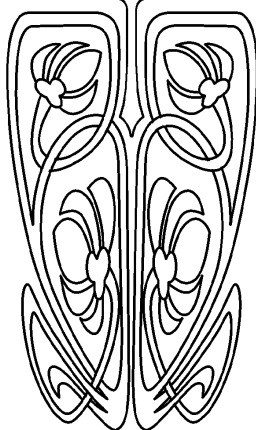
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-4-12>, EDN: CAFRDU

Научная статья

УДК 911.9



**НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ**



Интегрированная модель оценки экологической функции долинных комплексов по очистке поверхностного стока

А. Н. Башкатов

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

Башкатов Александр Николаевич, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии, albionrha@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3759-1353>

Аннотация. Рассматриваются методологические аспекты оценки городской территории на основе интеграции бассейновой, векторной, ландшафтно-геохимической и эколого-функциональной моделей. В качестве объекта исследования был выбран Токмаковский овраг, расположенный на южной окраине г. Саратова. Долина оврага представляет собой типичный элемент ландшафтной структуры Приволжской возвышенности и сохранила традиционные формы природопользования. Проведённый структурно-функциональный анализ модельного долинного комплекса показывает возможность использования свойств эрозионной сети для сбора и очистки поверхностного стока. Разработана пространственная схема размещения биологических компенсаторов на основе существующего каскада прудов. Также предложено градопланировочное решение по организации рекреационных зон в верховьях водосборного бассейна, районах многоэтажной застройки и в месте впадения русла Токмаковского ручья в Волгоградское водохранилище.

Ключевые слова: долинные комплексы, экологическая функция, ландшафтное планирование, поверхностный сток, природоподобные технологии

Для цитирования: Башкатов А. Н. Интегрированная модель оценки экологической функции долинных комплексов по очистке поверхностного стока // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 4–12. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-4-12>, EDN: CAFRDU

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

Article

Integrated model for assessing the ecological function of valley complexes for surface runoff treatment

A. N. Bashkatov

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

Aleksandr N. Bashkatov, albionrha@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3759-1353>

Abstract. The article discusses the methodological aspects of urban area assessment based on the integration of basin, vector, landscape-geochemical and ecological-functional models. Tokmakovsky ravine, located on the southern outskirts of Saratov, was chosen as the object of research. The valley of the ravine is a typical element of the landscape structure of the Volga upland and has preserved traditional forms of nature management. The structural and functional analysis of the model valley complex shows the possibility of using the properties



of an erosion network for collecting and cleaning surface runoff. A spatial scheme for the placement of biological compensators based on the existing cascade of ponds has been developed. A town planning solution has also been proposed for the organization of recreational areas in the upper reaches of the catchment area, areas of multi-storey buildings and at the confluence of the Tokmakovsky Creek into the Volgograd reservoir.

Keywords: valley complexes, ecological function, landscape planning, surface runoff, nature-like technologies

For citation: Bashkatov A. N. Integrated model for assessing the ecological function of valley complexes for surface runoff treatment. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 4–12 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-4-12>, EDN: CAFRDU

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

Проблематика оценки экологических функций

Одной из наиболее актуальных проблем города является производственное и коммунально-бытовое загрязнение поверхностного стока. Источники техногенного загрязнения бывают точечными (свалки, сбросы сточных вод, ливневой канализации), площадными (замусоренные пустыри, жилые массивы с недостаточной очисткой дворовых пространств, промышленно-складские территории) и линейными (транспортные коммуникации). Мониторинг загрязнения природных сред, осуществляемый природоохранными ведомствами, учитывает прежде всего локальные источники (сбросы сточных вод, официальные свалки). Однако, принимая во внимание санитарно-гигиеническое состояние всей территории российских городов, обилие неофициальных микросвалок представляется совершенно необходимым учитывать влияние плоскостного смыва, достигающего 70% от общего объема загрязнения поверхностных вод [1]. Перспективный метод компенсации такого загрязнения – биологическая переработка и нейтрализация. Эта задача решается с помощью технологии биоплато – искусственных участков обводнённых земель с высаженными на них водными растениями. Технология основана на использовании природных внутриводоёмных процессов, в частности, способности высшей водной растительности, водной микрофлоры и микроорганизмов извлекать растворённые в воде органические вещества, минеральные соли, ионы тяжёлых металлов и нефтепродукты с образованием нерастворимых комплексных соединений [2, 3]. Биоплато в виде сочетания каскада почвенных фильтров с открытыми и подземными потоками должны проектироваться с учётом мощности и направления техногенного воздействия. При этом можно использовать долинную сеть как естественную рельефную базу для размещения биокомпенсаторов, так как схема очистки поверхностного стока напрямую зависит от взаиморасположения источников загрязнения и основных путей движения поверхностного стока.

В настоящей статье рассмотрена концептуальная схема оценки экологической функции речной долины по очистке поверхностного стока на территории крупного промышленного города. При этом решены следующие научно-методические задачи:

- 1) проведено районирование территории водосборного бассейна по условиям миграции химических элементов и типам землепользования;
- 2) построена векторная схема распространения техногенного загрязнения в жидкой фазе; выявлены техногенные факторы, влияющие на перенос и накопление загрязняющих веществ; картированы площадные источники загрязнения поверхностных и грунтовых вод, зоны аккумуляции и направления переноса загрязнения;
- 3) определены модульные и векторные значения загрязнения поверхностных вод от площадных источников;
- 4) выявлены естественные и искусственные геохимические барьеры, а также зоны переноса и накопления техногенных загрязнений;
- 5) предложена пространственная схема размещения биокомпенсаторов.

Для анализа потенциальной способности эрозионной сети к выполнению компенсаторной экологической функции был выбран модельный долинный комплекс – Токмаковский овраг, расположенный в южной части г. Саратова.

Интегрированная модель: принципы конфигурации, цели и возможности

Разработанная в ходе настоящего исследования модель является геокомплексной моделью структурно-функционального характера. Она отображает как структуру природной и инженерно-технической подсистем, так и обменные процессы между ними.

Целями создания модели определены: ландшафтно-геохимическое и эколого-функциональное районирование территории водосборного бассейна, анализ векторных и модульных значений влияния площадных источников техногенного загрязнения на поверхностный сток, инвентаризация естественных и выработка рекомендаций по размещению искусственных биокомпенсаторов. Операционным пространством является водосборный бассейн, дренируемый исследуемым долинным комплексом. Это обосновывается тем, что в пределах водосборного бассейна находятся как парадинамический комплекс, так и каскадная ландшафтно-геохимическая система,



определяющие основные процессуально динамические характеристики ландшафта [4].

Структура интегрированной модели

Конфигурация интегрированной модели определяется задачами структурно-функционального анализа, т. е. выявление свойств парадинамической системы «водосборный бассейн – долинный комплекс», способных влиять на сбор и компенсацию техногенного загрязнения поверхностных вод. Интегрированная модель состоит из бассейновой, векторной, ландшафтно-геохимической и эколого-функциональной моделей.

Бассейновая модель. В качестве пространственной основы заложена бассейновая модель. Этот выбор продиктован следующими соображениями.

1. Свойством бассейновой модели учитывать горизонтальные связи в геосистемах. Именно по горизонтальным связям в основном передается техногенное загрязнение в водной среде. Поэтому компенсация техногенного воздействия, потенциально реализуемая эрозионной сетью, должна учитываться в пределах «поля распространения» техногенных загрязнителей в жидкой фазе, т. е. водосборного бассейна.

2. Делимитация территории по бассейновому принципу облегчает процесс создания и организации баз географических и экологических данных.

3. Бассейновая модель легко сопрягается и дополняется ландшафтно-геохимической и парадинамической концептуальными моделями.

4. Долинные комплексы являются главным «транспортным коридором» бассейновой ячеи урбогеосистемы и анализ их способности к переносу загрязняющих веществ возможен лишь на основе балансовых расчетов массоэнергопотоков в водосборном бассейне.

Векторная модель. Для уяснения условий распространения поверхностного загрязнения в пределах бассейна, дренируемого исследуемым долинным комплексом, необходима модель, отображающая «вектор техногенного воздействия». Такой моделью может стать карта кривизны земной поверхности, показывающей сочетание плоских, вогнутых и выпуклых поверхностей и тем самым условий для накопления, удаления или транзита жидкого и твердого стока. Данная карта может быть названа картой геохимически открытых (выпуклых поверхностей), полузакрытых (плоские, горизонтальные, ровные поверхности) и закрытых (вогнутые поверхности) местоположений. Бассейновая и векторная пространственные модели дополняются ландшафтно-геохимической и эколого-функциональной моделями с целью анализа взаимного расположения мелиорирующих и дегрессирующих урбологических участков

в каскадной ландшафтно-геохимической системе [5].

Ландшафтно-геохимическая модель отображает структуру каскадной ландшафтно-геохимической системы в пределах водосборного бассейна. С ее помощью выявляется расположение элювиальных, трансэлювиальных, элювиально-аккумулятивных и супераккумулятивных местоположений. Совмещение ландшафтно-геохимической карты с картой поверхностного стока даёт синтетическую карту, отображающую размещение зон сноса и накопления вещества, а также направление массоэнергопереноса.

В ландшафтно-геохимическом отношении элементарная ландшафтно-геохимическая система (ЭЛГС) – это территория, в пределах которой качественный и количественный состав, а также скорость миграционных потоков элементов между компонентами ландшафта обладает сходством в той степени, в какой это обеспечивает единообразие структуры и функционирования данной ландшафтно-геохимической системы на всем занимаемом ею пространстве. В пределах ЭЛГС обратные геохимические связи между компонентами ландшафта (блоками системы) более интенсивны, чем внешние геохимические связи данной ЭЛГС в целом с другими ландшафтно-геохимическими системами [6]. Водосборный бассейн районирован по типам ЭЛГС соответственно по условиям миграции химических элементов.

Ландшафтно-геохимическая модель состоит из карты геохимического районирования территории бассейна и схемы каскадной ландшафтно-геохимической системы концентрации. Критерий для выделения – форма и углы наклона поверхности. Автономные элювиальные ландшафты располагаются на плоских и слабовыпуклых водоразделах с углами наклона поверхности от 0 до 3 градусов, трансэлювиальные – на выпуклых частях склонов, трансаккумулятивные – на вогнутых частях склонов. Основанием к выделению различных типов геохимических ландшафтов послужили карты глубины залегания грунтовых вод, распределения зон денудации и аккумуляции, направления векторов поверхностного стока, карта рельефа.

Эколого-функциональная модель показывает размещение основных функциональных зон (жилая застройка, промышленные площадки, садово-дачные участки, естественная растительность), техногенных сетей (автомобильные и железные дороги). Она позволяет получить картину пространственного размещения источников техногенного загрязнения и искусственных факторов, влияющих на их распространения. При совмещении ландшафтно-геохимической и эколого-функциональной моделей может быть рассчитана градостроительная нагрузка на каждый тип ЭЛГС в процентном отношении площади



различных видов функционального использования территории к площади типа ЭЛГС. Эколого-функциональная модель показывает площадные и линейные объекты, сгруппированные по функциональному признаку и оказываемому экологическому эффекту [5].

Методические процедуры и этапы структурно-функционального анализа

Выполнение задач структурно-функционального анализа осуществляется поэтапно.

1. Создаётся интегрированная модель путём совмещения бассейновой, векторной, ландшафтно-геохимической и эколого-функциональной моделей.

2. Производится подсчёт распределения площадей различных функциональных зон по типам геохимических ландшафтов. Он необходим для предварительной оценки распределения градостроительной нагрузки по территории бассейна. Отношение суммарной площади участков различного землепользования к площади геохимических ландшафтов и площади всего бассейна показывает «нагрузку» всего бассейна в целом и «мобильность», «подвижность» этой нагрузки.

3. Выделяются оценочные полигоны и механические барьеры, по которым строятся урболандшафтные профили. Критериями к выделению оценочных полигонов являются: наличие геохимических барьеров искусственного и естественного происхождения, расположенных по тальвегу долины; наличие значительных по площади, пространственно обособленных функциональных зон. В качестве геохимических барьеров обычно выступают инженерно-строительные сооружения, препятствующие поверхностному стоку на большом протяжении, изолирующие отдельные части водосборного бассейна. Как правило, это крупные дорожные сооружения, имеющие насыпь под дорожным полотном и соответствующее дренажное оборудование. Дренаж имеет слив в естественную эрозионную сеть, и поверхностный сток с территории одного изолированного участка соединяется с поверхностным стоком другого только через тальвег основного эрозионного элемента. Кроме того, крупные транспортные коридоры, как правило, выполняют пограничную функцию в градопланировочной структуре города и отделяют функциональные выделы различной размерности и функционального назначения. В этом случае можно говорить о функциональной цельности геохимически автономных участков. Оценку экологического состояния водосборного бассейна можно проводить в пределах составляющих его оценочных полигонов, функционально и геохимически обособленных.

4. В пределах оценочного полигона выделяются урболандшафтные участки. По положению урболандшафтного участка в геохимической

катене определяется геохимическая соподчиненность различных функциональных зон. Каждому урболандшафтному участку присваивается индекс, отображающий характер и мобильность оказываемого им экологического эффекта. Высчитывается площадь урболандшафтных участков, относящихся к различным функциональным зонам и находящихся в различных геохимических местоположениях. Этот показатель характеризует объем техногенного загрязнения городской территории и его подвижность.

5. Оценка техногенной нагрузки на оценочные полигоны производится путём суммирования векторных и модульных значений урболандшафтных участков по урболандшафтным профилям. В качестве модульного значения урболандшафтного участка принимается его площадь.

6. Разрабатывается схема размещения биокомпенсаторов.

Оценка экологической функции Токмаковского долинного комплекса по компенсации загрязнения поверхностного стока

Токмаковский овраг расположен на южной окраине Заводского района г. Саратова и является потенциальным элементом ландшафтно-экологического каркаса города. Для оценки экологических функций долинного комплекса были проведены следующие действия.

1. Создание географической информационной системы, включающей в себя электронные карты бассейновой, векторной, ландшафтно-геохимической и эколого-функциональной моделей. Схема конфигурации ГИС описана выше.

2. Подсчёт распределения углов наклона территории Токмаковского бассейна. Наибольшие величины поверхностного стока приходятся на восточный склон Лысогорского плато. Почти половину площади бассейна (46%) занимают поверхности с наклоном до 3 градусов, что позволяет предположить, что поверхностный сток с них будет минимальным или вообще отсутствовать при недостаточном увлажнении. Поверхности с наклоном больше 3 градусов занимают 48% площади бассейна, почти половину, и именно с них происходит основной смыв загрязнителей. Днище долины имеет в основном слабый наклон (около 3 градусов), но в нем происходит аккумуляция наносов с почти половины территории бассейна.

3. Характеристика геохимической структуры Токмаковского бассейна. Общая площадь бассейна Токмаковского оврага составляет 8.6 кв. км. Площадь автономных элювиальных ландшафтов составила 2.3 кв. км (27%), трансэлювиальных – 3.4 (40%), трансаккумулятивных – 2 (23%) и супераккумулятивных – 0.9 (10%) кв. км.

4. Подсчёт распределения типов землепользования по типам элементарных геохимических



ландшафтов. В целом на территории бассейна наблюдается следующая картина. Промышленная зона расположена преимущественно на водораздельных поверхностях как наиболее выгодных по инженерно-геологическим условиям. Жилая застройка занимает оставшиеся площади водоразделов Приволжской котловины и их склоны. Садово-дачные массивы приурочены к склонам, а естественная растительность занимает поверхность и крутые склоны в верховьях бассейна.

5. Выделение оценочных полигонов. Для Токмаковского модельного бассейна были выделены следующие оценочные полигоны.

Первый оценочный полигон. Верхняя часть бассейна, включает в себя поверхность Лысогорского плато, входящую в бассейн Токмаковского оврага, залесенное ущелье на восточном склоне плато и всю территорию бассейна выше автодороги Саратов-Волгоград. Это наименее измененная часть бассейна, большую ее часть занимают лесные массивы и садово-дачные участки. Площадь полигона 2.2 км².

Второй оценочный полигон. Комсомольский поселок – его границы определяются двумя геохимическими барьерами: сверху – автодорогой Саратов – Волгоград, снизу – железной дорогой. В основном территория занята малоэтажной усадебной застройкой, не оборудованной организованным сбором и вывозом бытового мусора и канализацией. Отсутствует также система ливневой канализации. На элювиальных поверхностях южного водораздела располагается микрорайон комплексной средне- и многоэтажной застройки. На аналогичных поверхностях северного водораздела находятся складские комплексы и не функционирующий песчаный карьер, на дне которого разместились гаражные кооперативы. Площадь полигона 1.85 км².

Третий оценочный полигон начинается от железной дороги и заканчивается по линии правого отворшка Токмаковского оврага, продолжаясь вдоль пр-та Энтузиастов. Они пересекаются в притальвежной части оврага, образуя сетевой узел смешанного генезиса. По ним проходит граница смены функциональных зон с жилой на садово-дачную и с жилой на промышленную (бывший аэродром авиационного завода). Площадь полигона 2.0 км².

Четвертый оценочный полигон – нижняя часть бассейна, характеризуется яркой асимметрией функционального использования. Его северная часть занята в основном бывшим аэродромом авиационного завода, по периметру которого расположены садовые участки, небольшие склады и отстойники-накопители городской канализации. Довольно крутой (около 10 градусов) склон северной экспозиции южного водораздела занят садово-дачными участками и крупным парком. По склону также проходит автодорога «пр-т Энтузиастов», но здесь она пролегает перпендикулярно к вектору стока, преодолевается

ливневыми и паводковыми водами по системе перепускных дренажей и геохимически не изолирует одну часть склона от другой. В верхней части южного водораздела расположен нефтеперерабатывающий завод и прилегающий к нему жилой массив среднеэтажной застройки. Площадь полигона 2.6 км².

Кроме того, в бассейне выделяются три крупных механических геохимических барьера: автодорога Саратов – Волгоград, железная дорога и лучи сетевого узла «пр-т Энтузиастов – правый отворшек Токмаковского оврага».

6. Выделение урболандшафтных участков. На территории Токмаковского бассейна было выделено 346 урболандшафтных участков, относящихся к основным функциональным зонам (жилой, промышленной, сельскохозяйственной и «природной зелёной»). Создана электронная карта урболандшафтной делимитации бассейна, где каждый урбо-ландшафтный участок (УЛУ) проиндексирован по своей функциональной принадлежности и местоположению в геохимической катене.

7. Построение урболандшафтных профилей. Для построения схемы вертикальной структуры Токмаковского бассейна на трехмерной цифровой модели рельефа была заложена нерегулярная сеть профилей. Один в продольном направлении (по тальвегу оврага), 7 поперечных по ключевым участкам и 3 по геохимическим барьерам. Урболандшафтные профили, проходящие по оценочным полигонам, отображают наиболее характерные для них функциональные выделы (крупные жилые массивы, промышленные зоны, особо опасные источники загрязнения поверхностных вод, садово-дачные кооперативы, обширные участки естественной растительности), определяющее экологическое состояние как всего полигона, так и долинного комплекса. Геохимические барьеры трассируются на всём протяжении.

Анализ ландшафтно-экологической ситуации на территории оценочных полигонов

Первый оценочный полигон наименее освоен с инженерно-строительной точки зрения и наиболее экологически благополучен. Всего на территории этого полигона было выделено 47 УЛУ. Вдоль автодороги Саратов – Волгоград, служащей нижней границей этого оценочного полигона, расположены автотранспортные предприятия, ремонтные мастерские и склады. Основные загрязнения поверхностных вод исходят от этих предприятий и представляют собой нефтепродукты. Они скапливаются в дренажном коллекторе автодороги и оттуда попадают в верховья Токмаковского оврага. Необходима локальная система очистки ливневой канализации, объединяющая все эти предприятия и ориентированная прежде всего на очистку нефтепродуктов.



На территории *второго оценочного полигона* расположен Комсомольский посёлок. Здесь было выделено 28 УЛУ, в основном жилья застройка усадебного типа. Экологический эффект, оказываемый усадебной застройкой, неоднозначен. С одной стороны, наличие внутриворового озеленения благоприятно влияет на микроклимат территории, с другой стороны, отсутствие централизованного вывоза бытового мусора и канализации обуславливает загрязнение территории неофициальными свалками и сточными водами. Большая часть усадебной застройки расположена в геохимически малоподвижных зонах – автономной элювиальной и трансаккумулятивной. Долина оврага занята кустарниковыми зарослями и огородами. На этом участке она ранее выполняла функции общественного парка в сельском варианте. Загрязнение её незначительное. Гаражи в песчаном карьере представляют наибольшую опасность. Карьер выработан в сеноманском водоносном горизонте и горючесмазочные материалы могут распространяться по нему на значительные расстояния. Таким образом, правая часть этого участка в целом экопозитивна, а левая – наоборот. В долине оврага расположены пруды, на основе которых могут быть организованы биокомпенсаторы. Загрязнения из песчаного карьера не могут быть «перехвачены» в долине оврага, так как уходят сразу в грунтовые воды.

На юго-западном водоразделе расположен многоэтажный микрорайон. Плотность населения, насыщенность территории коммунальной инфраструктурой в условиях многоэтажной застройки гораздо выше, чем при усадебной застройке, и поверхностный сток загрязнен гораздо выше. К этому следует добавить дефицит озеленения в данном районе. Многоэтажный микрорайон находится на плоском водоразделе, в условиях автоморфности геохимических процессов. Загрязнения от многоэтажного микрорайона частично переносятся с поверхностным стоком в долину оврага, а частично в результате инфильтрации попадают в сеноманский водоносный горизонт, область разгрузки которого приходится на участок оврага выше железной дороги. На этом участке необходима организация биоплато.

На территории *третьего оценочного полигона* в основном располагаются массивы среднеэтажной застройки, а также часть крупного машиностроительного предприятия – подшипниковой завода. Было выделено 77 урболандшафтных участков. Перепад высот между юго-западным водоразделом и тальвегом Токмаковского оврага достигает 40 м на расстоянии менее километра, и геохимическая палитра представлена здесь в полном объёме – от автономных элювиальных ландшафтов до супераквальных. На территории участка присутствуют различные

морфотипы жилой застройки, крупный подшипниковый завод, большие массивы садово-дачных участков. По правому водоразделу и склону бассейна расположен крупный микрорайон среднеэтажной застройки, один из четырех на данном участке. В нижней части склона находится крупный массив садово-дачных участков. Он примыкает вплотную к оврагу, занимая и его долину. На противоположной стороне от оврага, на месте засыпанного левого отвержка, построено несколько девятиэтажных домов.

Четвертый оценочный полигон. Здесь было выделено 183 урболандшафтных участка. По правому водоразделу расположен большой массив среднеэтажной застройки. Правый склон занят садово-дачными участками. Долина оврага заполнена лесо-кустарниковой растительностью с включением огородов. На левом склоне находятся отстойники городской канализации, гаражно-строительные кооперативы, складские предприятия. Левый водораздел и верхняя часть склона заняты пустырем на месте испытательного аэродрома бывшего авиационного завода. В прибрежной части находятся пос. Князевка и Лесопильный, а также садовые участки.

Суммируя данные, полученные в результате структурно-функционального анализа оценочных полигонов, можно прийти к следующим выводам.

1. На территории Токмаковского водосборного бассейна существуют четыре отдельные области водосбора, связанные однонаправленным переносом техногенных загрязнителей. Характер и подвижность площадного загрязнения зависят от распределения различных функциональных зон по типам геохимических ландшафтов.

2. Оценка градоэкологической ситуации на территории оценочных полигонов позволяет провести их ранжирование. Наиболее благополучно положение в верхней части бассейна (первый оценочный полигон). Здесь необходима очистка стока с небольшой площади транспортно-складских предприятий, расположенных вдоль автомагистрали. Следующим по степени экологического благополучия является территория четвертого оценочного полигона – нижней части бассейна, несмотря на то, что большая часть территории отнесена к промышленной зоне. Однако в данном случае необходимы иссушение и санация иловых площадок – отстойников городской канализации, так как периодические утечки из них серьёзно влияют на экосистему долины. Средняя часть бассейна находится в наиболее сложном положении (второй и третий оценочные полигоны). Территорию бассейна здесь пересекают транспортные магистрали, между которыми расположены жилые районы, крупные промплощадки, несколько АЗС, гаражно-строительные кооперативы и т. п. Второй оценочный полигон занят в основном жилой застройкой, причем по большей части усадебного



типа, поэтому здесь, прежде всего, необходима компенсация азотных и фосфорных соединений. Третий оценочный полигон в основном занят многоэтажной жилой застройкой и промплощадками. Экологическая ситуация здесь наиболее сложная.

Естественная очистка поверхностного стока

На завершающем инвентаризационную стадию этапе геоэкологического анализа необходимо оценить компенсационный потенциал самого долинного комплекса как конечного звена каскадной ландшафтно-геохимической системы. Компенсационный потенциал складывается из способности внутренних элементов долинного комплекса к фильтрации, поглощению и депонированию техногенного загрязнения поверхностного стока. Такими элементами могут быть искусственные фильтры, участки растительности, водоёмы, депонирующие среды (илы и почвы). На сегодняшний момент в отношении Токмаковского оврага возможно лишь выявить водоёмы и растительные ассоциации, расположенные на путях движения техногенного загрязнения и потенциально способные к выполнению компенсаторной функции. Для анализа их распределения на всём протяжении водосборного бассейна были построены два продольных профиля, отображающих структуру бассейна и долинного комплекса.

Более половины протяжения тальвежной линии бассейна приходится на подтопленную территорию, соответствующую супераквальному типу ландшафтно-геохимических систем. Это значит, что накопление загрязняющих веществ происходит здесь при участии не только поверхностного, но и грунтового стока. Супераквальный режим формирования почв дна долины присутствует почти на всём протяжении оврага, на территории наиболее интенсивно экологически нагруженных оценочных полигонов.

Практически вся долина занята естественной и культурной растительностью, искусственными водоёмами. Анализ функционального использования различных участков долины в их суперпозиции с функциональным использованием оценочных полигонов показывает следующие результаты.

Характер функционального использования долины на 1-м участке в целом соответствует окружающей усадебной застройке. Долина занята лесохозяйственными зарослями с включениями огородов, есть три небольших чистых пруда. На этот отрезок оврага приходится поверхностный сток с Комсомольского посёлка, грунтовый сток из песчаного карьера, занятого гаражами, и часть стока с автодороги Саратов – Волгоград. Общее экологическое состояние долины оврага в пределах 1-го участка довольно благополучное, растительность не угнетена,

долина не замусорена. Предварительное заключение: 1-й участок долины Токмаковского оврага может быть включен в состав ландшафтно-экологического каркаса с целью выполнения компенсаторной, транспортной, биопродуктивной, рекреационной и эстетической функций.

На 2-м участке долина оврага представляет собой разительный контраст с окружающей территорией – она образует как бы зелёный коридор среди многоэтажных домов и цехов заводов. Массивы садово-дачных участков приурочены к склонам восточной экспозиции и вплотную примыкают к долине оврага. Они отделяют многоэтажные жилые районы от долины и принимают на себя большую часть загрязнения поверхностного стока. Здесь сформировалось два участка с критической экологической ситуацией и оба связаны с прудами. Первый пруд возник стихийно, в результате засорения перепускного коллектора под ул. Азина. Как следствие этого, в зоне подтопления оказались несколько 9-этажных домов, построенных на месте засыпанного отвержка оврага. Второй пруд существовал давно и служил для полива прилегающих садов и огородов. Однако в результате неорганизованного накопления мусора в долине оврага его санитарно-гигиеническое состояние стало критическим. В целом экосистема долинного комплекса на 2-м участке почти полностью разрушена. Однако отдельные ландшафтно-экологические функции Токмаковский овраг может выполнять и здесь. Необходимы санация прудов, строительство грамотного дренажа, озеленительные мероприятия. Последние особенно актуальны для района с выраженным дефицитом рекреационных пространств и обилием жилой застройки.

Устьевой, 3-й участок долины Токмаковского оврага в наименьшей степени подвергся градостроительному освоению. Здесь сохранились массивы естественного озеленения с небольшими по площади включениями огородов. Однако присутствие на четвертом оценочном полигоне бассейна оврага отстойников городской канализации исключает использование долины оврага для рекреационных целей. В случае их ликвидации и санации территории возможно использовать экосистему долины для выполнения практически всех ландшафтно-экологических функций.

Рекомендации по размещению биокомпенсаторов в долине Токмаковского оврага

Основным практическим результатом структурно-функционального анализа бассейна Токмаковского оврага стала выработка рекомендаций по строительству в долине каскада биокомпенсаторов в виде биопрудов, бьефов и почвенных фильтров. При этом необходимо использовать в качестве биокомпенсаторов существующие пруды и участки естественной растительности.



В результате проведённой оценки распределения площадных и линейных источников загрязнения можно составить в первом приближении схему размещения биокомпенсаторов (рисунок). Схема, приведенная на рисунке, отображает пространственные характеристики и не включает в себя качественных характеристик. Биокомпенсаторы расположены на узлах пересечения направлений техногенного воздействия.

1-й биокомпенсатор предполагается организовать на основе каскада прудов в верхней части долины. Он должен очищать загрязнения, смываемые с территории окружающего жилого массива, а также часть загрязнения с верхней части бассейна. Суммарная площадь водоёмов составляет около 1 га. Пруды окружены лесостарниковыми зарослями, камышами, огородами. В целом этот участок долины оврага ещё лет 20–30 назад довольно активно использовался местным населением в качестве рекреационной и сельскохозяйственной зон.

2-й биокомпенсатор может быть организован в районе пересечения Токмаковского оврага с ул. Азина. На нём должны очищаться прежде всего загрязнения с прилегающего района многоэтажной застройки и автотранспортного предприятия, расположенного по линии оврага вдоль железной дороги. Кроме того, в 250 м западнее пересечения оврага ул. Азина в ручей слева через подземный коллектор осуществляется сброс сточных вод подшипникового завода. Поэтому

видовой состав биокомпенсатора должен быть ориентирован в первую очередь на очистку нефтепродуктов.

3-й биокомпенсатор необходимо разместить у границы оценочных полигонов № 3 и № 4 – пр-те Энтузиастов. Здесь концентрируются загрязнители поверхностного стока с территории двух районов среднеэтажной застройки, расположенных по склонам бассейна. Помимо этого бытовые стоки одного из районов с расходом более 150 л/с сбрасываются по коллектору. Видовой состав биокомпенсатора должен быть ориентирован на нейтрализацию нитратных и фосфатных соединений.

4-й биокомпенсатор предлагается разместить в устьевой части долины Токмаковского оврага. Он должен перехватывать загрязняющие вещества, прошедшие через вышестоящие биокомпенсаторы, и нейтрализовать утечки из отстойников городской канализации.

Суммарная площадь предполагаемых биокомпенсаторов в виде биопрудов составляет около 6,5 га. Площадь долины, потенциально свободной для строительства различного рода биокомпенсаторов, – около 30 га. Поэтому представляется целесообразным организация целой системы биокомпенсации загрязнения поверхностных вод, сочетающей почвенные фильтры, биопруды, древесную и кустарниковую растительность, прибрежные травянистые растения.

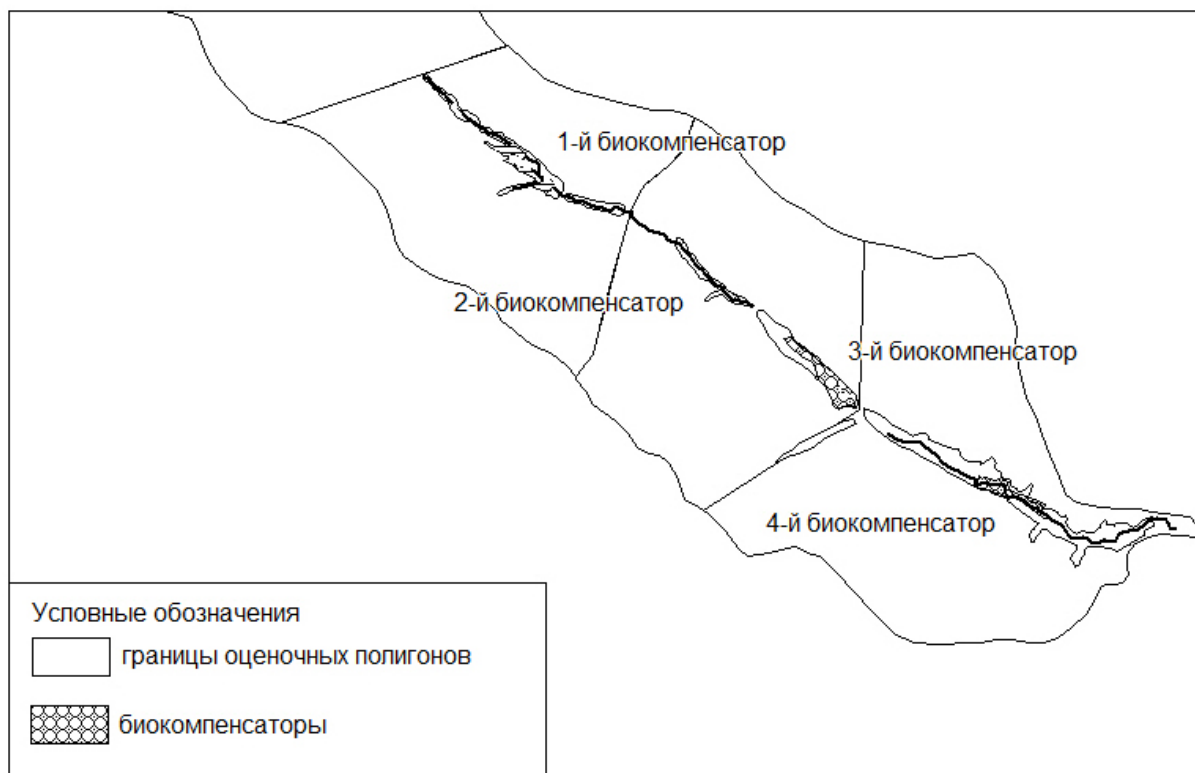


Схема размещения биокомпенсаторов в долине Токмаковского оврага



Выводы

Совмещение бассейновой, векторной, ландшафтно-геохимической и эколого-функциональных моделей позволяет осуществить оценку экологической функции компенсации техногенного загрязнения долинных комплексов.

Структурно-функциональный анализ модельного долинного комплекса показывает, что Токмаковский овраг обладает морфологическими, гидрологическими и биоценологическими свойствами, позволяющих в перспективе организовать очистку поверхностных вод с помощью биокомпенсаторов.

Библиографический список

1. Кононов В. А., Еремин В. Н., Артемьев С. А., Колодочка Б. А., Небесная В. Е., Гридасова А. В., Евграфова В. А., Чуваева Т. А., Семин А. Г., Мещеряков Ф. В., Мосияж С. А., Симбукова О. Л., Сомов А. Ю., Молостовский Э. А., Киселева Н. П., Макаров В. З., Пролеткин И. В., Головова Т. М., Устинова Г. В., Спеловская Е. Э. [и др.] Урбани-

рованная территория как среда обитания человека (на правах Доклада о состоянии окружающей среды Саратова в 1997 году). Саратов : ИЦ «Добродетя» ; ГП «Саратовтелефильм», 1998. 168 с. EDN: UKDJCF

2. Экологическая биотехнология / под ред. К. Ф. Форстера, Д. А. Вейда. Л. : Химия, 1990. 384 с. EDN: KCZPTJ
3. Вдовин Ю. И., Мальсанов Б. В., Рашевская И. В. Экологическое оздоровление водоёмов урбанизированных ландшафтов // Проблемы строительства, инженерного обеспечения и экологии городов / под ред. Ю. И. Вдовина. Пенза : Приволжский Дом Знаний, 2001. С. 63–66. EDN: RXCVOR
4. Лазарева И. В., Маевская В. Г. Охрана территориальных ресурсов градостроительства. Киев : Будівельник, 1986. 126 с. EDN: YBMNOH
5. Макаров В. З. Ландшафтно-экологический анализ крупного промышленного города. Саратов : Изд-во Саратовского университета, 2001. 178 с. EDN: WJQTRB
6. Глазовская М. А. Ландшафтно-геохимические системы и их устойчивость к техногенезу // Биогеохимические циклы в биосфере. М. : Наука, 1976. 386 с.

Поступила в редакцию 15.10.2024; одобрена после рецензирования 09.11.2024; принята к публикации 19.12.2024; опубликована 28.02.2025

The article was submitted 15.10.2024; approved after reviewing 09.11.2024; accepted for publication 19.12.2024; published 28.02.2025



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 13–19

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 13–19

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-13-19>, EDN: FROCTD

Научная статья

УДК 628.45



Оптимизация размещения объектов сбора и переработки твердых коммунальных отходов (на примере Балашовского района Саратовской области)

Д. В. Папилин[✉], М. Ю. Проказов

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

Папилин Дмитрий Вячеславович, магистрант, dmitrypapilinv@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-2401-5392>

Проказов Михаил Юрьевич, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии, mp37@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8765-4321>

Аннотация. Проблема обращения с твёрдыми коммунальными отходами в России становится всё более актуальной, требуя внедрения эффективных территориально-ориентированных решений. В статье анализируются вопросы оптимизации размещения объектов сбора и переработки твёрдых коммунальных отходов на примере Балашовского района Саратовской области. Основное внимание уделяется использованию методов линейного программирования и геоинформационного моделирования для выбора оптимальных мест размещения мусороперерабатывающих заводов. Применение ГИС-технологий и методов пространственного анализа позволило провести зонирование территории и оценку экологических рисков. Разработана оптимальная схема размещения объектов сбора и переработки твёрдых коммунальных отходов для Балашовского района Саратовской области. Предложенная схема позволяет минимизировать затраты на транспортировку отходов и максимизировать эффективность их переработки, что способствует созданию более устойчивой и экономически выгодной системы обращения с отходами в регионе.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, оптимизация размещения, мусороперерабатывающий завод, Саратовская область, Балашовский район, геоинформационные системы, экономическая оценка

Для цитирования: Папилин Д. В., Проказов М. Ю. Оптимизация размещения объектов сбора и переработки твердых коммунальных отходов (на примере Балашовского района Саратовской области) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 13–19. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-13-19>, EDN: FROCTD

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

Article

Optimizing the placement of municipal solid waste collection and processing facilities (using the example of Balashovsky district of the Saratov region)

D. V. Papilin[✉], M. Yu. Prokazov

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

Dmitry V. Papilin, dmitrypapilinv@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-2401-5392>

Mikhail Yu. Prokazov, mp37@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8765-4321>

Abstract. The problem of solid municipal waste (SMW) management in Russia is becoming increasingly relevant, requiring the implementation of effective territorially-oriented solutions. The article analyzes the issues of optimizing the placement of SMW collection and processing facilities using the example of Balashovsky district of the Saratov region. The main focus is on using linear programming methods and geoinformation modeling to select optimal locations for waste processing plants. The application of GIS technologies and spatial analysis methods allowed for zoning of the territory and assessment of environmental risks. An optimal scheme for the placement of SMW collection and processing facilities for Balashovsky district of the Saratov region has been developed. The proposed scheme minimizes waste transportation costs and maximizes processing efficiency, contributing to the creation of a more sustainable and economically viable waste management system in the region.

Keywords: solid municipal waste, placement optimization, waste processing plant, Saratov region, Balashovsky district, geographic information systems, economic assessment

For citation: Papilin D. V., Prokazov M. Yu. Optimizing the placement of municipal solid waste collection and processing facilities (using the example of Balashovsky district of the Saratov region). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 13–19 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-13-19>, EDN: FROCTD

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



Введение

Проблема утилизации и переработки твёрдых коммунальных отходов (ТКО) остаётся одной из наиболее острых экологических проблем в России. Несмотря на введение федеральных программ по улучшению системы обращения с отходами, таких как национальный проект «Экология», федеральный проект «Комплексная система обращения с твёрдыми коммунальными отходами» [1], значительная часть отходов продолжает захораниваться на полигонах, что создаёт угрозу загрязнения почвы, воздуха и воды. По данным Росстата, в 2020 г. было собрано более 60 млн т ТКО, из которых только 10% было переработано [2]. Это подчеркивает необходимость в оптимизации размещения объектов, связанных с их сбором, транспортировкой и переработкой. Как отмечает С. Бин, логистика управления твердыми коммунальными отходами представляет собой сложную задачу, требующую комплексного подхода к планированию и оптимизации маршрутов [3].

В Саратовской области проблема переработки твердых коммунальных отходов стоит особенно остро. По данным регионального министерства природных ресурсов и экологии, в области ежегодно образуется около 1.5 млн т ТКО, при этом уровень их переработки не превышает 7–10% [4]. На текущий момент в регионе функционирует только одно крупное предприятие по переработке ТКО – ООО «Управление отходами», расположенное в Энгельском районе. Это не позволяет эффективно решать проблему утилизации отходов во всей области. Особенно остро стоит вопрос в отдаленных районах, таких как Балашовский, где транспортировка отходов на существующий завод экономически нецелесообразна. Таким образом, оптимизация размещения объектов сбора и переработки ТКО в Саратовской области, в частности, в Балашовском районе, является крайне актуальной задачей, решение которой позволит значительно улучшить экологическую ситуацию в регионе и повысить эффективность управления отходами.

Целью исследования является разработка оптимальной схемы размещения объектов сбора и переработки ТКО на территории Саратовской области. В качестве объектов исследования выбран Балашовский район Саратовской области.

В ходе исследования решались следующие задачи:

- 1) изучить теоретические основы оптимизации размещения объектов ТКО, включая методы и критерии выбора мест для мусороперерабатывающих заводов (МПЗ);
- 2) провести анализ географических, экономических и экологических факторов, влияющих на выбор мест для размещения МПЗ;

- 3) разработать и протестировать модель оптимизации размещения точек сбора и переработки ТКО, выполнить экономическую оценку предложенной схемы.

Предшествующие исследования

Исследование основано на комплексном анализе данных из различных источников и применении современных методов оптимизации и пространственного анализа.

В своих работах отечественные и зарубежные авторы неоднократно поднимали вопрос оптимизации схем обращения с отходами. Так, значительный интерес представляет исследование В. В. Рубинова и В. А. Фетисова «Разработка модели оптимизации потоков ТКО на уровне маршрутов» [5]. Авторы предлагают многоуровневую модель оптимизации потоков ТКО, учитывающую не только расстояния между пунктами сбора и переработки, но и временные затраты на транспортировку. Ключевые аспекты их подхода включают:

- использование теории графов для моделирования маршрутов;
- учет временных окон для вывоза ТКО из различных районов;
- применение эвристических алгоритмов для решения задачи маршрутизации.

Другой важный вклад в решение проблемы оптимизации обращения с ТКО внес Р. С. Рогулин с соавторами в работе «Решение транспортной задачи линейного программирования с учетом времени и максимального потока» [6]. Он предлагает комплексный подход к решению транспортной задачи, комбинируя методы линейного программирования с анализом максимального потока в сети. Основные положения его метода включают:

- использование модифицированного симплекс-метода для учета временных ограничений;
- применение алгоритма Форда–Фалкерсона для определения максимального потока;
- интеграцию ГИС для визуализации и анализа результатов.

Значительный вклад в исследование проблем оптимизации управления отходами внесли зарубежные ученые. Исследование А. Generowicz с соавторами [7] фокусируется на применении методов многокритериального анализа для оптимизации размещения объектов переработки отходов. Коллектив китайских авторов [8] разработал модель оптимизации маршрутов сбора отходов с использованием генетических алгоритмов, что позволило значительно сократить затраты на транспортировку.

В работе Х. Ху с соавторами [9] рассматриваются возможности проектирования сети сбора и переработки отходов с учетом неопределенности входных данных.



Для предложенной в данной статье модели авторы в качестве источников данных использовали картографические материалы: топографические и геологические карты, карты почв, углов наклона поверхности и гидрографии для Балашовского района Саратовской области [10], статистические данные: отчёты Росстата и данные Министерства природных ресурсов и экологии Саратовской области [11], технические нормативы: СНиПы и СП, касающиеся проектирования промышленных объектов, расчётов нагрузок, климатологических данных и защиты строительных конструкций [12].

Материалы и методы

В работе применялись следующие методы и инструменты.

1. *Геоинформационные системы (ГИС)*. ГИС использовались для пространственного зонирования и кластеризации территорий на основе коэффициента отходов на жителя, а также для анализа географических и экологических характеристик районов. Этот подход согласуется с исследованием G. Chiani с соавторами [13], предложивших модель размещения пунктов сбора отходов в городских системах управления отходами.

2. *Кластеризация территории методом K-средних*. Для разделения точек сбора ТКО на кластеры применялся алгоритм K-means [14]. Математически это можно описать следующим образом:

Пусть $x_1, \dots, x_n$ – множество точек сбора ТКО, где каждая точка x_i представлена координатами (широта, долгота). Цель алгоритма – разбить n точек на k кластеров $S = S_1, \dots, S_k$, минимизируя сумму квадратов расстояний от точек до центров их кластеров:

$$\min \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} |x_j - \mu_i|^2,$$

где $S = \{S_1, \dots, S_k\}$ – множество кластеров, x_j – координаты точки сбора ТКО, μ_i – центроид кластера.

3. *Линейное программирование*. Методы линейного программирования использовались для оптимизации размещения объектов сбора ТКО и определения наилучших мест для строительства мусороперерабатывающего завода (МПЗ). Главной целью оптимизации являлась минимизация затрат на транспортировку отходов при максимальном охвате населения перерабатывающими мощностями.

4. *Алгоритм поиска кратчайшего пути (алгоритм Дейкстры)*. Для оптимизации маршрутов использовался алгоритм Дейкстры [15]. Пусть $G(V, E)$ – граф, где V – множество вершин

(перекрестков), E – множество рёбер (дорог). Алгоритм находит кратчайший путь от начальной вершины s до всех остальных вершин.

Инициализация: $d(s) = 0$, $d(v) = \infty$ для всех $v \neq s$.

Пока есть непосещённые вершины:

- выбрать вершину u с минимальным $d(u)$,
- для каждого соседа v вершины u :
если

$$d(v) > d(u) + w(u, v), \text{ то } d(v) = d(u) + w(u, v),$$

где $d(v)$ – кратчайшее известное расстояние до вершины v , $w(u, v)$ – вес ребра между u и v .

5. *Территориальный анализ*. Методы территориального анализа позволили провести комплексную оценку участков для строительства: геоморфологический анализ выявил пригодные территории на основе уклона поверхности, гидрографии и наличия эрозионных процессов, экологический анализ помог минимизировать негативное воздействие строительства. А. В. Востряковым, Ф. И. Ковальским были исследованы и геологические условия территории, в частности литология [16].

6. *Оценка эффективности оптимизации*. Для оценки эффективности оптимизации использовались следующие метрики:

- сокращение общей длины маршрутов:

$$\Delta L = L_{\text{initial}} - L_{\text{optimized}},$$

где L_{initial} – изначальное расстояние, $L_{\text{optimized}}$ – оптимизированное расстояние;

- экономия транспортных издержек:

$$\Delta F = (L_{\text{initial}} - L_{\text{optimized}}) \cdot \left(\frac{\text{Цена топлива}}{\text{за 1 км}} \right);$$

- сокращение выбросов CO₂:

$$\Delta \text{CO}_2 = (L_{\text{initial}} - L_{\text{optimized}}) \cdot \left(\frac{\text{Выбросы CO}_2}{\text{на 1 км пути}} \right).$$

7. *Визуализация результатов*. Для наглядного представления результатов использовались методы геопространственной визуализации, включая построение карт с помощью библиотеки Folium и визуализацию кластеров с использованием scatterplot в Matplotlib.

8. *Экономическая оценка проекта* произведена согласно методике, разработанной М. В. Березюком с соавторами [17]. Норма амортизационных отчислений рассчитывается по формуле:

$$K = \left(\frac{1}{n} \right) \cdot 100\%,$$

где K – норма амортизации в процентах, n – срок полезного использования основного средства в годах,

$$K = \left(\frac{1}{5} \right) \cdot 100\% = 20\%.$$

При проведении экономической оценки проекта были учтены принципы инвестиционного



анализа, изложенные в работе Т. В. Тепловой [18].

Дополнительно на основе методики Н. М. Ларионова, А. С. Рябышенкова [19] были проведены расчеты экономической эффективности оптимизации маршрутов сбора ТКО.

Результаты и их обсуждение

В результате территориального анализа был выбран Балашовский район Саратовской области как наиболее перспективный для планируемой постройки мусороперерабатывающего завода. Этот район характеризуется высокой степенью заполненности существующих полигонов для ТКО и удаленностью от действующих мусороперерабатывающих заводов, что затрудняет эффективную переработку отходов.

Для наглядного представления результатов кластеризации был создан график (рис. 1), отображающий пространственное распределение точек сбора ТКО. Такая визуализация помогает лучше понять пространственную структуру оптимизированной системы сбора и переработки ТКО в Балашовском районе.

На основе кластеризации были выделены точки сбора ТКО и проведена их оптимизация размещения, что позволило равномерно распределить нагрузку на транспортную систему района (рис. 2).

Расчеты экономической эффективности оптимизации маршрутов сбора ТКО должны учитывать следующие исходные данные.

1. Расход топлива: используемый автомобиль (Камаз 3517В ш. 65117) расходует в среднем 34 литра на 100 км, или 0.340 литров на 1 км.

2. Стоимость топлива: в Саратовской области цена на 1 литр дизельного топлива составляет 63.35 руб. Таким образом, стоимость топлива на 1 км пути составляет 21.539 руб.

3. Выбросы CO₂: рассчитаны по формуле $CO_2 \text{ (кг/км)} = \text{Расход топлива (л/100 км)} \times \frac{2.68}{100}$. Для нашего случая это составляет 0.938 кг CO₂ на 1 км пути.

Оптимизация размещения точек сбора ТКО позволила сократить расстояние маршрутов транспорта вывоза, результаты представлены в табл. 1.

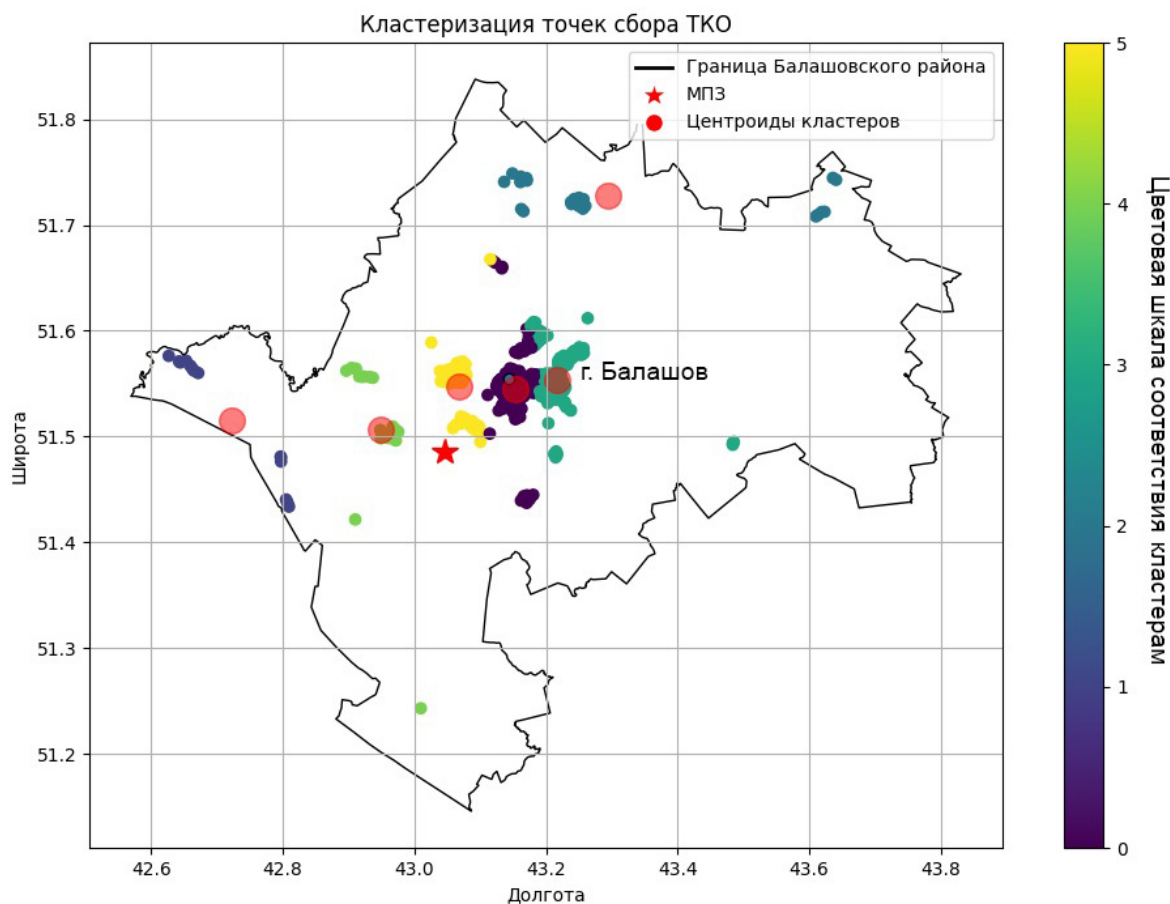


Рис. 1. Результат кластеризации точек Балашовского района Саратовской области (расположение предлагаемого мусороперерабатывающего завода отмечено красной звездочкой, а центроиды кластеров – большими полупрозрачными красными кругами) (цвет онлайн)

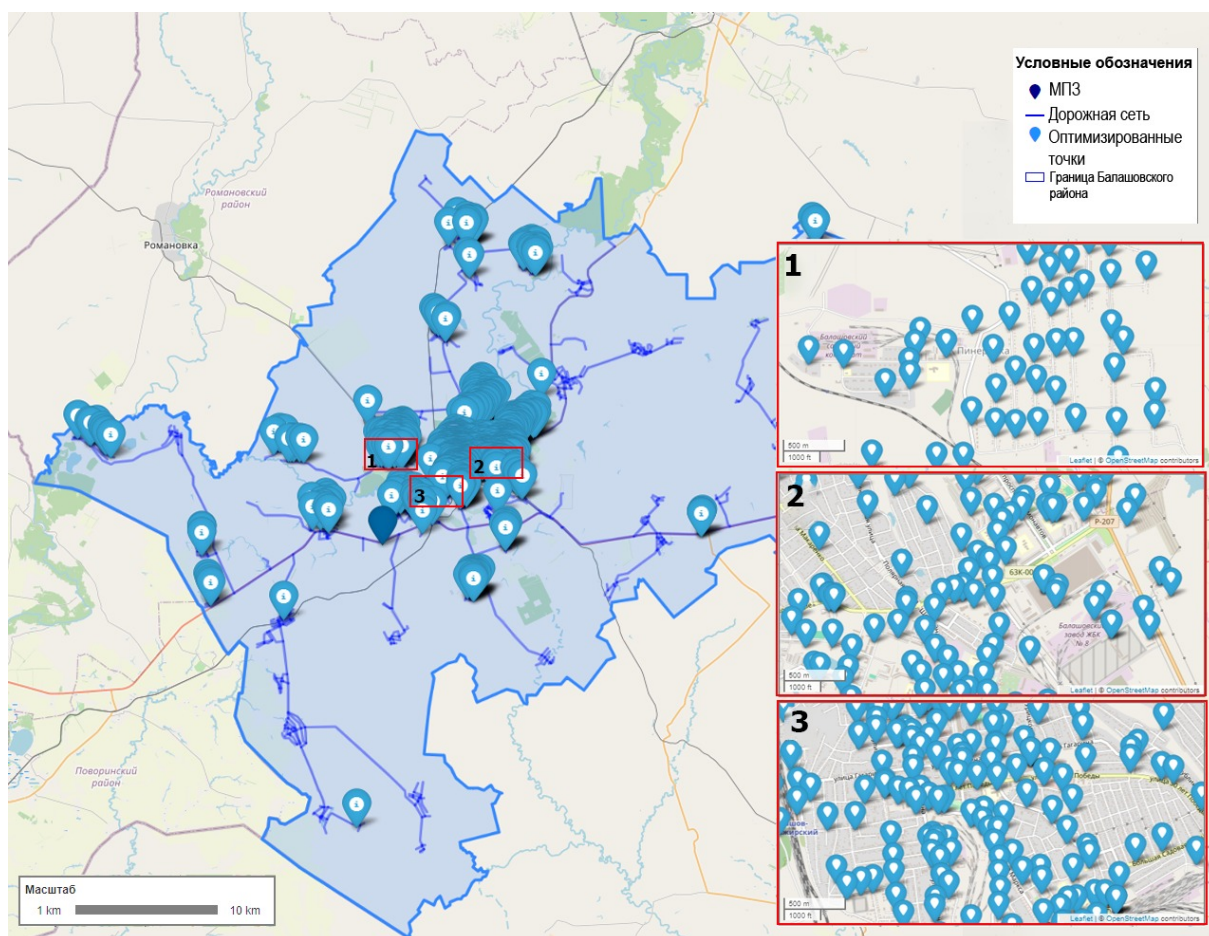


Рис. 2. Схема оптимизированных точек сбора ТКО в Балашовском районе Саратовской области (цифрами 1, 2, 3 отображена территория северо-западной, восточной и южной частей г. Балашова соответственно) (цвет онлайн)

Таблица 1

Сравнительная характеристика существующей и предлагаемой модели

Показатель	Существующая модель	Предложенная модель	Изменение	Преимущества новой модели
Среднее расстояние между точками	0.11 км	0.08 км	–27.27%	Более равномерное распределение точек сбора
Общая длина маршрутов	11139.60 км	8735.23 км	–21.58%	Снижение времени в пути и затрат на обслуживание
Общая стоимость топлива	239935.84 руб.	188148.12 руб.	–51787.72 руб.	Существенная экономия топлива
Выбросы CO ₂	10448.94 кг	8193.65 кг	–2255.29 кг	Снижение экологической нагрузки и выбросов
Количество точек сбора	668	554	–17.07%	Оптимизация количества точек сбора
Средняя длина маршрута	16.68 км	12.34 км	–26.02%	Более эффективные маршруты
Стоимость топлива на маршрут	359.27 руб.	265.79 руб.	–26.02%	Экономия на топливе на каждом маршруте
Выбросы CO ₂ на маршрут	15.65 кг	11.57 кг	–26.02%	Снижение выбросов на каждый маршрут



Анализ результатов показывает, что предложенная модель значительно улучшает эффективность системы сбора и переработки ТКО. Сокращение общей длины маршрутов на 21.58% и снижение затрат на топливо на 26.02% подтверждают экономическую целесообразность новой схемы. Кроме того, уменьшение выбросов CO₂ на 2255.29 кг свидетельствует о положительном экологическом эффекте оптимизации.

Экономическая оценка проекта была произведена следующим образом. Стоимость строительства одного мусороперерабатывающего завода мощностью 100 тыс. т в год составляет 202.4 млн руб. Окупаемость проекта прогнозируется на уровне 3 лет. Величину амортизации считаем линейным методом, исходя из стоимости оборудования 7057006 руб. и срока эксплуатации 5 лет. Амортизационные отчисления составят:

$$A = \left(\frac{7057006 \cdot 0.2}{12} \right) = 117617 \text{ руб./месяц.}$$

Предположим, что операционные расходы составляют 50% от выручки, тогда среднегодовая чистая прибыль будет составлять 478.5 млн руб.

Существуют и факторы риска, которые могут возникнуть в процессе производства и привести к ухудшению финансового положения предприятия на разных стадиях его существования [20]. Общий перечень рисков указан в табл. 2.

Представленные риски охватывают ключевые аспекты производственной деятельности: инфраструктурные, экономические, кадровые и технологические. Основные угрозы связаны с ростом затрат (на сырьё, налоги, освоение технологий), нехваткой квалифицированных кадров и ресурсных резервов, а также с поломками оборудования и нестабильностью качества сырья. Для снижения их влияния рекомендуется оптимизировать внутренние процессы, улучшить кадровую политику, внедрить профилактическое обслуживание оборудования и использовать долгосрочные контракты с поставщиками.

Заключение

Результаты исследования показали, что предложенная схема размещения объектов ТКО в Балашовском районе Саратовской области может существенно улучшить экономический критерий системы обращения с отходами в регионе. Оптимизация размещения мусороперерабатывающих заводов и точек сбора ТКО позволит не только сократить затраты на транспортировку отходов, но и повысить уровень переработки отходов, снизив тем самым нагрузку на окружающую среду. Использование системы графов для моделирования маршрутов и экономическая эффективность предложенной схемы подтверждают её целесообразность. Кроме того, важно отметить, что оптимизация маршрутов сбора ТКО значительно снижает выбросы CO₂, что способствует улучшению экологической ситуации в регионе. Предложенная методика будет актуальна для других районов Саратовской области [21]. В целом реализация предложений настоящей работы может рассматриваться как один из значимых элементов позитивных экологических изменений в регионе [22].

Библиографический список

1. Федеральный проект «Комплексная система обращения с твёрдыми коммунальными отходами». URL: <https://www.gosproject.ru/project/waste-management> (дата обращения: 11.04.2024).
2. Основные показатели охраны окружающей среды / Федеральная служба государственной статистики (Росстат). М., 2020. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 11.04.2024).
3. Bing X., Bloemhof J. M., Ramos T. R. P., Barbosa-Povoa A. P., Wong C. Y., van der Vorst J. Research challenges in municipal solid waste logistics management // Waste Management. 2016. Vol. 48. P. 584–592. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.025>

Таблица 2

Риски производства на разных стадиях производства

Вид риска	Отрицательное влияние
Удалённость от инженерных сетей	Дополнительные капитальные вложения на проведение электроэнергии, тепла, воды
Рост налогов	Уменьшение чистой прибыли
Рост цен на сырьё, материалы, перевозки	Снижение прибыли из-за роста цен
Квалификация кадров	Снижение ритмичности, рост брака, увеличение аварий
Поломка оборудования	Увеличение простоев и затрат на ремонт
Нестабильность качества сырья	Уменьшение объемов производства из-за переналадки оборудования, снижение качества продукта
Новизна технологий	Увеличение затрат на освоение, снижение объемов производства
Отсутствие резерва мощностей	Невозможность покрытия пикового спроса, потери производства при авариях



4. Территориальная схема обращения с отходами Саратовской области / Министерство природных ресурсов и экологии Саратовской области. URL: https://www.minforest.saratov.gov.ru/info/?SECTION_ID=89 (дата обращения: 10.12.2024).
5. Рубинов В. В., Фетисов В. А. Разработка модели оптимизации потоков ТКО на уровне маршрутов // Системный анализ и логистика. 2021. № 4 (30). С. 68–75. <https://doi.org/10.31799/2077-5687-2021-4-68-75>, EDN: HAMJQE
6. Розулин Р. С., Нечаев П. В., Плешанов Д. Е. Решение транспортной задачи линейного программирования с учетом времени и максимального потока // Транспортное дело России. 2018. № 4. С. 79–82. EDN: XWTRWX
7. Generowicz A., Kowalski Z., Kulczycka J. Planning of Waste Management Systems in Urban Area Using Multi-Criteria Analysis // Journal of Environmental Protection. 2011. Vol. 2. P. 736–743. <https://doi.org/10.4236/jep.2011.26085>
8. Zhang Y., Luo X., Han X., Lu Y., Wei J., Yu C. Optimization of Urban Waste Transportation Route Based on Genetic Algorithm // Security and Communication Networks. 2022. Vol. 2022. Article ID 8337653. <https://doi.org/10.1155/2022/8337653>
9. Xu X., Wang F., Chen Y., Yang B., Zhang S., Song X., Shen L. Design of urban medical waste recycling network considering loading reliability under uncertain conditions // Computers & Industrial Engineering. 2023. Vol. 183. Article ID 109471. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109471>
10. Балашовский район: гипсометрическая карта [Карты] / сост. и подгот. к изд. Саратовгражданпроект. Масштаб 1:300 000. Саратов : Саратовгражданпроект, 2008.
11. О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2022 году. URL: https://minforest.saratov.gov.ru/info/?SECTION_ID=65&ELEMENT_ID=4622 (дата обращения: 10.12.2024).
12. СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001. М. : Стандартинформ, 2017. 52 с.
13. Ghiani G., Laganà D., Manni E., Triki C. Capacitated location of collection sites in an urban waste management system // Waste Management. Vol. 32, № 7. P. 1291–1296. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.02.009>
14. Scikit-learn developers. DBSCAN: Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise // Scikit-learn : Machine learning in Python. URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.cluster.DBSCAN.html> (дата обращения: 11.04.2024).
15. Левитин А. Алгоритмы: введение в разработку и анализ. М. : Вильямс, 2006. 574 с.
16. Востряков А. В., Ковальский Ф. И. Геология и полезные ископаемые Саратовской области : учеб. пособие. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1986. 125 с.
17. Березюк М. В., Румянцева А. В., Румянцева Е. И. Эколого-экономическое обоснование проекта по переработке твердых коммунальных отходов на основе современных технологий // Вестник ВГУ. Серия : Экономика и управление. 2017. № 3. С. 31–38. EDN: YKHFQN
18. Теплова Т. В. Инвестиции : учебник и практикум для вузов ; 2-е изд., перераб. и доп. М. : Юрайт, 2024. 781 с.
19. Ларионов Н. М., Рябышенков А. С. Промышленная экология : учебник и практикум для вузов ; 4-е изд., перераб. и доп. М. : Юрайт, 2024. 472 с.
20. Экономика природопользования : учебник / под ред. К. В. Папенова. М. : Изд-во Московского университета, 2012. 900 с.
21. Ильченко И. А., Макарец Л. В., Преображенский Ю. В., Цоберг О. А. География хозяйства Саратовской области. Саратов : ИЦ «Наука», 2018. 99 с. EDN: WMNJUU
22. Преображенский Ю. В., Клюкин С. С. «Зелёные» технологии в обрабатывающей промышленности российских регионов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 4. С. 222–229. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-4-222-229>, EDN: VXUMON

Поступила в редакцию 03.10.2024; одобрена после рецензирования 17.11.2024; принята к публикации 19.12.2024; опубликована 28.02.2025

The article was submitted 03.10.2024; approved after reviewing 17.11.2024; accepted for publication 19.12.2024; published 28.02.2025



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 20–29

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 20–29

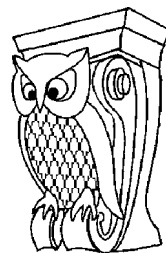
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-20-29>, EDN: GNEDVX

Научная статья

УДК 911

Неравномерность регионального развития Волго-Уральского макрорегиона: уязвимая провинция



Ю. В. Преображенский

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

Преображенский Юрий Владимирович, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры экономической и социальной географии, topofag@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2774-0554>

Аннотация. Проблема регионального развития, связанная с воспроизводством человеческого капитала, с каждым годом становится всё актуальнее. В связи с этим возникает необходимость анализа возможностей перераспределения человеческого капитала внутри территориальных систем мезо- и макроуровня. На примере Волго-Уральского макрорегиона России рассматривается состав основных зон, различающихся потенциалом роста. Особое внимание уделяется зоне полупериферии или зоне равновесия. По материалам 2018–2023 гг. анализируется изменение качества городской среды и динамика людности городов Волго-Уральского макрорегиона. На примере Саратовской области показывается изменение соотношения городов разного класса людности. Выявляются факторы на разных пространственных иерархических уровнях, которые способны оказывать влияние на соотношение зон развития, равновесия и депрессивных. Делается вывод о сложном экономическом состоянии населённых пунктов в зоне равновесия и её исчерпании как источника человеческого капитала для центральных городов.

Ключевые слова: Волго-Уральский макрорегион, провинция, полупериферия, зона равновесия, Саратовская область, региональное развитие, центр-периферия

Для цитирования: Преображенский Ю. В. Неравномерность регионального развития Волго-Уральского макрорегиона: уязвимая провинция // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 20–29. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-20-29>, EDN: GNEDVX

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

Article

The disparity in development across the Volga-Ural region: A fragile semi-periphery

Yu. V. Preobrazhenskiy

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

Yuri V. Preobrazhenskiy, topofag@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2774-0554>

Abstract. The issue of regional development in relation to the reproduction of human capital is becoming increasingly urgent every year. Therefore, it is necessary to analyze the potential for redistributing human resources within meso- and macro-territorial systems. Using the example of the Volga-Ural macro-region in Russia, the main areas with varying growth potential are considered. Special attention is given to the semi-peripheral or equilibrium zone. Based on data from 2018 to 2023, we analyze changes in the quality of urban environments and urban population dynamics in the Volga-Ural region. Using the example of the Saratov region, we show changes in the distribution of cities according to population size. Factors at different spatial levels that influence the balance between developing, equilibrium, and depressive areas are identified. The conclusion is drawn about the difficult economic situation of settlements in the equilibrium zone and their exhaustion as a source of human capital for central cities.

Keywords: Volga-Ural macroregion, province, semi-periphery, equilibrium zone, Saratov region, regional development, center-periphery

For citation: Preobrazhenskiy Yu. V. The disparity in development across the Volga-Ural region: A fragile semi-periphery. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 20–29 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-20-29>, EDN: GNEDVX

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

Введение

Сложная социально-экономическая ситуация, характерная для большинства регионов страны, требует анализа потенциала их развития и диагностики резервов, в частности челове-

ческого капитала. Важно определить те пространственные структуры населения и хозяйства в пределах регионов и макрорегионов (в настоящем тексте – Волго-Уральского макрорегиона), на которые будет опираться развитие, а также те, которые являются наиболее уязвимыми



перед процессами социально-экономической деградации. Это позволит перейти к построению сценариев регионального развития, обеспечить взвешенный анализ для документов стратегического планирования, в частности стратегий социально-экономического развития регионов и, возможно, макрорегионов.

Для Волго-Уральского макрорегиона характерна проблема недостатка локальных центров развития – населённых пунктов, способных организовать прилегающую территорию, сокращение населения ещё более усиливает её. Проблематика выявления центра и периферии пространственного развития в свете заявленных вызовов требует более дробного подхода, подразумевающего выделение переходной зоны – полупериферии или «зоны равновесия» как промежуточного звена между растущими центрами и деградирующей периферией. Необходимо осмыслить потенциал макрорегионального развития в условиях негативных факторов, проявляющихся на разных пространственных иерархических уровнях. Данная статья посвящена преимущественно социально-демографической компоненте регионального развития, однако при её анализе важно держать в голове весь комплекс социально-экономических и экологических противоречий. Ставится задача выявления зоны равновесия в пределах Волго-Уральского макрорегиона, анализа её потенциала для будущего развития и возможной трансформации.

Предшествующие исследования

Двадцать лет назад (в 2004 году) В. Л. Глазычев подготовил обширный доклад на тему «Россия: принципы пространственного развития» [1], в котором затронул ряд теоретических и практических вопросов по теме. Не являясь географом в смысле профессиональной подготовки (а доктором культурологи), он, тем не менее, (или как ни парадоксально – благодаря этому) смог очертить многообразие проблем, стоящих перед пространственным планированием России. Большинство из них (проблемы доступа к информации на низовом уровне конкретных поселений, описания человеческого капитала конкретной территории, «смычки» научного сообщества и административного аппарата) не решены до сих пор и даже в каком-то смысле «заморожены» в условиях отсутствия энтузиазма перемены, свойственного тому времени (начало 2000-х гг.).

В данном докладе автор выделяет в пределах региона три зоны по признаку потенциальной эффективности (необходимости) вмешательства государства (региональной политики): роста, равновесия и депрессивные территории. При этом для зон роста (подразделяющихся, в свою очередь, на условные подтипы первых, вторых

и третьих городов) субъектами или акторами развития выступают компании разного ранга, для зон равновесия от государства требуется только поддержание инфраструктуры, а депрессивные зоны могут сохранить своё население только при постоянных усилиях со стороны власти.

Зоны равновесия становятся особенно интересным предметом исследования в контексте трансформации такой трёхзонной конструкции, адаптации региона ко внешним и внутренним вызовам. Подобный подход показателен, он смещает фокус исследования с традиционных территориальных экономических систем в сторону более сложных и неустойчивых территориальных общностей людей. Для них анализируется представленность человеческого капитала, процессы маргинализации и факторы поддержания такими общностями устойчивости.

«В абсолютном большинстве случаев “зоны равновесия” способны удерживать баланс между образом жизни и уровнем жизни» [1]. В. Л. Глазычев приходит к интересному выводу, состоящему в том, что в отсутствие существенных различий между душевыми расходами, «...максимум отличий приходится на социально-психологические условия, в которых видит себя территориальное сообщество» [1]. Это подтверждает идею Е. Е. Лейзеровича, состоящую в том, что «...приоритетным становится районирование общества, а не территории» [2, с. 7].

В предлагаемой В. Л. Глазычевым трёхзонной модели фактически объединены два подхода. Первый основывается на теории Ф. Перру [3] и развивших её исследователей о полюсах роста (мы предлагаем более дифференцированно подходить к понятию полюса роста, выделяя также в зависимости от уровня влияния промышленного центра узел и точку роста – подробнее см. в [4]) и имеет в своей основе очевидную экономическую проблематику. Второй подход связан с резистентностью, устойчивостью территориальных обществ людей и предполагает делимитацию территориальных социальных систем. Это позволяет более комплексно и в то же время более детализированно рассмотреть трансформации территориальной общественной системы в целом. В общем виде упомянутая трёхзонная модель представлена на схеме (рис. 1).

Несколько другое описание сосуществования трёх зон привносит концепция центра и периферии в её модификации с выделением либо полупериферии (провинции), либо ближней и дальней периферии. Полюса роста условно соотносятся с центром (ядром), зоны равновесия – провинции, депрессивные зоны – периферии. Имея разные стартовые позиции, центры, как правило, опережают в росте другие зоны в пределах региона. В идеальной системе они способны компенсировать это передачей позитивных импульсов развития на сопредельные территории и поддержанием периферии за счёт разного рода



компенсационных механизмов. Однако реальная ситуация далека от подобного позитивного сценария и характеризуется нарастанием центр-периферийных различий и фиксирующихся географами эффектов поляризации, периферизации, маргинализации и др. Например, В. Ю. Кузин предлагает понимать периферизацию как «пространственное расширение периферийных территорий, сопровождаемое негативными социально-экономическими процессами и их нисходящей динамикой» [5, с. 12].

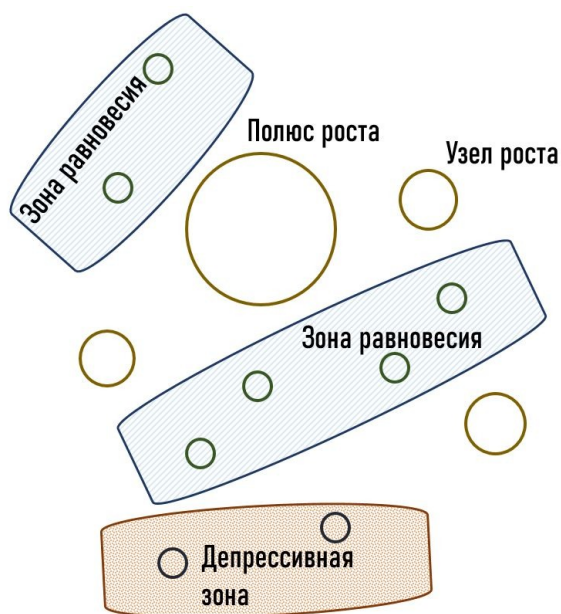


Рис. 1. Схема трёх зон по динамике развития, составленная на основе интерпретации существующих концепций (цвет онлайн)

Очевидно, что неравномерность регионального развития, с одной стороны, является внутренним драйвером роста, с другой – в случае значительных диспропорций и территориальных градиентов – может приводить к негативным последствиям для региона в целом.

Для центр-периферийной модели М. Ю. Казаков выделяет процессы центростремительного и центробежного дрейфа периферийных территорий, отражающего пространственно экономическое сближение периферийных территорий с центром или отдаление от него [6]. Указанные процессы необязательно исключают друг друга и могут происходить параллельно, переформируя состав ближней и дальней периферии. При этом «...периферийные территории имеют свои средовые характеристики и временные отрезки функционирования, которые могут полностью противоречить общей траектории развития региона» [6, с. 310].

Заметим, что трёхчленная модель описания пространственных процессов несомненно

обладает большей гибкостью и большей приближенностью к реальности по сравнению с двух-составными моделями, где одна часть построена на инверсии и отрицании первой. В целом модель «центр-периферия» является гораздо более проработанной в теоретическом отношении и позволяет как фиксировать усиление центр-периферийного градиента (что в исследовательском плане достаточно несложно), так и описывать количественное и качественное изменение потоков, связей между центром, полупериферией и периферией (что гораздо сложнее).

Трёхзонную модель также можно рассмотреть с позиции воспроизводственного подхода: в зонах роста наблюдается расширенное воспроизводство основных социально-экономических показателей, для зоны равновесия характерно простое воспроизводство, а для депрессивной зоны – суженное. Очевидно, что продолжительное суженное воспроизводство основных благ рано или поздно приведёт к окончательной деградации депрессивных зон и полной потере населения в них. Интересно, что с административной точки зрения это скорее положительный результат, поскольку исчезновение депрессивной зоны как бы приближает границу ответственности к более благополучной зоне равновесия, обладающей (до определённого времени) большей устойчивостью. Также региональные власти избавляются от «чёрной дыры», поглощающей всю направляемую туда помощь. Таким образом, в ряде ситуаций «...издержки контроля над... периферией оказываются существенно выше, нежели блага, которые подобный контроль может дать. Гораздо проще и эффективнее оказывается просто объявить эту часть периферии «пустой» [7, с. 14]. Однако весьма вероятно, что такого рода трёхзонная пространственная конструкция остаётся устойчивой только при наличии всех трёх зон, и депрессивные процессы начнут проникать в зону равновесия, трансформируя основы её резистентности.

Материалы и методы

Для анализа пространственных контуров и значения зоны равновесия (провинции) для всего Волго-Уральского макрорегиона используется следующая последовательность исследования.

На первом этапе выделяются первые, вторые и третьи города в зависимости от численности их населения и положения относительно административного центра. Первые города – центры своих субъектов РФ, вторые города должны иметь людность не менее 200 тысяч жителей и находиться на известном удалении от первого, по крайней мере, не формировать с ним агломерацию. Численность населения третьих городов – от 100 до 200 тысяч жителей.

На втором этапе динамика индекса качества городской среды в период 2018–2023 гг.



сопоставляется с изменением населения городов за тот же временной отрезок. Индекс качества городской среды составляется на основе шести блоков [8]. На третьем этапе анализируется экономический блок проблем, присущих городам макрорегиона. Четвёртый этап предполагает определение будущих очертаний зон равновесия и проблем и перспектив трансформации трёхзонной модели в целом.

Результаты и их обсуждение

Типология городов Волго-Уральского макрорегиона по населённым пунктам разной величины и потенциалу выступать в качестве полюсов и узлов роста представлена в табл. 1. Здесь есть несколько методологических сложностей, связанных с территориальным сближением городов. Например, в Башкирии выделяется агломерация Стерлитамак (по всем признакам второй город Республики) – Салават – Мелеуз. Рассматривать три этих города вместе как один полюс (или узел) роста или подходить дифференцированно? Более оправданным представляется первое решение. Вопрос с формирующейся агломерацией Самара – Тольятти проще: в силу удалённости второго города и его ярко выраженной отраслевой специализации он должен быть рассмотрен отдельно.

Говоря о полюсе роста, следует иметь в виду его межотраслевое и пространственное проявление. Первое заключается в том, что одна или две-три отрасли (так называемые пропульсивные отрасли) в полюсе роста положительно влияют на развитие смежных отраслей в экономике города, в результате чего проявляются синергетический и мультипликативный эффект. Второе проявление полюса роста заключается в позитивном воздействии на прилегающую территорию, что может быть оценено по динамике промышленного развития городов-спутников полюса роста или по опережающему развитию инфраструктуры в пределах какого-то радиуса вокруг полюса.

Наиболее распространённый подход (который используется и в настоящей работе) имеет в своей основе допущение, что экономическое развитие населённого пункта приводит к увеличению его людности, а деградация – к оттоку населения. Однако в сложных экономических условиях население может выбирать не развивающийся, а стагнирующий или деградирующий медленнее остальных город. Также нужно учитывать и негативную динамику естественного прироста в большинстве рассматриваемых регионов. Накапливаясь в течении ряда лет, естественная убыль населения вносит свои коррективы в динамику людности городов. Держа в уме демографический фактор, следует с осторожностью оценивать динамику людности городов несколько более благополучной в этом отношении Республики Башкортостан в сравнении, например, с Ульяновской областью. Именно в Башкирии наблюдается наибольшее число городов, чьё население выросло в период 2018–2023 гг., тогда как в Ульяновской области население сокращалось во всех городах, а в Пензенской области выросло людность только одного города (Белинского) (рис. 2).

Качество городской среды выросло за рассматриваемый период практически во всех городах Волго-Уральского макрорегиона. С позиции пространственного подхода сложно заметить какую-нибудь закономерность в динамике качества городской среды (рис. 3). Следует отметить, что рост индекса в ряде небольших городов за шестилетний период (2018–2023 гг.) настолько существенен, что такими темпами к году 2030-му можно ожидать, что по качеству городской среды они сравняются с мировыми лидерами – Веней, Мельбурном и др.

Результат сопоставления двух динамик – людности и качества городской среды – приведён в табл. 2.

Ситуация, при которой качество городской среды улучшается (причём значения индекса растут весьма интенсивно), а население достаточно активно сокращается, подводит к вопросу

Таблица 1

Первые, второй и третий города Волго-Уральского макрорегиона

Субъект РФ	Первый город	Второй город	Третий город
Республика Башкирия	Уфа	Стерлитамак-Салават-Мелеуз	Нефтекамск, Октябрьский
Оренбургская область	Оренбург	Орск-Новотроицк	Бузулук
Самарская область	Самара-Чапаевск-Новокуйбышевск-Кинель	Тольятти	Сызрань, Жигулёвск
Саратовская область	Саратов-Энгельс	Балаково	Балашиов, Вольск
Пензенская область	Пенза-Заречный	–	Кузнецк
Ульяновская область	Ульяновск-Новоульяновск	Димитровград	–

Примечание. Курсивом выделены условно третьи города (50–100 тыс. жителей). Сост. по: [9].



Динамика людности (2018–2023 гг.)

- более 1.05
- 1 — 1.05
- 0.95 — 1
- 0.9 — 0.95
- менее 0.9

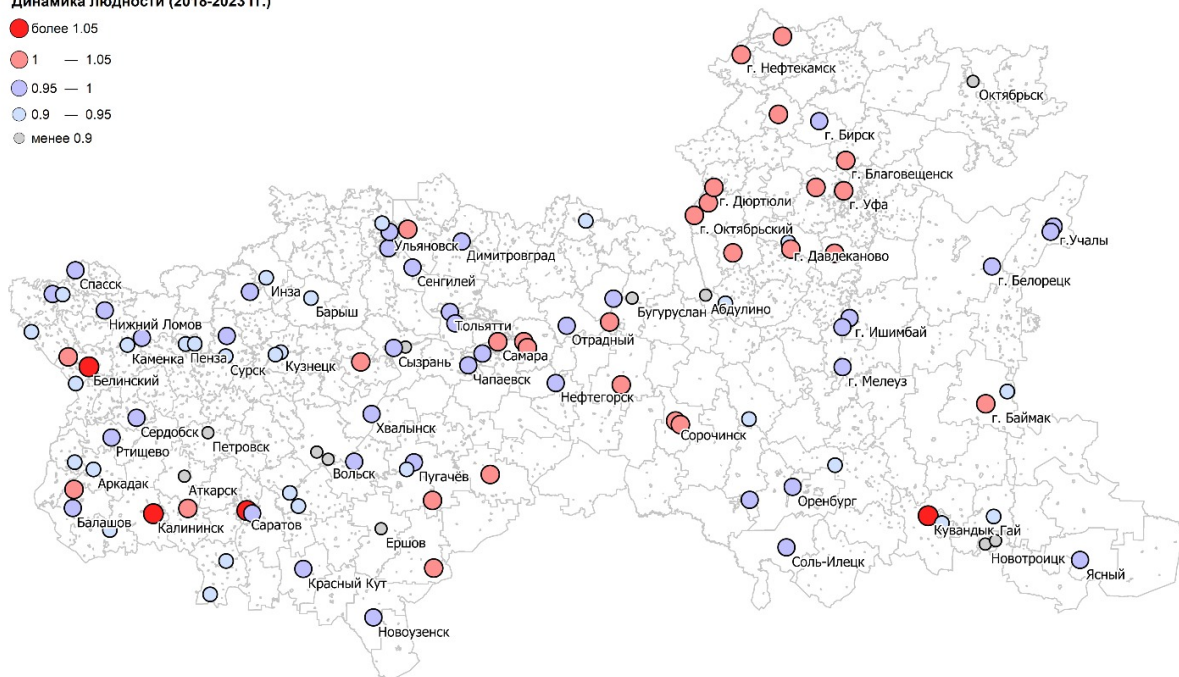


Рис. 2. Изменение людности городов Волго-Уральского макрорегиона, 2018–2023 гг., раз (карта составлена Д. Папилиным) (цвет онлайн)

Изменение индекса качества городской среды

- 52 до 75
- 42 до 52
- 36 до 42
- 28 до 36
- -5 до 28

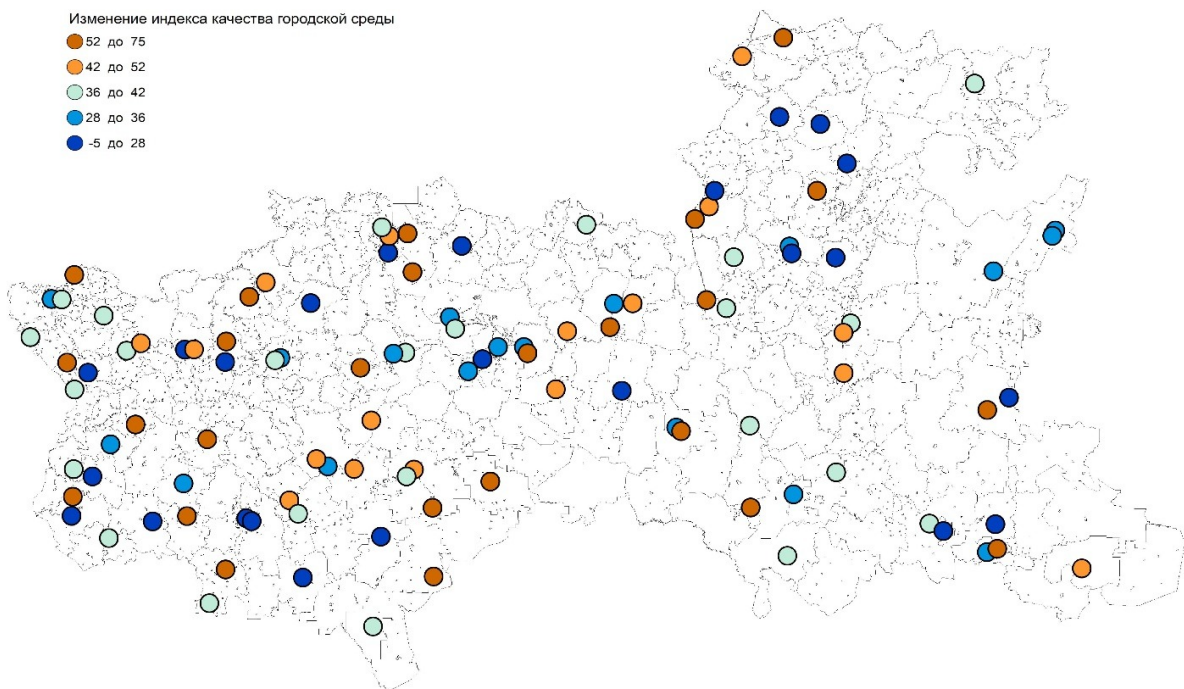


Рис. 3. Изменение качества городской среды в городах Волго-Уральского макрорегиона, 2018–2023, пунктов (карта составлена Д. Папилиным по расчётам на основе данных [8]) (цвет онлайн)



Таблица 2

Сопоставление динамики людности городов и индекса качества городской среды в 2018–2023 гг.

Характер динамики	Значение индекса выросло	Значение индекса снизилось
Положительная динамика людности	Белинский, Бузулук, Сорочинск, Кувандык, Самара, Кинель, Саратов, Калининск, Уфа, Нефтекамск, Октябрьский, Баймак, Дюртюли, Туймазы, Янаул	Благовещенск
Отрицательная динамика людности	Все прочие города	–

Сост. по: [8, 9].

о первичности влияния качества городской среды на внутренний и внешний прирост населения городов. Безусловно, фактор качества городской среды имеет для жителей большое значение, но определять естественный и механический прирост он будет только после удовлетворения первичных для рассматриваемого вопроса экономических потребностей.

Совпадение сравнительно высокой заработной платы с административными центрами рассматриваемых регионов – ожидаемое наблюдение, в разрезе темы данной статьи больший интерес представляют её перепады внутри макрорегиона (рис. 4). Здесь обращают на себя внимание зоны относительно высокой (пусть и меньшей, чем в центрах) заработной платы

вокруг Уфы и Самары, а также вдоль границ Республики Башкортостан и Оренбургской области.

Возвращаясь к провинции (или зоне равновесия в понимании В. Л. Глазычева), рассмотрим на примере Саратовской области, как изменилась людность населения в городах разных классов со времени последней советской переписи 1989 года (рис. 5). Снижение людности в средних и малых городах при одновременном росте больших и особенно крупных даёт основание предполагать реципиентную (принимающую) функцию последних. Однако в действительности ситуация несколько сложнее. Соотношение городов разных классов людности в четырёх временных срезах представлено в виде гистограммы (см. рис. 5).

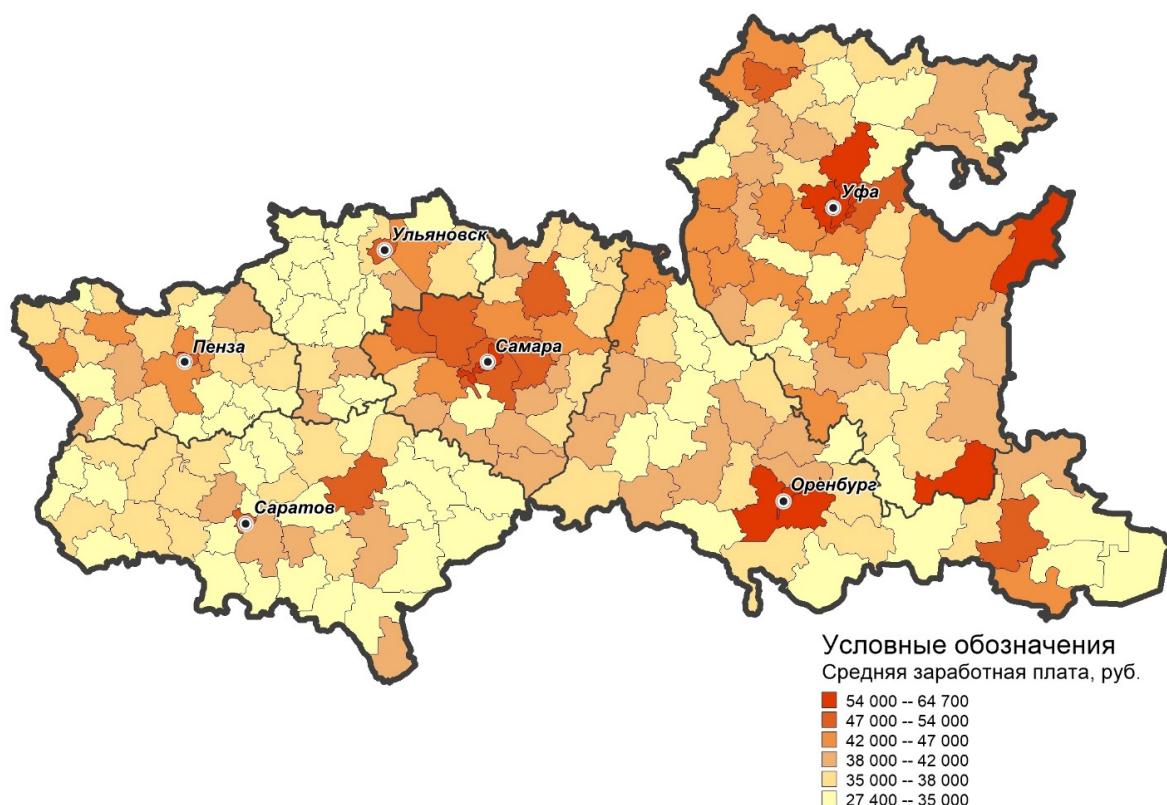


Рис. 4. Средняя заработная плата муниципальных районов, входящих в состав Волго-Уральского макрорегиона, 2022 г. (карта составлена К. Бочарниковым) (цвет онлайн)

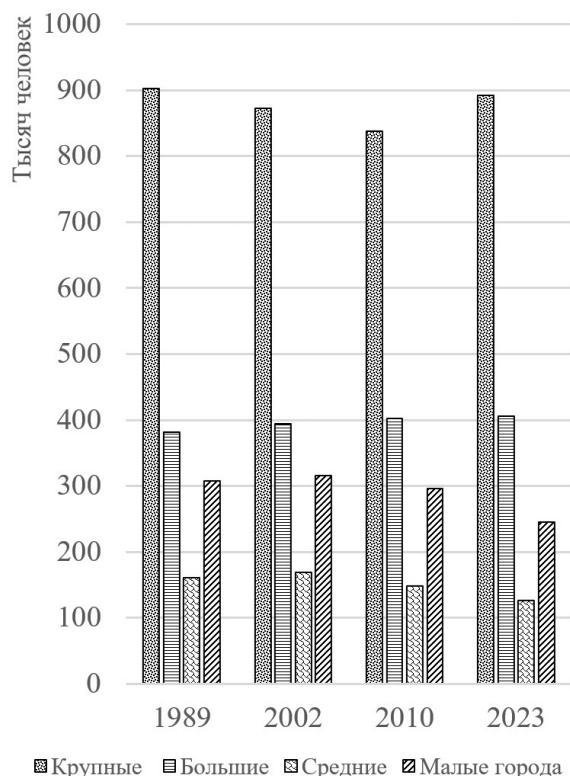


Рис. 5. Численность населения по классам городов в Саратовской области (сост. по: [10])

В отношении крупных городов (в этот класс входит только Саратов) нужно учитывать, что население последнего выросло преимущественно за счёт административных преобразований его территории. Данные в старых границах, вероятнее всего, показали бы продолжение тренда на снижение людности Саратова. Наиболее стабильна с 1989 г. группа больших городов, к которой относятся Балаково и Энгельс, однако при декомпозиции данного класса можно заметить снижение людности в Балакове и её рост в Энгельсе. Вероятно, здесь существенна роль близости последнего к Саратову, что подкрепляет гипотезу о крупнейших городах как наиболее устойчивых в системе расселения.

Сокращается население и средних, и малых городов – процесс, проявивший себя с начала века. Однако оно уменьшается необязательно за счёт оттока населения, а вполне отвечает тенденциям снижения численности населения в силу естественного движения. Общероссийская тенденция в старении населения сама по себе сильно сужает потенциал пространственно активного молодого населения. Так, если в 2002 г. численность мужчин в возрастах 20–30 лет в Саратовской области составляла около 190 тыс. человек, а женщин – около 187 тыс. человек, то к 2024 г. в этих же группах численность населения составляла 122 и 117 тыс. жителей соответственно [10]. В сравнении с регионом в целом для малых и средних городов данная (20–30 лет) возрастная

когорта в структурном отношении может быть меньше из-за более пожилого населения.

Таким образом, абсолютные цифры потенциального человеческого капитала в масштабах области сравнительно невелики. Городами-аттракторами для активного молодого населения являются скорее не административный центр Саратовской области, а города-миллионеры как в макрорегионе (Самара, Уфа), так и вне его. Здесь, впрочем, требуется более адресная статистика.

Пространственное измерение динамики населения, вероятнее всего, будет определяться продолжающимся процессом социально-экономической поляризации и тяготением системы расселения к наиболее устойчивым элементам поля расселения. В работе [11] нами было произведено моделирование трансформации поля расселения к 2038 году. Согласно ему, сгущение потенциала поля расселения будет наблюдаться в пределах Уфимской и Самарско-Тольяттинской агломерации с продолжением к северу – на Ульяновск и Республику Татарстан (рис. 6). В то же время заметны и своеобразные оси с пониженным потенциалом поля расселения, отделяющие Самарскую область от Саратовской и Башкортостана. Именно здесь, по всей вероятности, можно будет наблюдать опережающее сокращение населения.

Процессы центростремительной направленности, определяемые комплексом факторов, как социально-культурной, так и экономической природы, будут способствовать дальнейшей концентрации населения в немногих центрах в пределах Волго-Уральского макрорегиона. В то же время и в них остаются нерешёнными проблемы, связанные, например, во многих случаях с критическим состоянием ЖКХ, межэтническим взаимодействием, экологической ситуацией. При этом будут проявлять себя и процессы центробежного дрейфа, уменьшая долю зоны равновесия и увеличивая депрессивную зону.

Проявление данных тенденций находится в тесной связи с развитием территориальной экономической системы в пределах Волго-Уральского макрорегиона, а она, в свою очередь, во многом будет определяться процессами в инновационном пространстве, в частности созданием надрегиональной инновационной системы [12]. В территориальном выражении следует учитывать взаимное наложение расселения населения, территориальной экономической системы и контуров инновационного пространства. Локализация двух последних в немногих центрах будет приводить к деградации системы расселения, росту зоны периферии. Однако и для отдельных центров в пределах макрорегиона насыщенность производств представляется недостаточной.

Приведённая далее цитата Б. Б. Родомана касается культурного ландшафта, но также

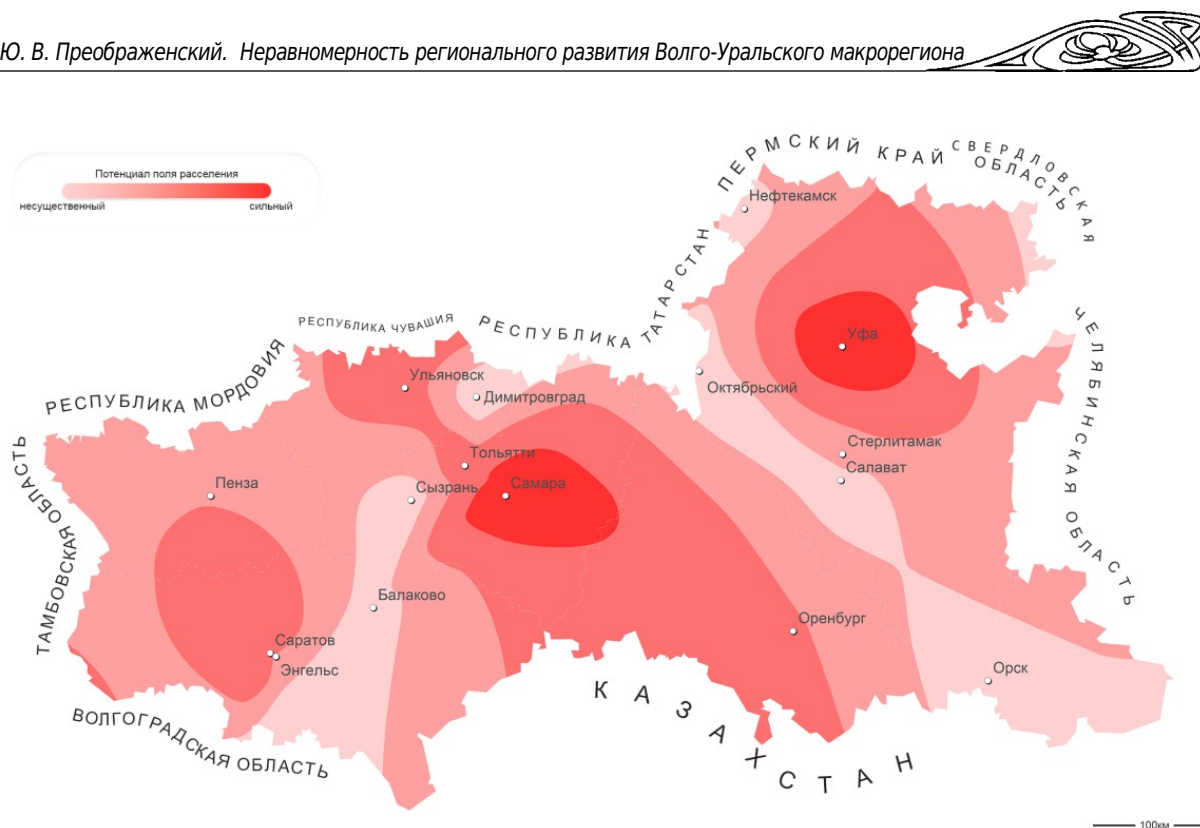


Рис. 6. Потенциал поля расселения Волго-Уральского макрорегиона, прогноз на 2038 г. [11] (цвет онлайн)

верно описывает ситуацию в пространственных социально-экономических системах регионального и надрегионального уровня в целом: «Российский культурный ландшафт сильно централизован и поэтому отличается анизотропией – в нём резко преобладают направления и потоки радиальные, связывающие каждую точку с вышестоящим административным центром и в конечном счёте с Москвой; отмирают связи между соседними регионами и поселениями одного ранга, если они не пронизаны дорогой, ведущей в столицу» [13, с. 11]. Переломить эту, безусловно, негативную тенденцию возможно при условии насыщения экономического пространства макрорегиона и развития вследствие этого горизонтальных связей между городами.

Для многих городов рассматриваемого макрорегиона переход к возможному позитивному сценарию связан с преодолением ключевой проблемы в промышленном развитии. Это группа моноотраслевых городов, испытывающих проблемы в функционировании единственной отрасли, как правило, представленной единственным (градообразующим) предприятием. Генезис их проблем имеет очевидное единство: они создавались в советский период в расчёте на более сложные и интенсивные (по сравнению с текущим периодом) кооперационные связи и на более обширный рынок, включающий помимо республик СССР страны блока СЭВ и некоторые страны так называемого третьего мира. Очевидно, что в результате перехода к рынку нарушение связей в цепочках создания добавленной стоимости и от-

сутствие разумной протекционистской политики привело к процессам деградации в моногородах. В пределах макрорегиона таких городов довольно много, нормативный документ [14] позволяет группировать их в три блока (табл. 3).

Наиболее сложная ситуация сложилась в городах, чья промышленная специализация связана с машиностроением. В Республике Башкортостан сюда относятся Белебеевский завод «Автономаль», ООО «Белебеевский завод “Автокомплект”», ООО «Белебеевское предприятие “Автодеталь”» ОАО «Кумертауское авиационное производственное предприятие», в Самарской области – АвтоВАЗ, в Ульяновской области – ОАО «Димитровградский автоагрегатный завод», ООО «Димитровградский завод светотехники», ООО «Димитровградский инструментальный завод», в Пензенской – ЗАО «Сердобский машиностроительный завод». В других городах ситуация с машиностроительной отраслью, как правило, также сложная или кризисная, однако она не настолько явно проявлена на фоне других промышленных производств [15]. Проблемы моноотраслевых городов в Оренбургской области в основном связаны с ведущей отраслью восточной части этого региона – металлургией. Это ОАО «Уральская сталь» в Новотроицке и ОАО «Южно-Уральский криолитовый завод» в Кувандыке.

Перспективы развития городов имеют несколько определяющих их рамок на разных иерархически увязанных пространственных уровнях. Их можно обозначить как надре-



Таблица 3

**Характеристика моногородов Волго-Уральская макрорегиона
по сложности социально-экономического состояния**

Субъект РФ	Моногорода		
	со стабильной социально-экономической ситуацией	с рисками ухудшения социально-экономического положения	с наиболее сложным социально-экономическим положением
Республика Башкортостан	Учалы, Благовещенск	Белорецк, Нефтекамск	Белебей, Кумертау
Оренбургская область	Соль-Илецк, Ясный	Медногорск, Гай	Новотроицк, Кувандык
Самарская область	Новокуйбышевск, Чапаевск	–	Тольятти
Саратовская область	–	Петровск, Вольск	–
Ульяновская область	–	Новоульяновск, Инза	Димитровград
Пензенская область	Заречный	Сердобск, Никольск	–

Сост. по: [14].

гиональная, федеральная и континентальная. Они определяют критические экзогенные детерминанты, ограничивающие развитие или способствующие ему.

В частности, первая (надрегиональная) рамка определяет возможности социально-экономического развития в пределах макрорегиона, связность структур населения и хозяйства на микро- и мезоуровне. Ключевой мерой поддержки здесь является инфраструктурное развитие (в широком смысле, включая социальную инфраструктуру и институциональное развитие). Отмеченные выше в тексте проблемы, связанные с недостатком реальных и потенциальных точек и полюсов роста, «...могло бы компенсировать их взаимодействие в пределах не отдельных регионов, а надрегионального образования путём усиления связей между ними и формирования урбанизированного каркаса» [16, с. 234].

На федеральном (страновом) уровне рамка, сдерживающая потенциал развития, носит нормативный и институциональный характер. Она во многом определяет взаимодействие хозяйствующих субъектов, научно-технологическую политику и другие принципиально важные аспекты развития экономики по всей полноте детерминирующих факторов.

На континентальном (и глобальном) уровне ограничения задаются мировой экономической конъюнктурой (в частности, на продукцию, низких переделов, во многом составляющую экспортные статьи волго-уральских регионов) и сложной геополитической обстановкой. Сценарии развития макрорегиона, таким образом, являются результирующей изменения контуров трёх упомянутых рамок в пределах определённого периода.

Адаптационный подход [17] в отношении городов рассматриваемого региона предполагает оценку их потенциала для приспособления к изменившимся условиям. Можно ожидать большую вероятность к адаптации у тех центров, которые обладают достаточными ресур-

сами для проявления гибкости. Неясны перспективы небольших городов, расположенных в пределах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции и в той или иной роли обслуживающих топливно-энергетический комплекс, в том числе, и экспортную его составляющую. Изменения на континентальном уровне могут привести к их стагнации, что существенным образом сократит число узлов и точек роста и ещё больше поляризует регионы по линии центр-периферия.

Исчерпание человеческого капитала и экономического ресурса провинции трансформирует трёхчастную систему в более простую, двухчастную, которая по очевидным причинам является более уязвимой перед лицом вызовов разного уровня и характера.

Выводы

Проведённый анализ на основе сочетания нескольких концептуальных подходов позволил показать снижение значения зоны равновесия в силу снижения (исчерпания?) её демографического потенциала, вероятное усиление центр-периферийных противоречий в результате процессов центробежного дрейфа. Причём подобные противоречия будут проявляться, по всей видимости, не только в пределах всего макрорегиона, но и в пределах регионов, отдельных муниципальных образований и даже крупнейших городов. Фрагментированный характер сочетания социально-экономического развития и деградации затрудняет построение сценариев региональной динамики в целом. В то же время очевиден ряд факторов, которые существенным образом будут лимитировать её положительное направление. К эндогенным факторам относятся старение населения и низкий суммарный коэффициент рождаемости, к экзогенным – хозяйственная «автаркизация» страны, связанная со слабым присутствием отечественной промышленности в мировом разделении труда. В случае сохранения данных лимитирующих факторов



сложно будет говорить о позитивных сценариях развития. Скорее речь может идти о том, что наиболее устойчивые региональные структуры населения и хозяйства станут своеобразной зоной равновесия, подпитывающей несколько городов-миллионеров в пределах страны.

Библиографический список

1. Глазычев В. Л. Россия. Пространственное развитие: Доклад. 2004. URL: http://www.glazychyev.ru/projects/2004_ProstRazv/2004_DocladProstRazv.htm (дата обращения: 03.09.2024).
2. Лейзерович Е. Е. Об основных экономических районах (макрорайонах) России // Региональные исследования. 2014. № 3. С. 4–11. EDN: SYCOXN
3. Perroux F. Economic space: Theory and applications // The Quarterly Journal of Economics. 1950. Vol. 64, № 1. P. 89–104.
4. Преображенский Ю. В. Точки роста и узлы развития Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 2. С. 76–81. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2017-17-2-76-81>, EDN: YLXZIX
5. Кузин В. Ю. Периферизация как тренд пространственного развития России // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2019. Т. 5, № 2. С. 11–25. EDN: CKNEPN
6. Казаков М. Ю. Пространственно-экономические системы «центр-периферия»: теоретические основы, диагностика проблем, стратегические направления развития. Ставрополь : АГРУС, 2020. 608 с. EDN: NUNYCR
7. Бляхер Л. Е., Григоричев К. В. Периферийные пространства как исследовательская проблема и объект исследования // Периферия. Журнал исследования нестоличных пространств. 2023. № 1 (1). С. 7–26. URL: <https://periphery-pnu.ru/periphery/article/view/24/28>. EDN: FMEZXJ
8. Индекс качества городской среды. URL: <https://xn----dtbcccddtsypabxk.xn--p1ai/> (дата обращения: 25.09.2024).
9. Муниципальная статистика. URL: <https://rosstat.gov.ru/munstat> (дата обращения: 15.10.2024).
10. Официальные публикации Саратовстата. URL: <https://64.rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 14.10.2024).
11. Преображенский Ю. В., Дувакин Д. А. Система расселения Волго-Уральского макрорегиона: потенциал поля расселения и перспективы трансформации // Вестник Тверского государственного университета. Серия : География и геоэкология. 2023. № 4 (44). С. 73–83. <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2023-4-73-83>, EDN: GHNZSO
12. Преображенский Ю. В., Мусеев Д. С. Территориальная производственная система Волго-Уральского макрорегиона: тенденции поляризации 2005–2021 гг. и потенциал развития // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2024. Т. 24, вып. 1. С. 11–18. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2024-24-1-11-18>, EDN: OWIVIO
13. Родоман Б. Б. Главные особенности российского культурного ландшафта // Наследие и современность. 2020. Т. 3, № 4. С. 10–17. EDN: IAZRPY
14. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июля 2014 года № 1398-р О перечне монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моногородов) (с изменениями на 21 января 2020 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/420210942?ysclid=m2trc5pisj850072909> (дата обращения: 05.10.2024).
15. Гусев В. А., Макарецва Л. В., Молочко А. В., Преображенский Ю. В., Уставщикова С. В., Цоберг О. А. Поволжский экономический район: население и экономика. Саратов : ИП Кирсанова М. В., 2021. 208 с. EDN: FWCHAW
16. Преображенский Ю. В. Пространственное планирование на макро- и микроуровне: проблемы таксономии и поляризации (на примере Волго-Уральского макрорегиона) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2021. Т. 21, вып. 4. С. 228–235. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2021-21-4-228-235>, EDN: LCOEVS
17. Фомин М. В., Мирязов Т. Р. Сценарии развития систем расселения Сибири и Дальнего Востока России до 2030 года // Народонаселение. 2021. Т. 24, № 3. С. 105–122. <https://doi.org/10.19181/population.2021.24.3.9>, EDN: KCXJUA

Поступила в редакцию 18.10.2024; одобрена после рецензирования 20.11.2024; принята к публикации 19.12.2024; опубликована 28.02.2025

The article was submitted 18.10.2024; approved after reviewing 20.11.2024; accepted for publication 19.12.2024; published 28.02.2025



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 30–39

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 30–39

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-30-39>, EDN: IITOWX

Научная статья

УДК 911.375.53

Территориальные барьеры в городской среде: концептуализация понятия и методика оценки (на примере большого центра г. Перми)



С. А. Волков[✉], С. А. Меркушев, М. Р. Тарантин

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, д. 15

Волков Станислав Андреевич, аспирант кафедры социально-экономической географии, deni.volk00@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1747-9292>, AuthorID: 1188463

Меркушев Сергей Александрович, кандидат географических наук, доцент кафедры социально-экономической географии, merck.sergey@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7204-1416>, AuthorID: 118819

Тарантин Михаил Романович, студент 1-го курса магистратуры по направлению «География», tarantin@internet.ru, <https://orcid.org/0009-0000-9792-8355>, AuthorID: 1189640

Аннотация. *Введение.* Работа посвящена исследованию территориальных барьеров в городской среде. Рассматриваются основные типы барьеров, их роль в пространственном развитии города и формировании социально-экономических взаимодействий. *Данные и методы.* Разработана методика расчета коэффициента проницаемости территориальных барьеров, основанная на комбинации объективных критериев (доступность, преодолимость) и субъективных оценок (тип перехода, доступность, обособленность, тип покрытия, качество покрытия). *Результаты и их обсуждение.* Методика была апробирована на примере сегментов границы большого центра г. Перми. Расчетным путем подтверждена наибольшая проницаемость контактных границ, преимущественно выполняющих функцию номинального разграничения. Ограничительные и разделительные сегменты границы демонстрируют разную степень барьерности в зависимости от уровня инфраструктурного развития. Проблемные сегменты характерны для зон с меняющимися функциями. *Выводы.* Использование предложенной методики позволило более объективно охарактеризовать типы границ, уточнить их функциональные особенности и разработать рекомендации по изменению типов отдельных сегментов. Например, сегменты в районе Черняевского лесопарка и «Сада Соловьёв» предложено считать контактными.

Ключевые слова: городская среда, проницаемость территориальных барьеров, сегментация границ, границы большого центра, г. Пермь

Для цитирования: Волков С. А., Меркушев С. А., Тарантин М. Р. Территориальные барьеры в городской среде: концептуализация понятия и методика оценки (на примере большого центра г. Перми) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 30–39. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-30-39>, EDN: IITOWX

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

Article

Territorial barriers in urban environments: Conceptualisation of the term and assessment methodology (case study of the central area of Perm)

S. A. Volkov[✉], S. A. Merkushev, M. R. Tarantin

Perm State University, 15 Bukireva St., Perm 614990, Russia

Stanislav A. Volkov, deni.volk00@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1747-9292>, AuthorID: 1188463

Sergey A. Merkushev, merck.sergey@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7204-1416>, AuthorID: 118819

Mikhail R. Tarantin, tarantin@internet.ru, <https://orcid.org/0009-0000-9792-8355>, AuthorID: 1189640

Abstract. *Introduction.* This study focuses on the examination of territorial barriers in urban environments. It analyses the main types of barriers, their role in the spatial development of the city, and their impact on the formation of socio-economic interactions. *Data and Methods.* A methodology for calculating the permeability coefficient of territorial barriers has been developed. This methodology is based on a combination of objective criteria (accessibility, traversability) and subjective evaluations (type of crossing, accessibility, isolation, type of surface, surface quality). *Results and Discussion.* The methodology was tested using segments of the boundary of the central area of Perm. Calculations confirmed the highest permeability of contact boundaries, which primarily serve as nominal demarcation lines. Restrictive and divisive boundary segments show varying degrees of barrier effects depending on the level of infrastructural development. Problematic segments are characteristic of zones with changing functions. *Conclusions.* The proposed methodology allowed for a more objective characterisation of boundary types, clarification of their functional features, and the development of recommendations for altering specific boundary segments. For instance, segments near Chernyaevsky Forest Park and the Solovyov Garden were recommended to be designated as contact boundaries.

Keywords: urban environment, permeability of territorial barriers, segmentation of borders, boundaries of a big center, Perm



For citation: Volkov S. A., Merkushev S. A., Tarantin M. R. Territorial barriers in urban environments: Conceptualisation of the term and assessment methodology (case study of the central area of Perm). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 30–39 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-30-39>, EDN: IITOWX

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

Введение

Исследование структурных элементов среды, оказывающих существенное влияние на функционирование и развитие городов, сохраняет свою актуальность на протяжении длительного времени. На современном этапе одним из ключевых аспектов данной проблематики является изучение роли территориальных барьеров, поскольку, несмотря на существенный прогресс в повышении связности городского пространства, они остаются неотъемлемой его частью, по-прежнему оказывая существенное влияние на жизнь людей.

Объектом данного исследования является граница большого центра г. Перми – один из хорошо выраженных городских территориальных барьеров. Основные задачи: разработка методики оценки проницаемости территориальных барьеров в условиях городской среды; апробация данной методики на примере границы пермского большого центра, первоначально проведенной и разделенной на сегменты разной степени барьерности с помощью экспертной оценки [1, 2]; подготовка рекомендаций по повышению проницаемости рассматриваемой границы, а также изменению ее трассировки на отдельных участках с целью повышения комфортности городской среды.

Следует отметить, что в подходах к классификации территориальных барьеров по ряду аспектов существует достаточно выраженное единство. Так, в зависимости от генезиса выделяют естественные и антропогенные барьеры. Первые представлены водоемами, долинами малых рек, лесными массивами, особо охраняемыми природными территориями, а также относительно крупными элементами рельефа, влияющими на территориальную организацию жизнедеятельности горожан. К антропогенным территориальным барьерам относятся промышленные и коммунально-складские зоны, магистральные автомобильные и железные дороги, в ряде случаев к ним также можно отнести садовые товарищества, закрытые коттеджные поселки [3–6]. По пространственной локализации барьеры можно разделить на два типа: полигональные и линейные. Полигональные барьеры занимают определённую площадь, тогда как линейные барьеры имеют вытянутую форму и играют более существенную роль в фрагментации пространства. Стоит отметить и различия в размерах барьеров в пределах одного города, которые могут достигать тысяч раз [4, 5].

Большее разнообразие точек зрения наблюдается при выделении типов барьеров (границ) в зависимости от их влияния на целостность городского пространства.

Так, В. Л. Каганский [7] выделяет конъюнктивные границы, дизъюнктивные границы и переходные зоны. Конъюнктивная граница – территориальный барьер, сформировавшийся как результат взаимодействия двух смежных пространств по взаимному разграничению. Эта граница – общая составляющая, интегрируемая в оба соседних пространства. Дизъюнктивные границы – промежуточные разграничительные линии и зоны, обладающие собственным содержанием, которое нельзя свести к простому сочетанию элементов смежных территорий. Они могут образовать новое комплексное пространство с уникальным содержанием, основанием выделения.

Переходные зоны выделяются в местах размытия границ. Зачастую они являются частью концентрической структуры вокруг одного центрального элемента. Например, зеленая зона вокруг делового центра, где городская жизнь встречается с природой, создавая уникальную атмосферу для отдыха [8].

Предлагается также выделять разделительные или барьерные, контактные (интеграционные) [3, 7], ограничительные и транзитные границы [3].

Барьерные границы разбивают городское пространство на обособленные части, обладающие уникальными характеристиками и собственной идентичностью, за которыми также закрепилось название вернакулярных районов [9]. Е. В. Карлова и С. В. Харченко, описывая влияние природных барьеров на формирование территориальной идентичности и вернакулярных районов, отмечают, что они «оказывают на каждодневную географию деятельности отдельного человека влияние порой не меньшее, чем точечные или мелкоареальные антропогенные преграды – здания, огороженные участки в частной собственности, режимные территории» [10, с. 115]. Среди природных барьеров в городах наиболее ярко выражены гидрографические объекты, в первую очередь малые реки. Помимо водоемов, важное значение имеет степень расчлененности рельефа, ограничивающая зоны, в пределах которых человек воспринимает окружающее пространство. Определенные сочетания гидрографических и геоморфологических элементов городской среды часто приводят к резкой смене ландшафта, влияя на структурные особенности городской планировки. Продуктом



длительного проживания людей в пределах относительно обособленного ландшафта являются вернакулярные районы локального уровня [9–11]. Для них территориальный барьер может стать, с одной стороны, ограничителем взаимодействия одного селитебного пространства с другим, а с другой – точкой соприкосновения, трансграничной (переходной) зоной для двух таких пространств.

Антропогенные территориальные барьеры способны в условиях города еще более жестко и бескомпромиссно разграничивать пространство. Так, исследование локального сообщества жителей московского Карачарово, сложившегося в условиях транспортных городских барьеров, которое провели Е. В. Карлова и П. В. Зюзин, показало, что «географические границы района в сознании населения привязаны к физическим преградам в виде железнодорожных путей (граница – не переходная зона, как принято считать, а четко выраженная линия, выполняющая барьерную функцию)» [12, с. 39].

Интеграционные (контактные) границы, напротив, способствуют объединению различных элементов городской среды [4, 13]. В местах прохождения таких границ пространство делимитировано на составные части, тесно связанные, но отличающиеся в разной степени выраженным своеобразием. На их стыке формируются зоны активного социального и экономического взаимодействия, возникают новые формы городской активности. В результате территориальные барьеры начинают выполнять компенсаторную, рекреационную, просветительскую, культурную, исследовательскую, оздоровительную и эстетическую функции.

Методы исследования

По нашему мнению, для того чтобы проанализировать роль территориальных барьеров в пространственном развитии города, в первую очередь необходимо выяснить, к какому типу они относятся. Предлагаем делать это с помощью оценки степени проницаемости территориальных барьеров (ПТБ).

Коэффициент ПТБ – это количественный показатель, характеризующий степень преодолимости (проходимости) территориального барьера в городской среде. Он отражает, насколько легко или трудно населению и транспорту пересекать данный барьер.

При расчете коэффициента учитываются как объективные, так и субъективные критерии. В ходе данного исследования были определены два объективных критерия, каждый из которых отражает специфический аспект взаимодействия барьера с окружающей городской средой: доступность и преодолимость. Субъективные критерии призваны отразить качественные аспекты взаимодействия барьера с городской средой, в том

числе с позиции населения, которое сталкивается с ним в повседневной жизни. Названные критерии, объединенные в интегральный субъективный критерий, дополняют количественные показатели, обеспечивая многомерный анализ влияния барьеров на городскую ткань.

Критерий доступности i -го участка территориального барьера (D_i) отражает степень связанности барьера и прилегающей улично-дорожной сети:

$$D_i = \frac{N_{\text{вход}}}{T_{\text{пересеч}} \cdot S_{\text{близ}}} \cdot 100, \quad (1)$$

где $N_{\text{вход}}$ – количество входов/выходов на территорию барьера; $T_{\text{пересеч}}$ – среднее время пересечения, мин; $S_{\text{близ}}$ – среднее расстояние до ближайших жилых домов, м.

Привлекательность маршрута через барьер является ключевым фактором, влияющим на его выбор и потенциальную интенсивность использования. Высокие значения D_i указывают на контактный тип данного участка барьера.

Критерий преодолимости (Π_i) характеризует степень проницаемости анализируемой территории. Он базируется на оценке плотности дорожно-тропичной сети относительно площади или длины территориального барьера, в зависимости от того, какой это барьер – полигональный или линейный. Для целей данной статьи учитывались только линейные барьеры:

$$\Pi_i = \frac{N_{\text{перех}}}{L_{\text{общ}}} \cdot 100, \quad (2)$$

где $N_{\text{перех}}$ – количество переходов через барьер на анализируемом участке; $L_{\text{общ}}$ – общая длина рассматриваемого территории территориального барьера.

Хорошая преодолимость антропогенных барьеров позволяет минимизировать их негативное влияние на социальные и экономические взаимодействия в городе, способствует формированию целостного пространства, комплементарность отдельных составляющих которого положительно влияет на качество жизни людей.

Оценка по субъективным критериям проводится для каждого пешеходного пересечения внутри отдельного участка территориального барьера, что обеспечивает возможность учитывать локальные особенности. Расчет интегрального субъективного критерия взаимодействия для i -го участка барьера осуществлялся по формуле

$$ИСО_i = \frac{T_i^{av} + A_i^{av} + B_i^{av} + C_i^{av} + Q_i^{av}}{n}, \quad (3)$$

где T_i^{av} – среднее значение критерия, характеризующего типы пешеходных пересечений для i -го участка, ед.; A_i^{av} – среднее значение критерия доступности пешеходных пересечений для разных групп населения для i -го участка, ед.; B_i^{av} – среднее значение критерия обособленности для



i -го участка, ед.; C_i^{av} – среднее значение критерия тип покрытия для i -го участка, ед.; Q_i^{av} – среднее значение критерия качество покрытия для i -го участка, ед.; n – количество субъективных критериев.

Проницаемость барьера зависит от того, насколько удобен для пешеходов тип перехода, позволяющий его преодолевать. Переходы бывают трех типов: наземные, наземные, подземные. В табл. 1 дается оценочная шкала по двум основным характеристикам, различающимся в зависимости от типа перехода.

Рядом ученых наземные переходы оцениваются наиболее высоко вследствие того, что они хорошо доступны для разных групп населения. Их преимущество обосновывается теорией «города на уровне глаз» Я. Гейла [14], которая подчеркивает важность человеческого масштаба и непосредственного взаимодействия с городской средой.

В то же время эффективность наземных и подземных переходов объясняется теорией «вертикального разделения потоков» в городском планировании, предложенной Ле Корбюзье (цит. по: [15]). Это позволяет минимизировать взаимодействие с транспортными потоками, обеспечивая высокий уровень безопасности. По мнению Г. Н. Туманика и М. Р. Колпаковой, «принципиальное разделение транспортного и пешеходного движений способствует решению транспортно-технических проблем, связанных с ограниченностью пространства традиционных улиц...» [16, с. 38].

При отсутствии единой научно обоснованной позиции мы при формализации характеристики «предпочтительность» приняли решение опереться на данные социологического опроса, проведенного в 2022 г. [17]. По его результатам оказалось, что 45% опрошенных поддерживают строительство именно подземных переходов, в то время как за наземные высказалось 32% респондентов, а за наземные – только около 23%.

Говоря о безопасности, следует отметить, что потенциальным недостатком наземных переходов является риск дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов. Согласно данным официальной статистики, около 2/3 наездов на пешеходов совершались на нерегулируемых

пешеходных переходах, а 1/3 – на регулируемых [18]. Сложившиеся стихийные переходы отличаются высоким уровнем опасности. Этот аспект требует дополнительного внимания в городском планировании, чтобы свести к минимуму возможные риски для населения.

Описание других критериев субъективной оценки, использовавшихся в расчетах, представлены в табл. 2.

Оценка доступности перехода для разных групп населения базируется на концепции «города для всех», разработанной ООН-Хабитат [22]. Представленная в табл. 2 шкала по данному критерию разрабатывалась с учетом ранее проведенных исследований [19–21, 23, 24].

Все рассчитанные значения промежуточных критериев в итоговую формулу расчета коэффициента ПТБ подставлялись после нормирования сумм значений, полученных по критериям для каждого сегмента территориального барьера, в диапазон от 0 до 1. Данная процедура показана на примере критерия ИСО_{*i*}:

$$\text{ИСО}_{i \text{ norm}} = \frac{\text{ИСО}_i}{\text{ИСО}_{\max}}, \quad (4)$$

где ИСО_{*i*} – наблюдаемое значение критерия; ИСО_{max} – максимальное наблюдаемое значение данного критерия.

Расчет коэффициента проницаемости для i -го участка барьера осуществлялся по формуле

$$\text{ПТБ}_i = D_{i \text{ norm}} + \Pi_{i \text{ norm}} + O_{i \text{ norm}}, \quad (5)$$

где $D_{i \text{ norm}}$ – нормированный критерий доступности i -го участка территориального барьера; $\Pi_{i \text{ norm}}$ – нормированный критерий преодолимости i -го участка территориального барьера; $O_{i \text{ norm}}$ – нормированный интегральный субъективный критерий взаимодействия i -го участка территориального барьера с окружающей средой.

Сумма трех промежуточных критериев при расчете коэффициента ПТБ также нормировалась в интервал 0–1.

В рамках исследования для характеристики коэффициента ПТБ была разработана интервальная классификация, отражающая степень свободы перемещения, включающая пять интервалов, каждый из которых характеризует определенный уровень проницаемости.

Таблица 1

Оценочная шкала по двум основным характеристикам, различающимся в зависимости от типа перехода

Основные характеристики критерия	Тип перехода				
	Наземный			Подземный	Наземный
	регулируемый	нерегулируемый	стихийный		
Предпочтительность	0.3	0.3	0	0.5	0.2
Безопасность	0.7	0.3	0	1	1
Итоговое значение критерия Т (среднее арифметическое)	0.5	0.3	0	0.8	0.6



Таблица 2

Оценочная шкала характеристик субъективных критериев пешеходных пересечений барьера

Наименование критерия	Оценочная характеристика	Балл
Доступность для разных групп населения, <i>A</i>	Полностью доступен для всех групп населения: 1) наличие плавного уклона при спуске/подъеме (не более 8% [19]) или лифта (мобильного пандуса); 2) наличие противоскользящего покрытия на спуске/подъеме; 3) хорошая освещенность (не менее 50 лк [20]); 4) наличие удобных перил	1
	Частично доступен (отсутствуют хотя бы один из вышеперечисленных параметров)	0.8
	Частично доступен (отсутствуют два из вышеперечисленных параметров)	0.6
	Частично доступен (отсутствуют три из вышеперечисленных параметров)	0.4
	Условно доступен (отсутствуют все из вышеперечисленных параметров)	0.2
Обособленность, <i>B</i>	Полная обособленность для всех участников движения. Имеются выделенные полосы для: 1) пешеходов, 2) велосипедистов, 3) средства индивидуальной мобильности	1
	Частичная обособленность (отсутствует хотя бы один из вышеперечисленных параметров)	0.5
	Условная обособленность (отсутствуют два из вышеперечисленных параметров)	0
Тип покрытия, <i>C</i>	Асфальто- и цементобетонные покрытия, плитка, резиновая крошка, обеспечивающие ровную поверхность с одновременным хорошим сцеплением (не менее 0.6 у. е.) [21]	1
	Гладкие асфальт, плитка или иное твердое покрытие с одновременным сцеплением менее 0.6 у. е.	0.8
	Грунтовое покрытие, обеспечивающее ровную поверхность, со сцеплением не менее 0.4 у. е.	0.5
	Грунтовое покрытие со сцеплением менее 0.4 у. е.	0.3
Качество покрытия, <i>Q</i>	Отсутствуют бордюры, расположенные поперек тротуара, выбоины, трещины и выпуклые участки, локальные препятствия (открытые люки)	1
	Отсутствуют бордюры, расположенные поперек тротуара, выбоины, есть мелкие трещины, отсутствуют локальные препятствия (открытые люки)	0.8
	Отсутствуют бордюры, расположенные поперек тротуара, есть 1–2 небольшие выбоины (глубиной 2–3 см и размерами примерно 15 см×10 см) или 1 большая выбоина (глубиной более 3 см и размерами 15–30 см×10–20 см и более); локальные препятствия (открытые люки, выбоины и др.). Появляется что-то одно: либо бордюры, либо открытые люки	0.6
	Есть бордюры, расположенные поперек тротуара, имеются 3–4 небольшие выбоины (глубиной 2–3 см и размерами примерно 15 см×10 см) или 2 большие выбоины (глубиной более 3 см и размерами 15–30 см×10–20 см и более); глубокие трещины шириной более 5 см, выпуклые участки, локальные препятствия (открытые люки). Появляются два из трех	0.4
	Есть бордюры, расположенные поперек тротуара, имеются 2–3 большие выбоины (глубиной более 3 см и размерами 15–30 см×10–20 см и более) или более 4 небольших выбоин (глубиной 2–3 см и размерами 15 см×10 см), глубокие трещины шириной более 5 см, выпуклые участки, локальные препятствия (открытые люки). Появляются все три препятствия	0.2

Критически низкая проницаемость (0–0.2) свидетельствует о высокой степени изолированности, прилегающих к барьеру пространств. Барьеры данного типа создают значительные препятствия для сообщения. Доступность территорий по обе стороны барьера минимальна.

Низкая проницаемость (0.21–0.4) отражает ситуацию, когда барьер существенно затрудняет

перемещение, но допускает разовые коммуникации. Это приводит к частичному ограничению мобильности, усложняя, но не полностью исключая связь между участками городской среды.

При средней проницаемости (0.41–0.6) наблюдается заметное затруднение в перемещении, однако барьер уже не является полностью непреодолимым. Перемещение осуществимо, но сопря-



жено с определёнными временными и физическими издержками для пользователей.

Высокая проницаемость (0.61–0.8) предполагает хорошую доступность территорий через барьер. Связь между районами, разделёнными барьером, относительно свободна и не вызывает серьёзных ограничений.

При максимальной проницаемости (0.81–1.0) барьер практически не оказывает влияния на перемещение. Взаимодействие между пространствами осуществляется без существенных ограничений, а сам барьер функционирует преимущественно как условное или визуальное разделение, нежели как реальная преграда для транспортных и пешеходных потоков.

Представленная методика была апробирована на примере сегментов границы большого центра г. Перми, которые, основываясь на подходах Е. Г. Анимиды и М. Д. Шарыгина к классификации границ [8, 25], выделили Т. В. Субботина, С. А. Меркушев, В. А. Карабатов, Л. Ю. Кочеткова экспертным путем [2]. Ими было предложено границу, трассировка которой первоначально также была выполнена экспертным путем С. А. Меркушевым [1], а затем скорректирована с помощью формализованной оценки В. А. Карабатовым, С. А. Меркушевым [26], разделить на контактные, ограничительные, проблемные и разделительные сегменты.

Результаты и их обсуждение

Результаты расчета коэффициента ПТБ по ранее выделенным сегментам в основном подтвердили первоначальное разделение. Так, для контактного типа границ характерна максимальная проницаемость, т. е. на этих участках барьер выполняет преимущественно функцию визуального или номинального разграничения (табл. 3, рисунок).

Протяженный восточный сегмент контактного типа является, на наш взгляд, хорошим примером конъюнктивной границы, сформировавшейся в результате взаимодействия двух смежных пространств: городского центра, в большей степени обладающего признаками губернского города, и рабочей Мотовилихи, являющейся в первую очередь наследницей Горнозаводской цивилизации [27–29]. Именно здесь находится ряд знаковых городских аттракторов, появлению которых, по нашему мнению, способствовало упомянутое взаимодействие, и сегодня способствующее формированию позитивных трендов. Так, по инициативе и участии жителей при поддержке городской администрации часть достопримечательного места, насыщенного памятниками конструктивизма, «Соцгородок "Рабочий поселок"» в квартале между улицами Уральской, Циолковского, Лебедева и Индустриализации превращена в жилой комплекс образцового содержания, активно посещаемый туристами и экскурсантами. Сформи-

ровавшиеся тенденции необходимо всесторонне поддерживать, способствуя формированию в пределах кварталов, примыкающих к восточному сегменту границы большого центра, общегородской аттрактивности, хорошо раскрывающей своеобразие г. Перми.

Барьерная роль границ ограничительного типа подтвердилась на участке вдоль р. Камы. С другой стороны, отнесенные ранее к ограничительным участок ул. Малкова (юго-запад) и сегмент границы, проходящий по долине Уинки и мосту, связывающему улицы Уинскую и Тургенева (восток), характеризуются высокими значениями коэффициента ПТБ. По нашему мнению, это объясняется преобразованием общественного пространства в пределах Черняевского леса, а также реализацией общественной инициативы по созданию «Сада Соловьёв» в долине Уинки в непосредственной близости к названным фрагментам границ, что способствует повышению связности приграничных кварталов.

Наличие ранее выделенных сегментов разделительного типа также подтвердилось, хотя в их пределах выявлены участки с различающейся проницаемостью.

Наиболее ярко разделительная функция границы проявилась на участке от вокзала Пермь-II до ул. Энгельса (низкое значение коэффициента проницаемости), где барьерность границы будет усиливаться в результате сооружения магистрали по улице Строителей с многоуровневой развязкой в районе улицы Локомотивной, обеспечивающей выход на новый мост через Каму. В то же время реализация планов по созданию транспортно-пересадочного узла на базе железнодорожного вокзала Пермь-II со строительством автовокзала, обустройством прилегающей территории и размещением на ней знакового общегородского аттрактора – многофункционального концертно-спортивного комплекса – может усилить проницаемость данного участка границы. Для этого необходимо грамотное планирование новых комфортных пешеходных зон, пересекающих масштабный авто-железнодорожный транспортный жгут, а также их интеграция в формирующийся пешеходно-променадный каркас большого центра (ППКБЦ). Рядом находится один из его сегментов, сформированный четырьмя ядрами: Садам имени 250-летия Перми, сквером на пл. Гайдара, сквером имени Дзержинского, Экстрим-парком и обустроенной территорией вокруг него [30].

На другом участке разделительного сегмента – по ул. Стахановская – ул. Чкалова – ул. Старцева – была выявлена средняя проницаемость границы. Здесь разделительное свойство границы длительное время подкреплялось резкой сменой селитебной функции (в пределах большого центра) на промышленную (во внешней зоне). Сейчас во многих кварталах внешней



Таблица 3

Проницаемость сегментов границы большого центра г. Перми

№ сегмента	Промежуточные критерии и итоговый коэффициент, ед.							
	D_i		P_i		ISO_i		$ПТБ_i$	$ПТБ_i \text{ norm}$
	абс.	норм.	абс.	норм.	абс.	норм.		
1	0.2845	0.0324	0.0015	0.3908	0.5312	0.6854	1.1087	0.4180
2	4.1585	0.4739	0.0039	1	0.5675	0.7322	2.2061	0.8317
3	0.2398	0.0273	0.0035	0.9118	0.55	0.7096	1.6488	0.6216
4	8.7746	1	0.0037	0.9609	0.536	0.6916	2.6525	1
5	0.2532	0.0288	0.0012	0.3222	0.55	0.7096	1.0608	0.3999
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0.2125	0.0242	0.0038	0.9857	0.4428	0.5714	1.5814	0.5961
8	0.0856	0.0097	0.0009	0.2416	0.502	0.6477	0.8991	0.3389
9	0.6719	0.0765	0.0030	0.7800	0.58	0.7483	1.6049	0.6050
10	1.4536	0.1656	0.0024	0.6154	0.5975	0.7709	1.5521	0.5851
11 [26, с. 203]	1.6181	0.1844	0.0013	0.3560	0.5766	0.7440	1.2845	0.4842
12	0.3765	0.0429	0.0012	0.3295	0.5085	0.6562	1.0286	0.3878

зоны вдоль рассматриваемого участка происходит активная функциональная диверсификация, что снижает барьерность данного сегмента. Однако в рамках комплексного развития г. Перми здесь предлагается строительство двухуровневых развязок на перекрестках улицы Чкалова с улицами Куйбышева и Героев Хасана. Эти меры направлены на оптимизацию транспортных потоков, снижение заторов и в целом положительно зарекомендовали себя во многих городах мира применительно к приграничным частям центральных зон. Однако усиливающийся тренд на повышение контактности рассматриваемого участка границ надо всесторонне поддерживать, прежде всего, активнее развивая формирующиеся здесь общественные пространства, создавая удобные и хорошо связанные пешеходные зоны, в том числе обеспечивающие комфортное пересечение границы большого центра.

Присутствие экспертно выделенного проблемного типа границ, прежде всего, подтвердилось тем, что у всех его сегментов оказались разные коэффициенты ПТБ. На наш взгляд, часто появление границ проблемного типа (размытых, не четко выраженных) свидетельствует об активном изменении функций кварталов, по которым они проходят, и пока четко выраженный набор новых видов деятельности, локализованных в этих местах, не сформировался.

Например, участок по ул. Данщина показал среднюю проницаемость, но в перспективе значение ПТБ здесь может повыситься до интервала с высокой проницаемостью, а граница трансформироваться в контактную. Вблизи границы происходит строительство ЖК «Камаполис», что усилит потенциал функциональной дифференциации территории. Кроме того, ул. Данщина может стать частью пешеходно-променадного каркаса

г. Перми. При трансформации этой улицы в пешеходную зону с одновременным продолжением набережной от исторического ядра в сторону упомянутого жилого комплекса она станет связующим звеном между Садам им. 250-летия Перми и набережной Камы, в результате будут объединены два сегмента ППКБЦ [30]. Однако для этого необходимо применение системного подхода к преобразованию промышленных территорий в прибрежной зоне, основанного на разработке и реализации стратегических нормативно-правовых документов.

Еще один сегмент границы проблемного типа вызвал наибольшее количество вопросов при его проведении. Было предложено три варианта трассировки рассматриваемого участка, каждый из которых был проанализирован с использованием коэффициента ПТБ. В результате два варианта продемонстрировали среднюю проницаемость с различными значениями коэффициента, а один – низкую.

Первый вариант (трассировка на основе экспертной оценки) получил наибольший коэффициент 0.5851. Это свидетельствует о сравнительно высокой проницаемости данного варианта границы, близкой по значению коэффициента к интервалу со средней проницаемостью.

Второй вариант [25] предусматривает проведение этой границы по участку шоссе Космонавтов – ул. Столбовая с коэффициентом ПТБ, равным 0.4842. На текущий момент на пересечении этих улиц ведется строительство многоуровневой транспортной развязки, что в перспективе может существенно изменить условия пересечения границы. Новая развязка должна оптимизировать транспортные потоки, улучшая связность прилегающих районов. Однако, несмотря на эти перспективы, строительство может также усилить



Проницаемости территориальных барьеров границы большого центра г. Перми (цвет онлайн)



барьерный эффект, если меры по обеспечению доступности для пешеходов и велосипедистов будут недостаточно эффективными. В результате развязка приведет к пространственной изоляции значительной по площади территории от большого центра, трансформируя ее в обособленную зону, окруженную высокоскоростными транспортными коммуникациями, включая автомобильные магистрали и Транссибирскую железнодорожную магистраль [2].

Третий вариант проведения – это Транссибирская железнодорожная магистраль с коэффициентом ПТБ, равным 0.3878. Низкая проницаемость связана с высокой барьерностью железнодорожной инфраструктуры, характеризующейся ограниченным количеством переходов (в пределах данного сегмента официально функционирует один), а также физическими и организационными препятствиями для свободного пересечения. В результате граница существенно ограничивает мобильность населения и транспорта, что подтверждается расчетами.

Выводы

Таким образом, расчетным путем подтверждена наибольшая проницаемость контактных границ, преимущественно выполняющих функцию номинального разграничения, и наибольшая барьерность ограничительных, особенно вдоль р. Камы. Развитие территорий вдоль разделительных границ, в первую очередь в зонах интенсивного строительства, требует особого внимания с целью предотвращения усиления барьерного эффекта. Сегменты границ проблемного типа, сформировавшиеся при пересечении территорий с размытыми функциями, указывают на необходимость применения комплексного подхода к их преобразованию с акцентом на усиление связности новых формирующихся общественных пространств. Участки, ограниченные железнодорожными и промышленными зонами, подтвердили низкую проницаемость, что говорит о высоких барьерных эффектах.

Использование предложенной методики помогло более точно и объективно охарактеризовать ранее выявленные типы границ, их функциональные особенности и степень проницаемости. Четче идентифицированы сегменты с высокой барьерностью, подтверждено наличие проблемных участков, которые требуют более пристального внимания и изучения. Применение коэффициента ПТБ позволило сделать выводы о влиянии различных факторов на проницаемость границ, дало основание для изменения типа сегментов границ в районе Черняевского лесопарка и «Сада Соловьев» с ограничительного на контактный, выявило наиболее обоснованный вариант проведения границы большого центра на юго-западе (вдоль Транссибирской магистрали).

Дальнейшее развитие представленных подходов видится в расширении перечня критериев, что позволит еще точнее идентифицировать тип границы, в дополнении анализа изучением барьеров полигонального типа. В целом подобного рода исследования, на наш взгляд, способствуют формированию теоретико-методологической базы для выработки новых подходов к рациональному зонированию городской территории, без которого невозможно решение многих актуальных управленческих задач.

Библиографический список

1. Меркушев С. А. Пассажирское железнодорожное сообщение и аттрактивность внешних зон российских городов-миллионеров // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2021. Т. 31, № 1. С. 97–110. <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2021-31-1-97-110>, EDN: DPDXCW
2. Subbotina T. V., Merckushev S. A., Karabatov V. A., Kochetkova L. Yu. Феномен границ большого центра города-миллионера: Пермская специфика // Science and Global Challenges of the 21st Century – Innovations and Technologies in Interdisciplinary Applications. 2023. Vol. 622. P. 391–399. https://doi.org/10.1007/978-3-031-28086-3_32, EDN: NXWKFD
3. Волков С. А., Иванова М. Б., Тарантин М. Р. Особо охраняемые природные территории в контексте городского планирования города Перми: функции и проблемы // Московский экономический журнал. 2023. Т. 8, № 11. URL: <https://qje.su/ru/nauka/issue/4628/view#issue-rubrics>. https://doi.org/10.55186/2413046X_2023_8_11_593, EDN: PKGJTM
4. Камкин Г. Г. Барьерность городской среды и ее количественная оценка (на примере Москвы) // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020. № 1. С. 27–36. <https://doi.org/10.31857/S2587556620010094>, EDN: ISLVYB
5. Камкин Г. Г. Влияние барьерности на формирование и развитие транспортного каркаса города (на примере юго-запада Москвы) // Региональные исследования. 2020. № 4 (70). С. 72–81. <https://doi.org/10.5922/1994-5280-2020-4-6>, EDN: LTPZCS
6. Тархов С. А. Транспортная проницаемость границ // Региональные исследования. 2022. № 3 (77). С. 71–89. <https://doi.org/10.5922/1994-5280-2022-3-7>, EDN: LOQTWI
7. Каганский В. Л. Ситуация границы и логико-семiotические типы границ // Международный журнал исследований культуры. 2015. № 4 (21). С. 5–27. EDN: VWOJFD
8. Анимца Е. Г., Шарыгин М. Д. Феномен территориальной границы // Географический вестник. 2007. № 1–2 (5–6). С. 5–10. EDN: NDARDD
9. Преображенский Ю. В. Районы Нижнего Новгорода и Перми: особенности восприятия жителями // Географический вестник. 2019. № 1 (28). С. 33–41. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2019-1-33-41>, EDN: PSLCHR



10. Карлова Е. В., Харченко С. В. О связи географических границ городских вернакулярных районов с природными рубежами (на примере крупных городов Центральной России) // Региональные исследования. 2014. № 2 (44). С. 112–123. EDN: SILFCZ
11. Пузанов К. А. Стереотипы внутригородских районов // Вестник Московского университета. Серия 5 : География. 2012. Т. 5, № 2. С. 13–18. EDN: PAOSVB
12. Карлова Е. В., Зюзин П. В. Локальные сообщества жителей в условиях транспортных городских барьеров // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2014. № 5. С. 36–41. EDN: TFLQDZ
13. Шувалов В. Е. Пограничность и трансграничность как понятия теоретической лимнологии // Трансграничные территории Центральной Азии и сопредельных регионов: возможности и проблемы сотрудничества : в 2 ч. : материалы Международной научно-практической конференции. Самарканд : Самаркандский государственный университет, 2022. Ч. 2. С. 177–181.
14. Гейл Я. Города для людей. М. : Альпина Пабlishер, 2012. 276 с.
15. Малахов С. А., Бусел Ю. К. Историческая среда как прототип новой городской типологии // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 4. С. 129–141. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2022.04.16>, EDN: JODWQB
16. Туманик Г. Н., Колпакова М. Р. Транспортное и пешеходное движение как основа поиска структурных построений городского каркаса // Градостроительство. 2013. № 5 (27). С. 35–38. EDN: RGZATH
17. ИА «В городе N» // Большинство опрошенных нижегородцев предпочитают подземные переходы надземным. URL: <https://www.vgoroden.ru/novosti/bolshinstvo-oproshennyh-nizhegorodcev-predpochitayut-podzemnye-perehody-nadzemnym-id350340> (дата обращения: 05.09.2024).
18. Линник Т. М., Боронина В. С., Галаева О. В. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 12 месяцев 2018 года. Информационно-аналитический обзор. М. : ФКУ «НИЦ БДД МВД России», 2018. С. 18. URL: <https://journal.tinkoff.ru/media/obzor-stat-dtp.pdf> (дата обращения: 05.09.2024).
19. СП 59.13330.2016. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. URL: https://www.mos.ru/upload/documents/files/3107/SP59133302016Dostupnostzdaniiisooryjeniidlyamalomobil-nihgryprnaseleniya_Tekst.pdf (дата обращения: 20.11.2024).
20. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. URL: <https://kola.rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/kola/uploaded-files/08-16-sp-52133302016-estestvennoe-i-iskusstvennoe-osveshchenie-aktualizirovannaya-redaktsiya-snip-23-05-95-1.pdf> (дата обращения: 20.11.2024).
21. Евтюков С. А. Влияние факторов на сцепные качества покрытий автомобильных дорог // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 97. EDN: PAEEAZ
22. Подготовительный комитет Конференции Организации Объединенных Наций по жилью и устойчивому городскому развитию (Хабитат III). Третья сессия. Сурабая, Индонезия, 25–27 июля 2016 года. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/habitat3/> (дата обращения: 05.11.2024).
23. Недоступность // Городские проекты Ильи Варламова и Максима Каца. URL: <https://varlamov.me/2014/GP/Nedostupnost.pdf> (дата обращения: 05.09.2024).
24. Енин Д. В. Доступность переходов для инвалидов и маломобильных групп населения на дорогах общего пользования // Доступная среда. 2018. URL: <https://ds-rubikon.ru/ds82-89/> (дата обращения: 05.09.2024).
25. Шарыгин М. Д. Социально-экономические регионы: проблемы познания и организации // Шарыгин М. Д. Избранные труды. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2018. С. 276–280.
26. Карабатов В. А., Меркушев С. А. Делимитация больших центров российских городов-миллионеров: значение, подходы, первые результаты на примере Перми // Пространственная организация общества: теория, методология, практика : сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Михаила Дмитриевича Шарыгина. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023. С. 199–204. EDN: FPPLBX
27. Волков С. А., Тарантин М. Р. Ретроспективный анализ формирования системы микрорайонов города Перми // Московский экономический журнал. 2024. № 11. С. 434–457. https://doi.org/10.55186/24-13046X_2024_9_11_443, EDN: PHOTRB
28. Козлова В. Ю. История горнозаводской цивилизации в Перми, её трансформация и следы в современном городе // Индустриальное наследие как ресурс для развития. Варианты стратегий. 300+ : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Нижний Тагил : Муниципальное казенное учреждение культуры «Нижнетагильский музей-заповедник “Горнозаводской Урал”», 2020. С. 101–106. EDN: IWONLJ
29. Козлова В. Ю. Развитие горнозаводской цивилизации от Александра I до Александра II на примере Мотовилихинского завода // Визуальная антропология – 2022. Исторический город: актуализация прошлого в перспективе будущего : материалы IV Международной научной конференции. Великий Новгород : Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, 2022. С. 100–106. <https://doi.org/10.34680/visant-2022-100-106>, EDN: SNCRMG
30. Меркушев С. А. Пешеходно-променадные каркасы больших центров городов-миллионеров России : монография. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023. 137 с.

Поступила в редакцию 24.11.2024; одобрена после рецензирования 14.12.2024;
принята к публикации 19.12.2024; опубликована 28.02.2025

The article was submitted 24.11.2024; approved after reviewing 14.12.2024;
accepted for publication 19.12.2024; published 28.02.2025



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 40–50

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 40–50

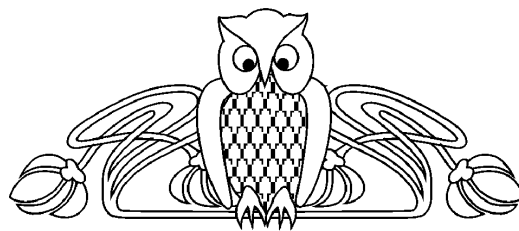
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-40-50>, EDN: LYDHOT

Научная статья

УДК 911.3:33

Перетоки знания как фактор развития сельского хозяйства регионов России



А. М. Носонов^{1✉}, В. А. Чернобровкина¹, А. В. Шурр²

¹ Мордовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. П. Огарева, Россия, 430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68

² Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, Республика Казахстан, 150000, г. Петропавловск, ул. Пушкина, д. 86

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

Чернобровкина Валерия Артуровна, аспирант кафедры физической и социально-экономической географии, vartno@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-9458-7221>

Шурр Александр Викторович, магистр, старший преподаватель кафедры географии и экологии факультета математики и естественных наук, aleksandr.shurr@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7815-1663>

Аннотация. Рассматривается влияние перетоков знаний как фактора инновационного развития на эффективность и интенсивность сельскохозяйственного производства в регионах России. Проанализировано территориальное распределение аграрных патентов и ссылок на них в регионах страны, что является одним из методов выявления перетоков знаний. На этой основе была проведена типология регионов России по инновационным функциям сельского хозяйства и уровню креативности. Было выделено четыре типа регионов: креативные, акцепторно-креативные, акцепторные и инновационная периферия. Для каждого типа проанализированы показатели патентной активности, уровня инновационного развития, среднедушевого производства, эффективности и интенсивности сельскохозяйственного производства. Выявлено, что самое эффективное сельское хозяйство характерно для регионов креативного типа, что свидетельствует о значительном влиянии инновационных факторов на современное развитие сельского хозяйства. Эффективность сельскохозяйственного производства закономерно понижается в акцепторных регионах и инновационной периферии. Значительное влияние на инновационное развитие сельского хозяйства регионов страны имеет наличие высших учебных заведений и научных организаций аграрного профиля. В то же время научно-технологические факторы в настоящее время не являются ведущими в развитии аграрной отрасли, что открывает большие возможности для дальнейшего повышения технологичности и эффективности сельского хозяйства.

Ключевые слова: сельское хозяйство, инновация, патент, перетоки знаний, эффективность, интенсивность

Для цитирования: Носонов А. М., Чернобровкина В. А., Шурр А. В. Перетоки знания как фактор развития сельского хозяйства регионов России // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 40–50. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-40-50>, EDN: LYDHOT

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

Article

Knowledge spillovers as a factor in the development of agriculture in the regions of Russia

А. М. Nosonov^{1✉}, V. A. Chernobrovkina¹, A. V. Shurr²

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

² Manash Kozybayev North Kazakhstan University, 86 Pushkin St., Petropavlovsk 150000, Republic of Kazakhstan

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

Valeria A. Chernobrovkina, vartno@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-9458-7221>

Alexander V. Shurr, aleksandr.shurr@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7815-1663>

Abstract. The article considers the influence of knowledge spillovers as a factor of innovative development on the efficiency and intensity of agricultural production in the regions of Russia. The territorial distribution of agricultural patents and references to them in the regions of the country was analyzed, which is one of the methods for identifying knowledge spillovers. Based on this, a typology of Russian regions was carried out on innovative functions of agriculture and the level of creativity. Four types of regions were identified: creative, acceptor-creative, acceptor and innovative peripheries. For each type, indicators of patent activity, level of innovative development, per capita production, efficiency and intensity of agricultural production were analyzed. It was revealed that the most efficient agriculture is typical for regions of the creative type, which indicates a significant influence of innovative factors on the modern development of agriculture. The efficiency of agricultural production naturally decreases in acceptor regions and innovative periphery. The presence of higher education institutions and scientific organizations of an



agrarian profile has a significant impact on the innovative development of agriculture in the regions of the country. At the same time, scientific and technological factors are currently not leading in the development of the agricultural sector, which opens up great opportunities for further improvement of the technology and efficiency of agriculture.

Keywords: agriculture, innovation, patent, knowledge spillovers, efficiency, intensity

For citation: Nosonov A. M., Chernobrovkina V. A., Shurr A. V. Knowledge spillovers as a factor in the development of agriculture in the regions of Russia. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 40–50 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-40-50>, EDN: LYDNOT

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

Введение

Сельское хозяйство является важной отраслью материального производства, обеспечивающей продовольственную безопасность страны. На современном этапе развития экономики обеспечить эту важную государственную функцию может только инновационное развитие АПК. Соответственно в области управления сельским хозяйством должен быть разработан междисциплинарный научный подход к исследованию инновационного развития аграрной сферы, который включает выявление и исследование пространственно-временных закономерностей инновационного развития данной отрасли. Если в первые годы современной аграрной реформы для повышения эффективности сельского хозяйства приоритетным считалось изменение форм собственности на землю, то в настоящее время многие исследователи пришли к выводу о необходимости системного решения этой проблемы, прежде всего на основе более полного использования природного потенциала и социально-экономических ресурсов территории [1].

Большое значение в условиях продовольственного импортозамещения имеют исследование существующих зарубежных и отечественных методологических положений теории управления инновационными процессами в сельском хозяйстве и рассмотрение соответствующих стратегий. На этой основе в России определена перспективная модель импортозамещения – это сочетание политики «опоры на собственные силы» и стимулирование экспортноориентированных отраслей сельского хозяйства. Данная модель реализуется в результате интенсивной модернизации экспортно ориентированных отраслей АПК, внедрения новых технологий, государственной политики повышения качества продукции и развития стандартизации, поддержки экспорта, развития инфраструктуры, увеличения финансирования фундаментальных и прикладных НИОКР. Перспективными направлениями развития АПК являются платформенные межотраслевые технологии. К ним относятся биотехнологии; использование беспилотных летательных аппаратов для аэрофотосъемки и картографирования сельскохозяйственных угодий и их мониторинга; нанотехнологии и наноматериалы; радиационные технологии; роботизация производственных процессов; совершенствова-

ние агроменеджмента и логистики на основе искусственного интеллекта [2].

В России ведутся работы по всем указанным выше технологиям, имеются существенные научные и технико-технологические заделы для опережающего развития многих из них и освоения мировых рынков высокотехнологичной продукции. Значительную роль в этом процессе играют формирующиеся в настоящее время компоненты технико-технологической инфраструктуры: инновационные территориальные агрокластеры, агротехнопарки, сельскохозяйственные вузы, научные центры и др.

Современное развитие сельского хозяйства может рассматриваться как процесс диффузии инноваций, который отличается по скорости и интенсивности в различные временные периоды. Главным критерием успешности инновационного развития является повышение результирующих показателей сельскохозяйственного производства. На эффективность современного сельскохозяйственного производства оказывают влияние не только субъективные (политические, институциональные, форма собственности на землю и др.), но и объективные (природные, социально-демографические, научно-технологические) факторы, а также кратковременные воздействия пространственно-временных волн инноваций, что требует выяснения их сопряженного влияния на изучаемый процесс. Главной предпосылкой обоснования эффективности проводимых преобразований в аграрном секторе экономики является соответствие характеристик инновационной деятельности с показателями результативности различных отраслей сельского хозяйства. Повышение эффективности сельскохозяйственного производства может быть достигнуто в результате корректировки региональной аграрной политики путем дифференцированного распределения инвестиционных и дотационных средств, а также совершенствования территориальной и отраслевой структур производства в соответствии с местными природными, экономическими и социально-демографическими условиями [3].

Цель исследования заключается в выявлении и анализе влияния диффузии инноваций в форме перетоков знаний на уровень развития, креативность, эффективность и территориальную структуру сельского хозяйства для обос-



нования перспективных направлений аграрной отрасли.

Материалы и методика исследования

Процесс диффузии инноваций осуществляется в результате перетоков формализованного знания и может быть визуализирован при помощи ГИС-технологий. Для выявления главных направлений распространения новых аграрных знаний в исследовании использован метод пространственной интерполяции между центрами генерации патентов и районами, где имеются публикации с их цитированиями. На этой основе была создана изолинейная карта, визуализирующая перетоки знаний в сельском хозяйстве.

Для исследований основных направлений пространственного перемещения новых аграрных знаний перспективно применение средств пространственной интерполяции. Наиболее эффективно использование в этих целях метода обратно-взвешенных расстояний [4], который основан на выявлении зависимости распространения патентов из центров их создания в районы использования, что определяется количеством цитирования аграрных патентов. Количество аграрных патентов в центрах генерации взвешивается для определения степени изменения данного параметра при увеличении расстояния до регионов цитирования. Рассчитываемый коэффициент взвешивания позволяет выявить степень уменьшения анализируемого параметра при увеличении расстояния от него. Данный метод интерполяции эффективен, если изучаемое явление локализовано в определенных точках и его количественные параметры закономерно снижаются в направлении от центра к периферии [5]. Результативность метода при пространственном анализе дискретных процессов и явлений особенно высока в том случае, когда множество центров с пространственными данными являются достаточным для выявления степени локального изменения отображаемого параметра. Исследуемое явление (пространственные перетоки знания) в значительной степени соответствуют этим требованиям.

Для выявления уровня инновационного развития, эффективности и интенсивности сельского хозяйства использованы данные официальной статистики и Application Programming Interface (API) eLIBRARY.RU (интерфейс программирования приложений научной электронной библиотеки).

Обзор литературы

В современных географических и экономических исследованиях при изучении инновационного развития сельского хозяйства широкое распространение получили системный анализ и математическое моделирование, направленные

на более глубокое понимание и количественную оценку функционирования социально-экономических систем, их внутренних и внешних связей [6]. В настоящее время все большее количество научных публикаций посвящены выявлению и исследованию предпосылок инновационного развития стран, регионов и отраслей экономики [6–8]. Важным фактором инновационного развития являются новые знания как основа инноваций и распространение их по территории, т. е. перетоки знаний (knowledge spillovers). Перетоки знаний – это пространственное продвижение формализованных знаний, которые создаются в одном районе и реализуются компаниями других регионов безвозмездно или с незначительными затратами по сравнению с ценностью передаваемого и используемого знания [6, 9]. Перетоки знаний возникают в результате взаимоотношений между специалистами путем трансформации различных видов знаний [9–11]. Инновационные процессы прежде всего связаны с использованием неявного знания, которое включает уникальные профессиональные знания, умения, навыки и соответствующий опыт. Этот тип знания передается преимущественно в результате непосредственного контакта, например между наставником и учеником. Явное знание отличается высоким уровнем формализации, которое передается в виде научных статей, монографий, концептуальных и математических моделей. Инновации создаются путем трансформации разных видов знаний: экстернализации, интернализации, социализации и комбинации [9].

Существуют различные подходы к исследованию территориального перемещения знаний [11–15].

1. Производственная функция знания, которая отражает степень влияния объема создаваемого знания на эффективность и величину производства товаров и услуг [6, 11].

2. Сопоставление патентной активности и ссылок на патенты в научных публикациях, что является эффективным средством выявления и анализа пространственно-временных закономерностей перетоков знания [14, 15]. В данном исследовании использован этот метод изучения перетоков знаний.

3. Международная торговля инновационными товарами, технологиями и услугами. Передача результатов интеллектуальной деятельности осуществляется путем купли-продажи патентов, лицензионных соглашений на изобретения, программных продуктов, полезных моделей и инновационных услуг [6].

4. Динамика научно-технологического потенциала. На региональном и внутринациональном уровнях обмен знаниями между высокотехнологическими компаниями, научными организациями и вузами осуществляется в результате мобильности инноваторов и личных контактов.



Другим направлением передачи знаний являются научные публикации и апробация результатов исследований на конференциях и иных научных мероприятиях, а также путем личного общения ученых [11].

Территориальные перетоки знаний являются одним из оснований типологии регионов по уровню креативности. Количество зарегистрированных патентов свидетельствует о сосредоточении в регионе значительной доли инноваторов. Это подтверждает мнение J. Schumpeter, который считал, что креативность сообщества зависит от уровня концентрации в нем инноваторов (ученых, изобретателей, инновационных предпринимателей) [16]. R. Florida считает, что креативность региона зависит от концентрации творческих профессионалов («креативный класс»): ученых, программистов, инженеров, дизайнеров, работников всех уровней образования, актеров, спортсменов и журналистов [17]. Представители этих творческих профессий в постиндустриальных странах вносят существенный вклад в экономическое развитие этих государств [17, 18]. Большая часть творческих профессионалов сосредоточены в странах с информационным обществом, в крупных городах и особенно в столицах. R. Florida предложен индекс креативности, который включает такие параметры, как талант, технологии и толерантность [18]. Аналогичный подход применяется А. Н. Пилясовым и О. В. Колесниковой, которые считают, что чем более талантливо, технологично и толерантно сообщество, тем оно более креативно [19]. Для выявления креативности регионов авторы используют

такие показатели, как количество жителей с высшим образованием, число полученных патентов и численность исследователей на 1 млн жителей, абсолютные показатели и удельный вес расходов на НИОКР в валовом региональном продукте и др. При определении уровня креативности регионов следует учитывать также разные креативные и акцепторные способности различных возрастных групп сообщества. На основе этих подходов все регионы России по уровню креативности подразделены на следующие типы: креативные, субкреативные, акцепторно-креативные, сильные акцепторы, слабые акцепторы, инновационная периферия [6]. Все эти процессы характерны и для сельских территорий. На поляризации сельской местности указывает Т. Г. Нефедова [20]. Ею выявлены проблемы и результаты поляризации пространства России на развитие сельской местности на разных масштабных уровнях от регионального до локального на примере регионов Центральной России. Ранее Т. Г. Нефедова и Г. В. Иоффе рассмотрели теоретико-методологические вопросы взаимодействия центра и периферии в сельском хозяйстве российских регионов [21].

Результаты и их обсуждение

Анализ количества выданных аграрных патентов на изобретения и полезные модели свидетельствует о крайней неравномерности распределения этого показателя по территории России. В большинстве регионов страны аграрная патентная активность крайне низка (рис. 1). Это прежде всего регионы с неблагоприятными для



Рис. 1. Количество зарегистрированных патентов по сельскому хозяйству, представленных в Научной электронной библиотеке в 2010–2019 гг., единиц. Сост. по: [22] (цвет онлайн)



развития сельского хозяйства природными условиями – восточные районы страны и регионы Европейской России в пределах средне- и южнотаежных лесных зон. Незначительна патентная активность отмечается также в регионах Нижнего Поволжья и Северного Кавказа. Средний уровень полученных аграрных патентов характерен для большинства регионов Центральной России и Среднего Поволжья, юга Урала и Западной Сибири, а также Амурской области. Самое большое количество аграрных патентов регистрируется в крупных научных центрах и вузах Москвы, Санкт-Петербурга, Казани, Ростова-на-Дону, Воронежа, Ульяновска, Краснодар и Ставрополя.

Территориальная дифференциация аграрных патентов на 10 тыс. жителей имеет несколько другой характер (рис. 2). Более 15 аграрных патентов на душу населения получено в Москве, Ростовской, Волгоградской, Воронежской, Рязанской, Ульяновской, Орловской, Магаданской, Амурской областях, республиках Мордовия и Марий Эл. Данная закономерность связана, с одной стороны, с малой численностью населения (Магаданская, Амурская области и Марий Эл), с другой (в большинстве других регионов) – с высоким уровнем развития исследовательской деятельности в области сельского хозяйства. На большей части территории страны душевое производство патентов незначительно.

В 44 регионах России за десятилетний период было выдано менее 5 патентов на душу населения. В главных аграрных регионах Северного Кавказа, Черноземного Центра и Среднего Поволжья зарегистрировано от 5 до 15 патентов на 10 тыс. жителей.

Регионов, в которых цитируются аграрные патенты, значительно больше, чем число центров генерации аграрных инноваций, что свидетельствует о сильной акцепторности новых аграрных знаний. Наибольшее количество ссылок на аграрные патенты в Научной электронной библиотеке в 2010–2019 гг. [22] (более 500 ссылок) приходится на сельскохозяйственные регионы Европейской России, особенно в пределах лесостепной и степной зон, а также Москве и Санкт-Петербургу (рис. 3). В восточных районах страны средний и высокий уровень цитирования аграрных патентов характерен для южных областей Урала и Западной Сибири, а также Амурской и Иркутской областей, Республики Якутия (Саха) и Красноярского края (от 100 до 300 ссылок). Наименьшее количество цитирований аграрных патентов отмечалось в неаграрных регионах Сибири и Дальнего Востока, Севера Европейской России, Республике Крым, северокавказских республиках (за исключением Северной Осетии (Алании) и Кабардино-Балкарии), Республике Калмыкия и Астраханской области (менее 100 ссылок).

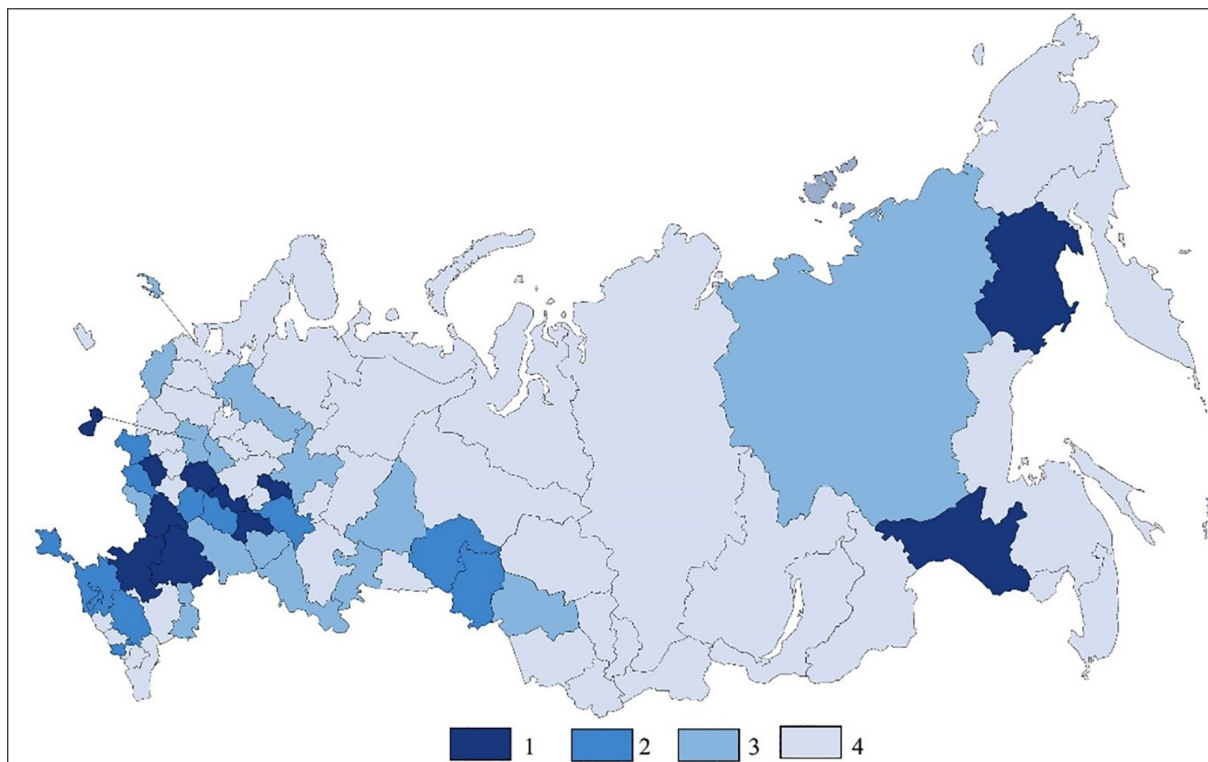


Рис. 2. Количество зарегистрированных аграрных патентов на изобретения и полезные модели на 10 тыс. жителей в 2010–2019 гг., единиц: 1 – более 15; 2–10 – 15; 3–5 – 10; 4 – менее 5. Сост. по: [22, 23] (цвет онлайн)

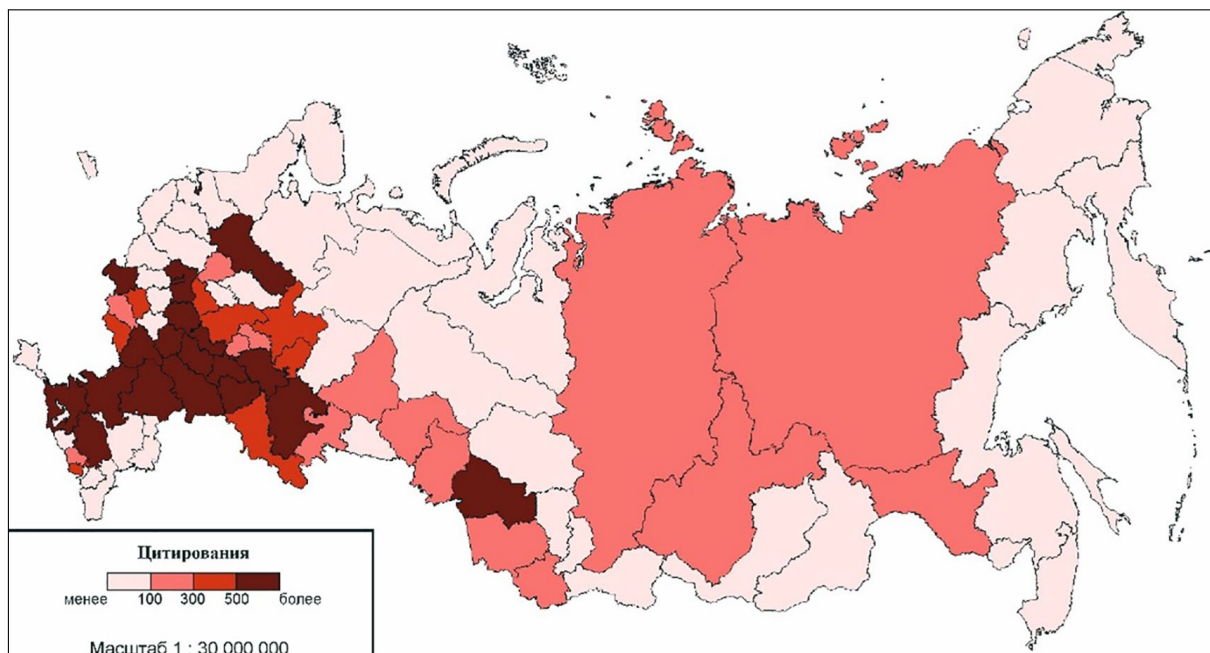


Рис. 3. Количество цитирований зарегистрированных патентов по сельскому хозяйству, представленных в Научной электронной библиотеке в 2010–2019 гг., единиц. Сост. по: [22] (цвет онлайн)

Применение метода пространственной интерполяции позволило выявить и визуализировать главные центры генерации аграрных знаний – Москва и Московская область, Санкт-Петербург и Ленинградская область, Казань и Ульяновск, Воронеж, Краснодар, Ставрополь (рис. 4). В восточных районах страны крупнейший центр аграрных инноваций – Новосибирская область.

На основе анализа количества аграрных патентов и их цитирований за 2010–2019 гг. проведена типология регионов России по инновационным функциям сельского хозяйства (степени креативности) (рис. 5). Под типом регионов по аграрным инновационным функциям понимается совокупность субъектов Российской Федерации, сходных по количеству производимых новых аграрных знаний, степени развития научно-тех-

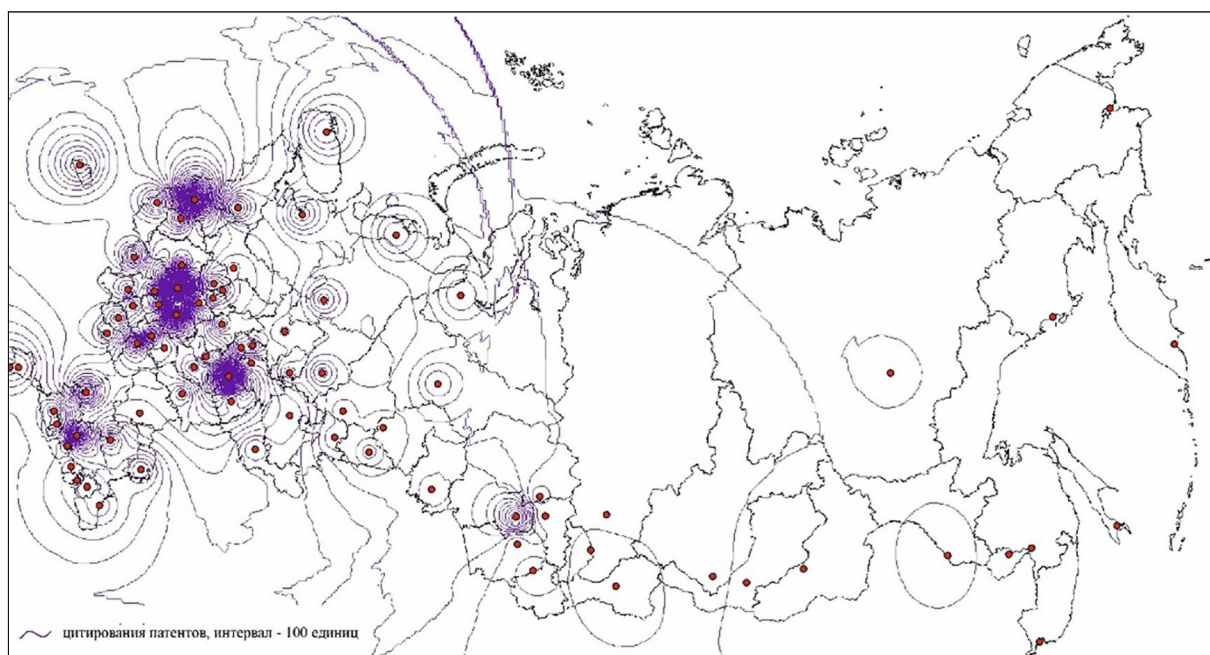


Рис. 4. Перетоки аграрных знаний. Сост. по: [22] (цвет онлайн)

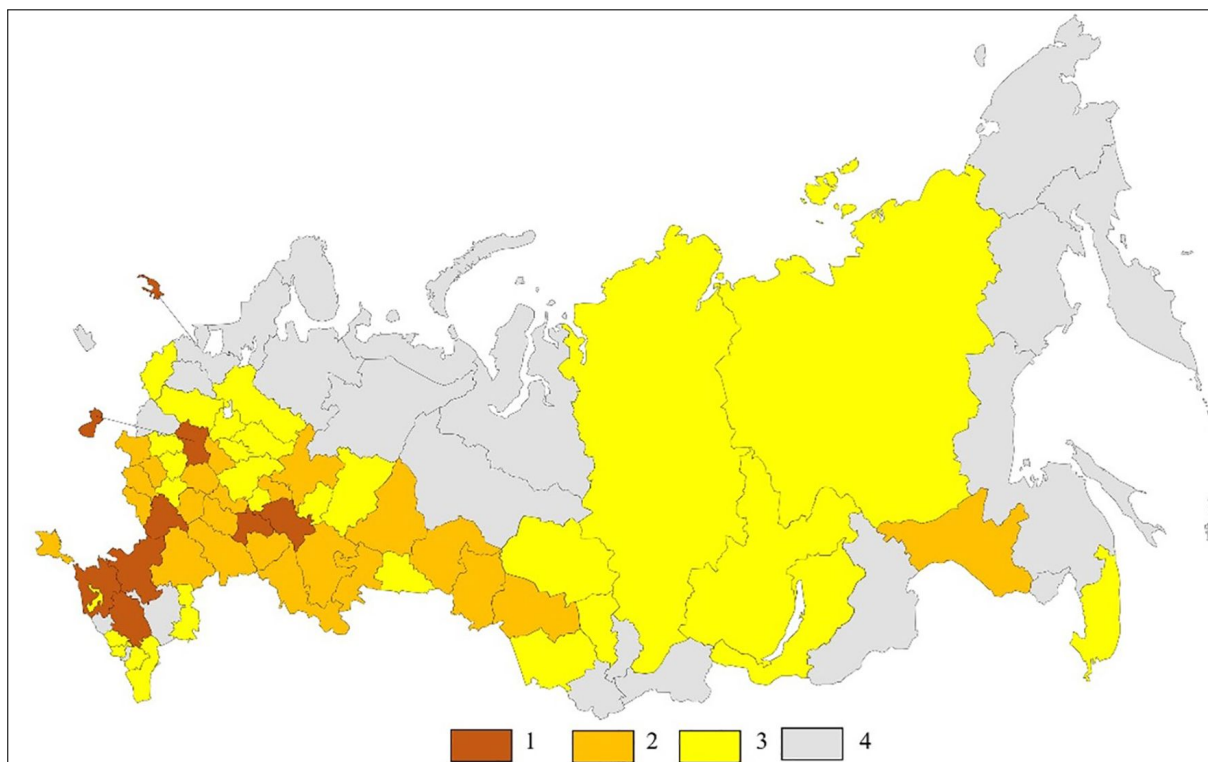


Рис. 5. Типология регионов России по инновационным функциям сельского хозяйства (креативности): 1 – креативные; 2 – акцепторно-креативные; 3 – акцепторные; 4 – инновационная периферия (цвет онлайн)

нологической инфраструктуры, специализации, способам ведения хозяйства, уровню интенсивности и эффективности сельского хозяйства. На этой основе выделено четыре типа регионов:

- креативные (генерирующие аграрные инновации в объемах, превышающих использование);
- акцепторно-креативные (генерирующие и использующие аграрные инновации в примерно равных количествах);
- акцепторные (преимущественно использующие аграрные инновации при низком уровне их генерации);
- инновационная периферия (регионы с низкой инновационной активностью).

В целом границы между типами во многом соответствуют грациям количества полученных аграрных патентов и в меньшей степени – числу ссылок на соответствующие изобретения и полезные модели. Главное отличие между выделенными типами регионов заключается в уровне интенсивности процессов перетоков аграрных знаний. Очевидно, что территориальные различия в интенсивности и эффективности сельскохозяйственного производства обусловлены не только перетоками знаний, а данный критерий рассматривается как один из факторов.

Креативные регионы включают всего 9 субъектов России – Москва, Санкт-Петербург, Московская, Ульяновская, Ростовская,

Воронежская области, Краснодарский, Ставропольский края и Республика Татарстан. Регионы данного типа обладают развитой инновационной инфраструктурой и высоким уровнем квалификации научного персонала, специализирующегося на аграрной науке, в том числе в области высоких технологий (генная инженерия, методы искусственного интеллекта, роботизация и др.). В этом типе самые высокие показатели инновационного индекса по данным Высшей школы экономики и рейтинг регионов по научно-технологическому развитию (табл. 1). В этих регионах находится значительная часть всех научно-исследовательских институтов и центров и сельскохозяйственных учебных заведений, в том числе такие ведущие аграрные вузы страны, как Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Воронежский государственный аграрный университет, Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, Донской государственный аграрный университет и др. Здесь находится большая часть научных учреждений, где осуществляются высокотехнологические аграрные исследования (Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, Всероссийский НИИ сельскохозяйственной биотехнологии, Всероссийский НИИ удобрений и агропочвоведения



Таблица 1

Основные показатели по типам регионов по инновационным функциям сельского хозяйства

Основные показатели	Типы регионов			
	креативные	акцепторно-креативные	акцепторные	инновационная периферия
Инновационный индекс регионов по данным ВШЭ	0.45	0.37	0.35	0.28
Рейтинг регионов по научно-технологическому развитию	55.4	41.2	35.5	24.8
Количество аграрных вузов, ед.	41	36	47	10
Количество аграрных научных организаций, ед.	55	38	26	13
Численность исследователей по сельскохозяйственным наукам, чел.	4116	2557	1488	324
Количество аграрных патентов на изобретения и полезные модели, ед., всего в среднем на регион	6922 769	4426 192	1201 42	121 5
Количество цитирований аграрных патентов на изобретения и полезные модели, единиц, всего в среднем на регион	29320 3258	18065 785	3531 126	331 14
Количество цитирований аграрных патентов на изобретения и полезные модели на 1 патент, ед.	4.2	4.1	2.9	2.7
Количество аграрных патентов на изобретения и полезные модели на 10 тыс. жителей	14.5	10.4	2.9	0.8
Количество регионов в типе	9	23	28	23

Рассчитано по: [8, 22, 23].

им. Д. Н. Прянишникова, Донской зональный НИИ сельского хозяйства, Почвенный институт имени В. В. Докучаева, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова и др.) [24]. В этих регионах сосредоточено больше исследователей по сельскохозяйственным наукам, чем во всех других регионах страны (см. табл. 1). Здесь зарегистрировано аграрных патентов на изобретения и полезные модели больше, чем на остальной территории страны (6922 единицы). Это также касается количества ссылок на аграрные патенты на изобретения и полезные модели.

Доля сельского хозяйства в валовом региональном продукте этих регионов составляет 2.9%. Кроме того, в составе данного типа два самых крупных города России – Москва и Санкт-Петербург, население которых является крупным потребителем продовольствия. Сельское хозяйство регионов этого типа отличается высоким уровнем интенсивности и эффективности производства. Здесь отмечаются самые высокие показатели стоимости основных производственных фондов (около 73 тыс. руб.), объемов производства продукции на 1 га сельскохозяйственных угодий (71 тыс. руб.) и соотношение затрат и прибыли – 340.1 млрд руб. (табл. 2). Значительны также душевые показатели производства основных видов продовольствия и урожайности зерновых культур.

Акцепторно-креативные регионы. Регионы этого типа расположены в пределах лесостепной и степной зон земледельческой освоенной территории Европейской России и Западной Сибири, а также Амурской области. Они отличаются высоким уровнем инновационного развития, являясь крупными генераторами аграрных инноваций, при этом используя значительное количество аграрных патентов, как собственных, так и созданных в креативных регионах. Здесь сосредоточено большое число аграрных вузов (36) и научных организаций (38). Численность исследователей по сельскохозяйственному профилю составляет 2557 человек (см. табл. 1). Количество цитирований аграрных патентов в расчете на 1 патент сопоставимо с регионами креативного типа. Доля сельского хозяйства в валовом региональном продукте в этом типе максимальна и составляет 3.7% (см. табл. 2). Здесь же функционирует наибольшее количество вертикально ориентированных компаний (агрохолдингов), которые отличаются высокой товарностью производства и являются главным фактором обеспечения продовольственной безопасности страны.

Регионы этого типа характеризуются высокой эффективностью и интенсивностью сельскохозяйственного производства. Это отражается в таких показателях, как сальдированный финансовый результат (216.1 млрд руб.), объемах продукции на 1 га сельскохозяйственной площади (37.2 тыс. руб.) и урожайности зерновых



Таблица 2

Показатели продуктивности и эффективности сельскохозяйственного производства в типах регионов по инновационным функциям сельского хозяйства

Основные показатели	Типы регионов			
	креативные	акцепторно-креативные	акцепторные	инновационная периферия
Численность населения тыс. чел.	47639	42693	40764	15352
Доля сельского хозяйства в валовом региональном продукте, %	2.9	3.7	2.6	1.1
Количество агрохолдингов	37	64	28	10
Сальдированный финансовый результат, млрд руб.	340.1	216.1	110.5	15.1
Продукция сельского хозяйства на 1 га сельскохозяйственных угодий, тыс. руб.	71.0	37.2	34.0	18.0
Основные производственные фонды сельского хозяйства на 1 га сельскохозяйственных угодий, тыс. руб.	72.9	35.1	32.4	31.0
Урожайность зерновых культур, ц/га	44.1	30.2	27.6	29.3
Валовый сбор зерновых и зернобобовых культур на душу населения, кг	1086	1482	656	208
Производство скота и птицы на убой (в живом весе) на душу населения, кг	31	94	44	37
Производство молока на душу населения, кг	159	294	273	167
Количество регионов в типе	9	23	28	23

Рассчитано по: [23].

культур (30.3 ц/га). Здесь также самое высокое среднедушевое производство продовольствия – зерна (1482 кг), мяса (94 кг), молока (294 кг). Это обусловлено благоприятным сочетанием высокого природного агропотенциала и рационального использования аграрных инноваций.

Акцепторные регионы. Регионы этого типа расположены на территориях с неблагоприятными агроклиматическими и почвенными ресурсами сельского хозяйства, что обуславливает низкую долю этой отрасли в ВРП (2.6%) и преобладание в структуре экономики третичного сектора и промышленности. Уровень научно-технологического и инновационного индексов развития ниже среднего. При этом имеется значительное количество сельскохозяйственных вузов (47) и аграрных научных организаций (26). Количество зарегистрированных аграрных патентов и их цитирований в 3–5 раз меньше, чем в регионах первых двух типов. Экономическая эффективность производства в 2–3 ниже, чем в креативных и акцепторно-креативных регионах. Про продуктивности растениеводства регионы этого типа значительно уступают 1-му и 2-типу, в то время как продуктивность молочного скотоводства здесь довольно высока. По душевому производству молока данные регионы уступают только акцепторно-креативным. Показатели интенсивности сельскохозяйственного производства в регионах этого типа близки к среднероссийскому уровню.

Инновационная периферия включает обширные территории с самыми неблагоприятными для сельского хозяйства природными условиями, низкой численностью и плотностью населения с преимущественным развитием промышленности. Эти регионы характеризуются невыгодным экономико-географическим положением, самым низким уровнем развития технико-технологической инфраструктуры и незначительным научно-техническим потенциалом. Здесь самое незначительное количество аграрных вузов, научных организаций и число исследователей по сельскохозяйственным наукам. Соответственно, в регионах этого типа минимальное число зарегистрированных аграрных патентов и ссылок на них. Показатели интенсивности, эффективности и среднедушевого производства продовольствия здесь также значительно ниже, чем в регионах других типов. Эти регионы и в дальнейшем будут специализироваться на экстенсивных отраслях животноводства (оленоводство, овцеводство, мясное скотоводство) и завозить большую часть сельскохозяйственной продукции из других регионов.

Заключение

Исследование перетоков аграрных знаний как фактора инновационного развития сельского хозяйства России позволило сделать следующие выводы.



1. Перетоки аграрных знаний в настоящее время на большей части территории страны не являются значимым фактором инновационного развития отрасли. При этом их влияние на продуктивность и эффективность сельскохозяйственного производства постоянно возрастает. Этому способствует и повышение качества человеческого потенциала в сельской местности как важной предпосылки инновационного развития. В сельском хозяйстве распространение знаний и инноваций имеет иерархически-сетевой характер в отличие от иерархического механизма в большинстве высокотехнологичных отраслях экономики, что обусловлено значительной пространственной дифференциацией центров генерации аграрных инноваций в пределах основной земледельческой территории страны.

2. Главными центрами генерации аграрных знаний и инноваций являются крупные города с населением более 1 млн чел. и главные сельскохозяйственные районы страны. Здесь сосредоточена большая часть аграрных вузов и научно-исследовательских организаций сельскохозяйственного профиля и, как следствие, создается большая часть патентов для АПК.

3. Типология субъектов Российской Федерации свидетельствует о неравномерном распределении регионов креативного, акцепторного типов и инновационной периферии. В наименьшей степени представлены креативные регионы при преобладании акцепторного типа и инновационной периферии. Уровень интенсивности, эффективность производства и дешевое производство продовольствия закономерно понижается при переходе от креативных регионов к инновационной периферии, что свидетельствует о усилении влияния инновационных факторов на развитие сельского хозяйства.

4. Существует специализация регионов создания аграрных инноваций в зависимости от растениеводческого (селекционные исследования, агротехнические инновации) и животноводческого (генетические инновации, нововведения в области кормопроизводства) направления производства. Высокотехнологические инновации (в области генной инженерии, когнитивных систем агроменеджмента, логистики, наноматериалов, радиологических методов, робототехники и др.) сосредоточены в крупных городах, прежде всего в Москве, Санкт-Петербурге и Казани.

5. Результаты исследования показывают определенное влияние на инновационное развитие сельского хозяйства общего научно-технологического развития регионов, в том числе патентной активности, которые в настоящее время являются главным фактором повышения эффективности сельскохозяйственного производства и увеличения объема производства продовольственных ресурсов. Основными причинами, сдерживающими инновационное

развитие сельского хозяйства регионов России, являются недостаточная как государственная, так и частная поддержка инновационной деятельности, отсутствие системы приоритетного развития аграрного сектора на основе новых техники и технологий.

6. Все факторы научно-технологического развития аграрной сферы уникальны и равнозначны, поэтому успешное развитие сельского хозяйства может быть достигнуто только в результате комплексного использования сильных сторон всех этих факторов.

Библиографический список

1. Инновационное развитие сельского хозяйства России / А. М. Носонов, Л. И. Зинина, И. А. Иванова, С. А. Тесленок, С. Г. Бусалова, Н. Н. Семенова. Саранск : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, 2020. 160 с. EDN: YMVDEU
2. Шагайда Н. И., Никулин А. М., Узун В. Я., Троцук И. В., Шишкина Е. А. Мониторинг состояния продовольственной безопасности России в 2014–2017 гг. / Институт прикладных экономических исследований РАНХиГС. М. : Дело, 2018. 78 с. EDN: TTLTEJ
3. Алтухов А. И. Современные проблемы пространственного развития сельского хозяйства страны и возможные подходы к их решению // Экономика сельского хозяйства России. 2021. № 11. С. 2–12. <https://doi.org/10.32651/2111-2>, EDN: BQVPCN
4. Nosonov A., Letkina N., Nosonova V. Geoinformation modeling of knowledge spillovers as an innovative development and agricultural efficiency factor // International Journal of Geoinformatics. 2020. Vol. 16, № 4. P. 71–80. EDN: SSTKZJ
5. Soleimani K., Modallaldoust S. Production of Optimized DEM Using IDW Interpolation Method (Case Study; Jam and Riz Basin-Assaloyeh) // Journal of Applied Sciences. 2008. Vol. 8, iss. 1. P. 104–111. <https://doi.org/10.3923/jas.2008.104.111>
6. Бабурин В. Л., Земцов С. П. Инновационный потенциал регионов России. М. : КДУ ; Университетская книга, 2017. 358 с. EDN: YNNHIY
7. Синергия пространства: региональные инновационные системы, кластеры и перетоки знания : кол. монография / А. Пилясов, Ю. Хомич, Э. Лоренц, М. Фишер, М. Фельдман, Д. Аудретш, С. Бреши, Ф. Лиссони, Ф. Кук, М. Г. Уранга, Г. Этксебария, Д. Долорё, С. Парто, П. Ойнас, Э. Малецки, Р. Штернберг, К. Кошатцки, К. Лоусон, Р. Морено, Р. Пачи [и др.]. ; отв. ред. А. Н. Пилясов. Смоленск : Ойкумена, 2012. 760 с. EDN: QVHQDL
8. Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. Вып. 8 / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, С. В. Бредихин, И. О. Варзановцева, М. А. Гершман, Л. М. Гохберг, К. А. Дитковский, Е. А. Иванова, А. В. Клыпин, Г. Г. Ковалева, М. Н. Коцемир, И. А. Кузнецова, Е. С. Куценко,



- В. В. Лапочкина, Д. М. Мартынов, С. В. Мартынова, А. В. Нестеренко, Е. Г. Нечаева, О. К. Озерова, О. Н. Портнягина [и др.] ; под ред. Л. М. Гохберга. М. : НИУ ВШЭ, 2023. 260 с.
9. *Nonaka I., Takeuchi H.* The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. New York, Oxford : Oxford University Press, 1995. 284 p.
10. *Breschi S., Lissoni F.* Knowledge Spillovers and Local Innovation Systems: A Critical Survey // *Industrial and Corporate Change*. 2001. Vol. 10, № 4. P. 975–1005. EDN: IPZWJAJ
11. *Lundvall B., Johnson B.* The Learning Economy // *Journal of Industry Studies*. 1994. Vol. 1, iss. 2. P. 23–42. <https://doi.org/10.1080/136627194000000002>
12. *Fischer M. M.* Innovation, Knowledge Creation and Systems of Innovation // *The Annals of Regional Science*. 2001. Vol. 35, iss. 2. P. 199–216. EDN: ASZKPL
13. *Griliches Z.* The Search for R&D Spillovers // *Scandinavian Journal of Economics*. 1992. Vol. 94. Supplement. Proceedings of a Symposium on Productivity Concepts and Measurement Problems: Welfare, Quality and Productivity in the Service Industries. P. 29–47. <https://doi.org/10.3386/w3768>
14. *Jaffe A., Trajtenberg M., Henderson R.* Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations // *Quarterly Journal of Economics*. 1993. Vol. 108, iss. 3. P. 577–598. <https://doi.org/10.2307/2118401>
15. *Jaffe A. B., Trajtenberg M., Fogarty M. S.* Knowledge Spillovers and Patent Citations: Evidence from a Survey of Inventors // *The American Economic Review*. 2000. Vol. 90, № 2. P. 215–218. <https://doi.org/10.1257/aer.90.2.215>, EDN: DRXAVX
16. *Schumpeter Joseph A.* Capitalism, Socialism and Democracy. Introduction by R. Sweberg (Stockholm University). London ; New York : Taylor & Francis e-Library. 2003. 460 p.
17. *Florida R.* Cities and the Creative Class. Routledge, 2005. 198 p. <https://doi.org/10.4324/9780203997673>
18. *Florida R.* The Rise of the Creative Class. And How It's Transforming Work, Leisure, Community and Everyday Life. New York : Basic Books, 2002. 464 p.
19. *Пулясов А. Н., Колесникова О. В.* Оценка творческого потенциала российских региональных сообществ // *Вопросы экономики*. 2008. № 9. С. 50–69. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2008-9-50-69>, EDN: JTXHJH
20. *Нефедова Т. Г.* Поляризация социально-экономического пространства и перспективы сельской местности в староосвоенных регионах Центра России // *Крестьяноведение*. 2021. Т. 6, № 1. С. 126–153. <https://doi.org/10.22394/2500-1809-2021-6-1-126-153>, EDN: DNGPIA
21. *Иоффе Г. В., Нефедова Т. Г.* Центр и периферия в сельском хозяйстве российских регионов // *Проблемы прогнозирования*. 2001. № 6. С. 100–110. EDN: HRTOVV
22. АРИ РИНЦ // Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. 2024. URL: <https://elibrary.ru/> (дата обращения: 14.12.2024).
23. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024 : стат. сб. М. : Росстат, 2024. 1081 с.
24. Сельское хозяйство|UniversityAgro.ru. Агрономия, земледелие, сельское хозяйство : [сайт]. URL: <https://universityagro.ru/> (дата обращения: 14.12.2024).

Поступила в редакцию 10.11.2024; одобрена после рецензирования 12.12.2024; принята к публикации 19.12.2024; опубликована 28.02.2025

The article was submitted 10.11.2024; approved after reviewing 12.12.2024; accepted for publication 19.12.2024; published 28.02.2025



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 51–55

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 51–55

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-51-55>, EDN: RMRDZO

Научная статья

УДК 551.589

Особенности летней трансформации воздушных масс в Нижнем Поволжье при стационарировании арктических антициклонов



С. В. Морозова[✉], Е. А. Полянская, М. А. Алимпиева, А. А. Петрова

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

Морозова Светлана Владимировна, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры метеорологии и климатологии, swetwl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5216-976X>

Полянская Елена Александровна, кандидат географических наук, доцент, профессор кафедры метеорологии и климатологии, kafmeteo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2678-7238>

Алимпиева Мария Александровна, ассистент кафедры метеорологии и климатологии, alimpiewa@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4422-8835>

Петрова Алина Андреевна, магистр 1-го года обучения на кафедре метеорологии и климатологии, lina-petrova-02@list.ru, <https://orcid.org/0009-0009-3668-6714>

Аннотация. Введение. Под трансформацией понимается изменение свойств воздушной массы: ее температуры, влажности, устойчивости. Особенно сильны трансформационные изменения летом при смещении холодного воздуха Арктического бассейна на континентальные районы Евразии. При эмпирическом изучении процесса трансформации существуют сложности, связанные с определением ее начала и окончания. Учитывая, что трансформационные процессы сильно зависят от географических и метеорологических факторов, в настоящей статье рассмотрим особенности протекания этих процессов в Нижнем Поволжье. **Теоретический анализ.** Рассматриваются интенсивность и скорость трансформации. За интенсивность трансформации принята величина повышения средней суточной температуры воздуха при стационарировании арктического антициклона. Скорость трансформации оценивалась по величине междусуточной изменчивости температур. **Заключение.** Средняя продолжительность стационарирования арктических антициклонов в Нижнем Поволжье – пять дней. За время их стационарирования воздушная масса прогревается на 5–8°C, при смещении с севера на юг интенсивность трансформации уменьшается. Максимальная скорость трансформации наблюдается в Саратове и Волгограде на вторые сутки, в Самаре и Астрахани – на третьи. В июле и августе наибольшая скорость трансформации отмечается на четвертые сутки в Самаре, на третьи – в Саратове и на вторые – в Волгограде и Астрахани.

Ключевые слова: воздушные массы, трансформация, арктический антициклон, междусуточная изменчивость температуры воздуха

Для цитирования: Морозова С. В., Полянская Е. А., Алимпиева М. А., Петрова А. А. Особенности летней трансформации воздушных масс в Нижнем Поволжье при стационарировании арктических антициклонов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 51–55. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-51-55>, EDN: RMRDZO

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

Article

Peculiarities of summer transformation of air masses in the Lower Volga region of stationary arctic anticyclones

S. V. Morozova[✉], E. A. Polyanskaya, M. A. Alimpieva, A. A. Petrova

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

Svetlana V. Morozova, swetwl@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5216-976X>

Elena A. Polyanskaya, kafmeteo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2678-7238>

Mariya A. Alimpieva, alimpiewa@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4422-8835>

Alina A. Petrova, lina-petrova-02@list.ru, <https://orcid.org/0009-0009-3668-6714>

Abstract. Introduction. Transformation is understood as a change in the properties of an air mass: its temperature, humidity, and stability. Transformation changes are especially strong in the summer when cold air from the Arctic basin shifts to the continental regions of Eurasia. When empirically studying the transformation process, there are difficulties associated with determining its beginning and end. Considering that transformation processes are highly dependent on geographical and meteorological factors, it is interesting to study the specifics of this process in the Lower Volga region. **Theoretical analysis.** The intensity and speed of transformation are considered. The magnitude of the increase in the average daily temperature during the stationary state of the Arctic anticyclone is taken as the intensity of transformation. The speed of transformation was estimated by the magnitude of the inter-day temperature variability. **Conclusion.** The average duration of stationarity of Arctic



anticyclones in the Lower Volga region is five days. During their stationarity, the air mass warms up by 5–8°C, and the intensity of transformation decreases when shifting from north to south. The maximum transformation speed is on the second day in Saratov and Volgograd, on the third – in Samara and Astrakhan. In July and August, the highest transformation speed is noted on the fourth day in Samara, on the third – in Saratov, and on the second – in Volgograd and Astrakhan.

Keywords: air masses, transformation, arctic anticyclone, inter-day variability of air temperature

For citation: Morozova S. V., Polyanskaya E. A., Alimpieva M. A., Petrova A. A. Peculiarities of summer transformation of air masses in the Lower Volga region of stationary arctic anticyclones. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 51–55 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-51-55>, EDN: RMRDZO

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

Введение

Под трансформацией понимается изменение свойств воздушной массы: ее температуры, влажности, устойчивости и т. п. [1–3]. Однако наиболее важным и значимым является именно изменение ее температуры. Трансформационные процессы играют важную роль в изменении погоды от суток к суткам. Особенно сильны трансформационные изменения летом при смещении холодного воздуха Арктического бассейна на континентальные районы Евразии. Например, при смещении холодного арктического воздуха на территорию Западной Сибири и Северного Казахстана температура воздушной массы может повыситься на 14°C, при этом максимальная скорость трансформации наблюдается в течение первых трех суток, а междусуточная изменчивость температур составляет 4–5°C. Потом скорость трансформации замедляется до 1–2°C в сутки, и примерно на седьмые сутки трансформация заканчивается [2, 3].

Приведенные данные [2, 3] были получены эмпирическим путем при анализе аэрологического и синоптического материала от срока к сроку. Однако при эмпирическом способе оценки трансформационных изменений существуют определенные трудности. Учитывая, что процесс трансформации идет непрерывно, довольно сложно определить моменты начала и окончания этого процесса. Обычно за начало трансформации принимается момент, когда междусуточная изменчивость температуры составляет 4–5°C, а за окончание – когда междусуточная изменчивость температуры станет равной 1–1.5°C. Причем для более корректного определения момента окончания трансформации рекомендуется привлекать и изобарическую поверхность АТ-850 гПа, на уровне которой среднесуточные изменения температуры станут такими же, как и у поверхности земли (1–1.5°C) [2].

Трансформационные процессы протекают по-разному в различных географических районах и зависят от характера барического поля, от стратификации воздушной массы, от скорости и направления ветра на высоте, от условий радиационного баланса, от свойств подстилающей поверхности, реализующей приходящее к ней тепло. Все это накладывает определенную специфику на трансформационные изменения.

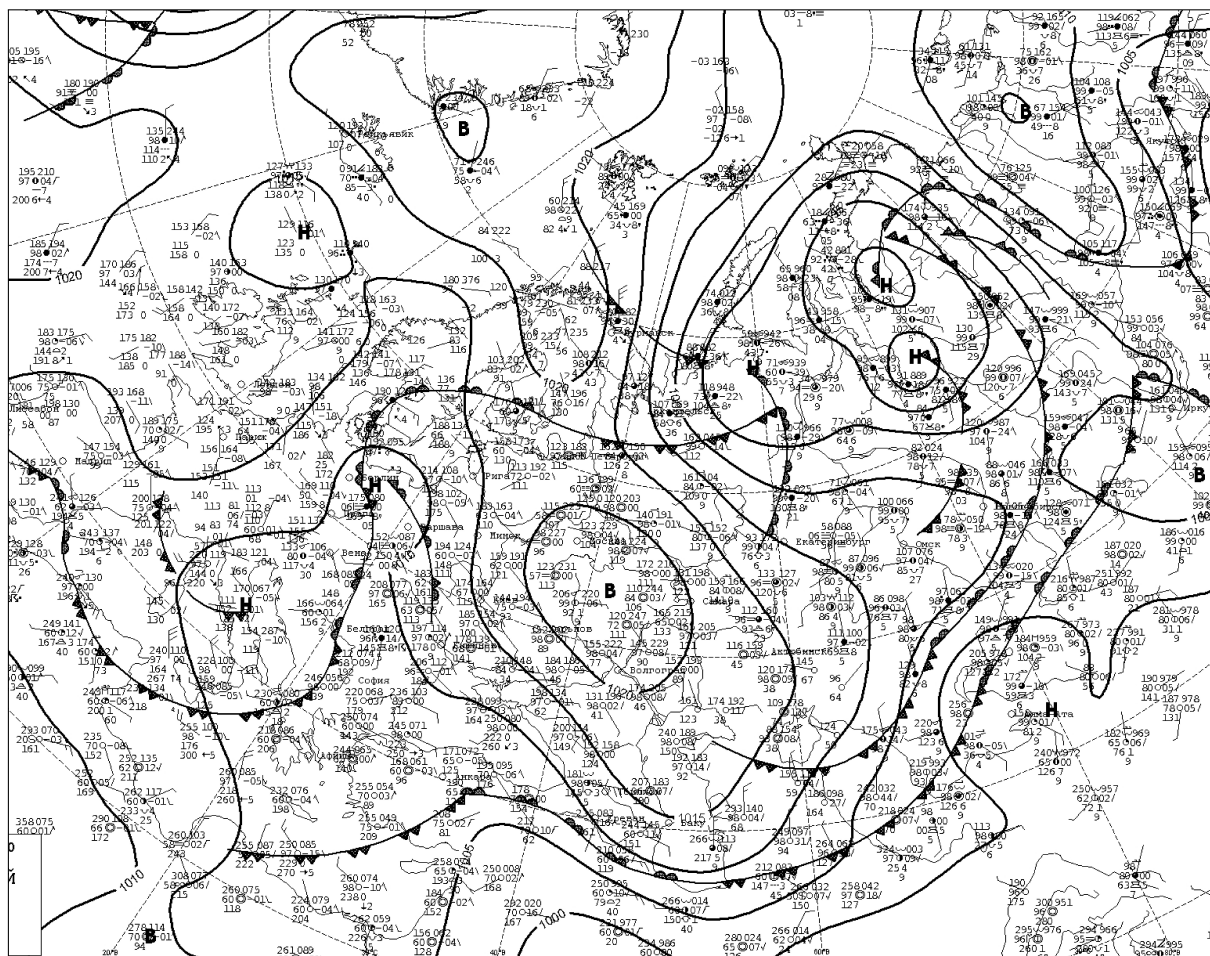
Цель настоящей работы – рассмотреть процессы трансформации в Нижнем Поволжье летом при определенной форме барического рельефа.

Материал и методика исследований

Исследование трансформационных процессов проводилось по четырем пунктам Нижнего Поволжья – Самара, Саратов, Волгоград и Астрахань. Для выполнения исследования использовались средние суточные температуры воздуха [4] и данные срочных наблюдений в 15 ч местного времени для Самары, Саратова и Волгограда, в 12 ч местного времени – для Астрахани [5]. Необходимые материалы выбирались с сайтов [4, 5]. Временной промежуток исследования – период с 1998 по 2021 гг. В работе условно принято, что часть Самарской области и территория Саратовской области характеризуют северную часть Нижнего Поволжья, Волгоградская область – центральную часть, Астраханская область – южную часть Нижнего Поволжья.

Синоптический процесс, при котором рассматривались трансформационные изменения – воздействие арктических антициклонов. По региональной классификации В. Л. Архангельского [6] и Е. А. Полянской [7]. Пример воздействия на выбранный регион арктического антициклона представлен на карте погоды за 11 августа 2008 г. (рисунок). Видно, что первоначально арктический антициклон распространялся на Нижнее Поволжье с севера Баренцева моря и стационарировал на востоке Европейской части России, в том числе и в Нижнем Поволжье, в период с 10 по 25 августа, а затем сместился на территорию Западной Сибири.

Из архива синоптического материала выбирались случаи воздействия арктического антициклона, причем период воздействия этого типа процесса должен быть не менее трех суток. В ранее выполненных работах [6, 9, 10] было установлено, что при смещении арктического антициклона в пункте наблюдения средняя суточная температура сначала падает, а затем начинает повышаться. Период падения температуры не превышает двух суток, поэтому при оценке трансформационных изменений в период воздействия арктического антициклона выбран именно этот временной интервал.



Фрагмент приземной карты погоды за 11 августа 2008 г. [8]

Другим принятым в работе условием трансформационных изменений стало повышение средних суточных температур от суток к суткам. Это условие исключает адвективный фактор, связанный с понижением температуры воздуха при смещении на территорию арктических ядер. Трансформация начинается с прогрева поступившего холодного воздуха.

Таким образом, критериями трансформации в настоящем исследовании стало следующее:

- 1) воздействие арктического антициклона на рассматриваемую территорию не менее трех суток; считаем, что нахождение над территорией указанного барического образования более трех суток является стационарированием;
- 2) от суток к суткам должно происходить повышение средней суточной температуры, причем количественный критерий междусуточной изменчивости не применялся.

Укажем, что выбранные нами критерии эмпирического определения трансформации отличаются от традиционного подхода – не используется количественный критерий междусуточной

изменчивости и применяется циркуляционный фактор.

В соответствии с принятыми условиями для каждого пункта выбирались случаи воздействия арктического антициклона и рассчитывалось изменение средних суточных и срочных температур от суток к суткам.

Результаты и их обсуждение

За исследуемый период времени – с 1998 по 2021 гг. – наблюдалось 144 случая стационарирования арктических антициклонов в Нижнем Поволжье (табл. 1). Видно что больше всего случаев стационарирования арктических антициклонов отмечается в июле, меньше всего – в августе.

В табл. 2 приведены значения повышения температуры воздуха у земной поверхности в рассматриваемой форме барического рельефа.

Видно, что продолжительность стационарирования арктических антициклонов во всех частях (северной, центральной и южной) Нижнего Поволжья примерно одинакова – 5 дней. Однако от северной к южной его части продолжитель-



Таблица 1

Число случаев стационарирования арктических антициклонов в Нижнем Поволжье

Пункт	Июнь	Июль	Август
Самара	12	17	14
Саратов	13	17	6
Волгоград	10	13	11
Астрахань	13	10	8

Таблица 2

Изменение температуры воздуха, °С и продолжительность стационарирования арктических антициклонов, в днях

Пункт	Июнь			Июль			Август			Всего за год		
	Температура		ПСАА	Температура		ПСАА	Температура		ПСАА	Температура		ПСАА
	Δt	$\Delta t_{15 \text{ ч}}$		Δt	$\Delta t_{15 \text{ ч}}$		Δt	$\Delta t_{15 \text{ ч}}$		Δt	$\Delta t_{12 \text{ ч}}$	
Самара	7.6	9.4	4.9	7.2	7.4	4.9	6.7	8.4	4.6	7.2	8.4	4.8
Саратов	7.3	8.7	4.9	6.1	7.6	4.8	5.7	5.9	4.9	6.4	7.4	4.9
Волгоград	6.1	7.1	4.5	5.2	6.3	4.8	5.0	6.4	4.3	5.7	6.6	4.5
Астрахань	4.5	7.3	4.4	4.6	5.8	4.5	4.1	6.0	4.1	4.4	6.4	4.4

Примечание. ПСАА – продолжительность стационарирования арктических антициклонов.

ность стационарирования несколько уменьшается. Это, по-видимому, связано с тем, что начать восточное смещение антициклонам мешает естественная преграда – Уральский хребет. В южной части Нижнего Поволжья такая преграда отсутствует, и они чаще уходят на восток. Именно эта синоптическая ситуация отражена на рисунке.

Изменчивость средних суточных температур, характеризующая интенсивность трансформации, колеблется в пределах от 4 до 8°C. Причем самые сильные изменения наблюдаются в северной части Нижнего Поволжья, к югу изменчивость температур падает. Это вполне объяснимо, так как к югу смещается уже относительно прогретая воздушная масса. Изменчивость температур в дневные сроки наблюдений обнаруживает аналогичную тенденцию, их значения примерно на два градуса выше средних суточных.

Для оценки скорости трансформации рассчитана междусуточная изменчивость температур. Так как средняя продолжительность трансформационных изменений в регионе составляет 5 дней, то выбраны случаи трансформации продолжительностью 6 дней и рассчитаны разности изменения средней суточной температуры от последующих суток к предыдущим (табл. 3).

Как видно из таблицы, наибольшая скорость трансформации отмечается во вторые – третьи сутки, однако пространственно-временная вариабельность очень велика. Так, в Самаре максимальная скорость трансформации отмечается в июне на третьи сутки, в июле и августе – на четвертые. В Саратове максимальная скорость трансформации имеет место на вторые

сутки в июне, на третьи – в июле и августе. В Волгограде самая быстрая трансформация наблюдается на вторые сутки в июне, на первые – в июле и августе. В Астрахани быстрее всего воздух прогревается на третьи сутки в июне, на вторые – в июле и августе.

Из сказанного можно заключить, что процессы трансформации в июне протекают по большей части своеобразно, а в июле и августе трансформационные процессы проявляются идентично. Причем эта особенность характерна для всех частей Нижнего Поволжья.

Заключение

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

Средняя продолжительность стационарирования арктических антициклонов в Нижнем Поволжье – пять дней. За время их стационарирования воздушная масса прогревается на 5–8°C, при смещении с севера на юг интенсивность трансформации уменьшается.

Максимальная скорость трансформации – на вторые сутки в Саратове и Волгограде, на третьи – в Самаре и Астрахани. В июле и августе наибольшая скорость трансформации отмечается на четвертые сутки в Самаре, на третьи – в Саратове и на вторые – в Волгограде и Астрахани.

Таким образом, с учетом барического рельефа оценены интенсивность и скорость трансформации воздушных масс в Нижнем Поволжье и опробован более корректный способ определения времени начала и окончания процесса трансформации.



Таблица 3

**Междусуточная изменчивость температур при стационарировании арктических антициклонов
в Нижнем Поволжье, °С**

Пункт	Месяц	Сутки				
		1-е	2-е	3-е	4-е	5-е
Самара	июнь	2.0	1.7	2.1	1.7	1.6
	июль	1.2	1.4	1.1	1.5	1.2
	август	1.8	1.7	1.7	1.9	1.3
	среднее	1.7	1.6	1.6	1.7	1.5
Саратов	июнь	1.4	2.1	1.5	0.8	0.2
	июль	1.7	1.5	2.9	2.0	0.9
	август	1.9	1.5	2.7	2.1	0.7
	среднее	1.7	2.4	1.6	0.6	0.6
Волгоград	июнь	1.9	2.2	0.9	0.7	0.3
	июль	2.2	1.1	1.5	0.5	0.1
	август	2.4	0.9	1.1	0.7	0.6
	среднее	2.1	1.4	1.2	0.6	0.3
Астрахань	июнь	1.5	1.4	1.7	0.2	0.8
	июль	1.1	1.7	0.9	0.7	1.0
	август	1.8	1.9	0.7	1.3	0.9
	среднее	1.5	1.7	1.1	0.4	0.9

Примечание. В графе «1-е сутки» данные означают трансформационные процессы от первых суток ко вторым, в графе «2-е сутки» – от вторых к третьим и т. д. Жирным выделено максимальное значение скорости трансформации.

Библиографический список

1. Хромов С. П., Мамонтова Л. И. Метеорологический словарь. Л. : Гидрометеиздат, 1974. 488 с.
2. Зверев А. С. Синоптическая метеорология. Л. : Гидрометеиздат, 1977. 712 с.
3. Воробьев В. И. Синоптическая метеорология. Л. : Гидрометеиздат, 1991. 616 с.
4. Суточные температуры воздуха и количество осадков на территории России // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды : [сайт]. URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation#доступ-к-данным> (дата обращения: 20.04.2024).
5. Основные метеорологические параметры (срочные данные) // Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных : [сайт]. URL: <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters> (дата обращения: 05.04.2024).
6. Архангельский В. Л. Региональная синоптика Нижнего Поволжья. Саратов : Изд-во Саратовского университета, 1968. 208 с.
7. Полянская Е. А. Синоптические условия и явления погоды в Нижнем Поволжье. Саратов : Изд-во Саратовского университета, 1986. 208 с.
8. Карты фактической погоды – приземный анализ и аэрология. URL: <https://meteoinfo.ru/mapsynop> (дата обращения: 17.09.2024).
9. Дубенцов В. Р. Летняя трансформация воздушных масс над континентом // Труды Центрального института прогнозов. 1949. Вып. 17. С. 3–63.
10. Морозова С. В. Исследование синоптических процессов методом эталонов. Саратов : Изд-во Саратовского университета, 2013. 164 с. EDN: THBKFR

Поступила в редакцию 06.10.2024; одобрена после рецензирования 20.11.2024; принята к публикации 19.12.2024; опубликована 28.02.2025

The article was submitted 06.10.2024; approved after reviewing 20.11.2024; accepted for publication 19.12.2024; published 28.02.2025



ГЕОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 56–61

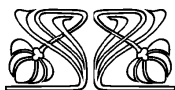
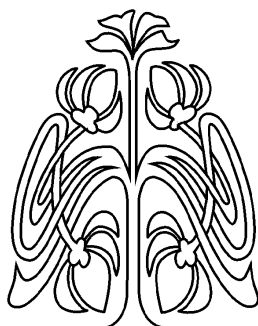
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 56–61

<https://geo.sgu.ru>

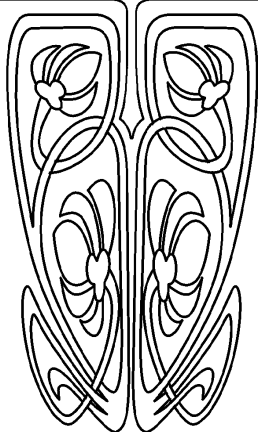
<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-56-61>, EDN: SXHJWL

Научная статья

УДК 550.832



**НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ**



Инновационные технологии геолого-технологических исследований в процессе строительства нефтегазовых скважин

Б. А. Головин¹, И. В. Кузнецов², М. В. Калинин¹, Е. Н. Волкова¹✉, К. Б. Головин¹

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

²ООО «Геопромальянс», Россия, 410005, г. Саратов, ул. им. Пугачева Е. И., д. 159

Головин Борис Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики, bagolovin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1737-7341>

Кузнецов Иван Владимирович, генеральный директор, kuznec2808@mail.ru

Калиникова Марина Викторовна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики, kalinnikova1@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4077-0221>

Волкова Елена Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой геофизики, volkovaen@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7620-3440>

Головин Константин Борисович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики, kosgol@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3716-5592>

Аннотация. Актуальность работы определяется тем, что перед Российскими нефтегазовыми компаниями встала задача создания отечественных информационно-измерительных систем, применяемых в процессе бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин. В представленной статье рассмотрен опыт реализации высокотехнологичного комплекса приборов и устройств, позволяющий решать задачи определения расширенного состава углеводородов в промысловой жидкости, шлама и керне, обеспечивать оптимальный режим бурения и вскрытия продуктивных пластов, осуществлять контроль очистки забоя ствола скважины и выявление интервалов обваловобразования. Показана перспективность применения системы подготовки к газовому анализу (дегазатор постоянного объема) и блока газоанализаторов. Описана уникальная интеллектуальная система видеомониторинга объема выбуренной породы, позволяющая заменить дорогостоящие импортные шламоввешивающие машины.

Ключевые слова: геолого-технологические исследования, бурение, горизонтальные скважины, хроматографический анализ, видеомониторинг

Для цитирования: Головин Б. А., Кузнецов И. В., Калинин М. В., Волкова Е. Н., Головин К. Б. Инновационные технологии геолого-технологических исследований в процессе строительства нефтегазовых скважин // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 56–61. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-56-61>, EDN: SXHJWL

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

Article

Innovative geological and technological research technologies in the process of construction of oil and gas wells

B. A. Golovin¹, I. V. Kuznetsov², M. V. Kalinnikova¹, E. N. Volkova¹✉, K. B. Golovin¹

¹Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

²Geopromalyans, 159 St. Pugacheva E. I., Saratov 410005, Russia

© Головин Б. А., Кузнецов И. В., Калинин М. В., Волкова Е. Н., Головин К. Б., 2025



Boris A. Golovin, bagolovin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1737-7341>

Ivan V. Kuznetsov, kuznec2808@mail.ru

Marina V. Kalinnikova, kalinnikova1@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4077-0221>

Elena N. Volkova, volkovaen@info.sgu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7620-3440>

Konstantin B. Golovin, kosgol@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3716-5592>

Abstract. The relevance of the work is determined by the fact that Russian oil and gas companies are faced with the task of creating domestic information and measurement systems used in the process of drilling directional and horizontal wells. The presented article discusses the experience of implementing a high-tech complex of instruments and devices, which allows solving the problems of determining the expanded composition of hydrocarbons in the drilling fluid, sludge and core, ensuring the optimal mode of drilling and opening productive formations, monitoring the cleaning of the bottom of the wellbore and identifying rockfall intervals. The prospects for using a preparation system for gas analysis (constant volume degasser) and a gas analyzer unit are shown. A unique intelligent video monitoring system for drilled rock volume is described, which allows replacing expensive imported slurry weighing machines.

Keywords: geological and technological research, drilling, horizontal wells, chromatographic analysis, video monitoring

For citation: Golovin B. A., Kuznetsov I. V., Kalinnikova M. V., Volkova E. N., Golovin K. B. Innovative geological and technological research technologies in the process of construction of oil and gas wells. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 56–61 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-56-61>, EDN: SXHJWL

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

Введение

В мировой практике проведения геологоразведочных работ на нефть и газ наблюдается постоянный рост бурения наклонно-направленных скважин и скважин с горизонтальным продолжением ствола. Так, в 2010 г. количество этих скважин составляло 11% от общего объема бурения, в 2018 г. – 48%, а в 2022 г. – уже 60%. Массовый переход на бурение горизонтальных скважин обусловил разработку и внедрение инновационных технологий геофизических исследований в практику проведения всего комплекса ГИРС, и ГТИ в частности.

Постановка проблемы

Первыми с проблемами, возникающими при геофизическом обеспечении бурения наклонно-направленных и горизонтальных нефтегазовых скважин, встретились зарубежные фирмы (США, Канады, Франции и др.), поэтому информационно-измерительные системы этих стран достигли высокого уровня развития [1]. В настоящее время в связи с санкционной политикой, проводимой западными странами, доступ к инновационным технологиям для российских нефтегазовых компаний практически закрыт. Поэтому актуальной задачей является создание отечественных информационно-измерительных систем в процессе бурения. Данное обстоятельство требует разработки и внедрения в практику промысловое геофизических работ расширенного комплекса ГТИ, обеспечивающего оптимальный режим бурения и вскрытия продуктивных пластов.

В соответствии с ГОСТом на проведение геолого-технологических работ [2] расширенный комплекс ГТИ в сложных геологических условиях должен обеспечить, во-первых, определение насыщения расширенного состава углеводородов в промывочной жидкости и шламе, а во-вторых – осуществлять контроль очистки

забоя ствола скважины и выявление интервалов обвалообразования, в том числе выявления несоответствия проектных и текущих режимно-технологических параметров бурения (объема бурового раствора, плотности бурового раствора).

Теоретическое обоснование

Теоретическими предпосылками для расширения комплекса ГТИ являются характерные признаки определения вероятной насыщенности объекта по данным анализа газовой фазы раствора и шлама.

Повышенное содержание метана (более 70–80%), незначительное количество тяжелых компонентов и пониженное количество изобутана (меньше 0.3%) и изопентана (меньше 0.5%) с высокой степенью вероятности свидетельствует об отсутствии нефтенасыщенных пластов в исследуемом интервале.

Признаками остаточного нефтенасыщения являются высокое содержание в газе изобутана (более 5%) и изопентана (более 4%), отклонение содержания изопентана к нормальному пентану должно быть меньше 1.

Вся гамма углеводородов от метана до гексана включительно характеризует нефтенасыщенный пласт. При этом соотношение между различными углеводородными компонентами варьируется в зависимости от геолого-геофизических особенностей региона. Так, для нефтяных месторождений Саратовского Поволжья типичен следующий состав газа, %: CH_4 85.11, C_2H_6 5.79, C_3H_8 4.75, C_4H_{10} 2.78, C_5H_{12} 0.93, C_6H_{14} 0.25, C_7H_{16} 0.035 [3].

Исходные материалы и источники

На отечественном рынке разработан высокотехнологичный комплекс приборов и устройств, позволяющий решать задачи определения расширенного состава углеводородов в промывочной жидкости и в шламе, успешно применяющийся



в практике геолого-технологических исследований нефтегазовых скважин в Нижнем и Среднем Поволжье, центральной части России, Западной и Восточной Сибири, на шельфе Каспийского моря, Печорского моря, Охотского моря (о. Сахалин). Данный комплекс включает в себя информационно-измерительную систему подготовки к газовому анализу и блок газоанализаторов.

Блок подготовки к анализам

Для количественной оценки объема газа, извлекаемого из промывочной жидкости, разработан дегазатор, который обеспечивает непрерывное извлечение компонентов газа из небольших объемов бурового раствора, поступающего порциями и с постоянной скоростью внутрь газотрансформатора с целью передачи извлеченного объема газо-воздушной смеси для дальнейшего анализа её состава.

Дегазатор постоянного объема используется при проведении геолого-технологических исследований нефтяных и газовых скважин на всех этапах их строительства, капитального ремонта, ввода в эксплуатацию и эксплуатации. Он обеспечивает постоянные условия дегазации бурового раствора; непрерывный контроль расхода, плотности и температуры дегазируемого бурового раствора датчиком Кориолиса; передачу всех параметров в систему сбора данных; возможность расчета объемного газосодержания и совместим со всеми типами хроматографов.

Блок газоанализаторов

Блок газоанализаторов предназначен для измерения объемной доли метана, этана, пропана, изобутана, бутана, изопентана, пентана и водорода, гексана, гептана, октана, бензола, толуола в дегазируемой из бурового раствора газо-воздушной смеси (ГВС).

Высокоскоростной хроматограф с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) (C_1 - C_5 с изомерами) применяется для решения задач по выделению продуктивных на УВ пластов, при геонавигации, предупреждениях газонефтеводопроявлений (ГНВП), поглощений, аномально-высокого пластового давления (АВПД).

Хроматограф с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) (C_1 - C_8) применяется для решения задач по выделению продуктивных коллекторов с тяжелыми нефтями, по выделению газонефтяного контакта (ГНК) и водонефтяного контакта (ВНК), при корреляции геохимических фаций. Пример определения расширенного состава УВ в продуктивном терригенном пласте приведен на рис. 1.

Суммарный газоанализатор с ПИД (анализатор горючих газов) применяется в качестве устройства с измерительными функциями для определения концентрации суммы углеводородов в газо-воздушных смесях (ГВС) и может быть

использован при определении возможных аварийных ситуаций, связанных с превышением безопасных концентраций углеводородов в воздухе рабочей зоны и с возможностью возникновения взрывоопасных смесей газов.

Хроматограф для определения неуглеводородных газов применяется для поиска промышленных концентраций гелия и водорода, а также для получения дополнительной информации, необходимой для оценки модели месторождения, дополнительной информации о происхождении флюида. Также применяется для своевременного выявления в растворе двуокиси углерода, которая может привести к понижению pH раствора и вызвать его флокуляцию (образование хлопьев).

Теоретическим обоснованием к использованию относительного содержания гелия в качестве одного из параметров по отличию нефтегазовых пластов от водоносных может послужить то обстоятельство, что растворимость его в нефтях и углеводородных газах неизмеримо выше, чем в пластовых водах [4]. По данным В. П. Якуцени, величины концентрации гелия в пластовых флюидах составляют: вода 0.6 мл/л; нефть 7.0 мл/л; газ 35–200 мл/л, следовательно, в системе пластовая вода-нефть-природный газ наблюдается следующее соотношение концентраций: 1 : 10 : 100.

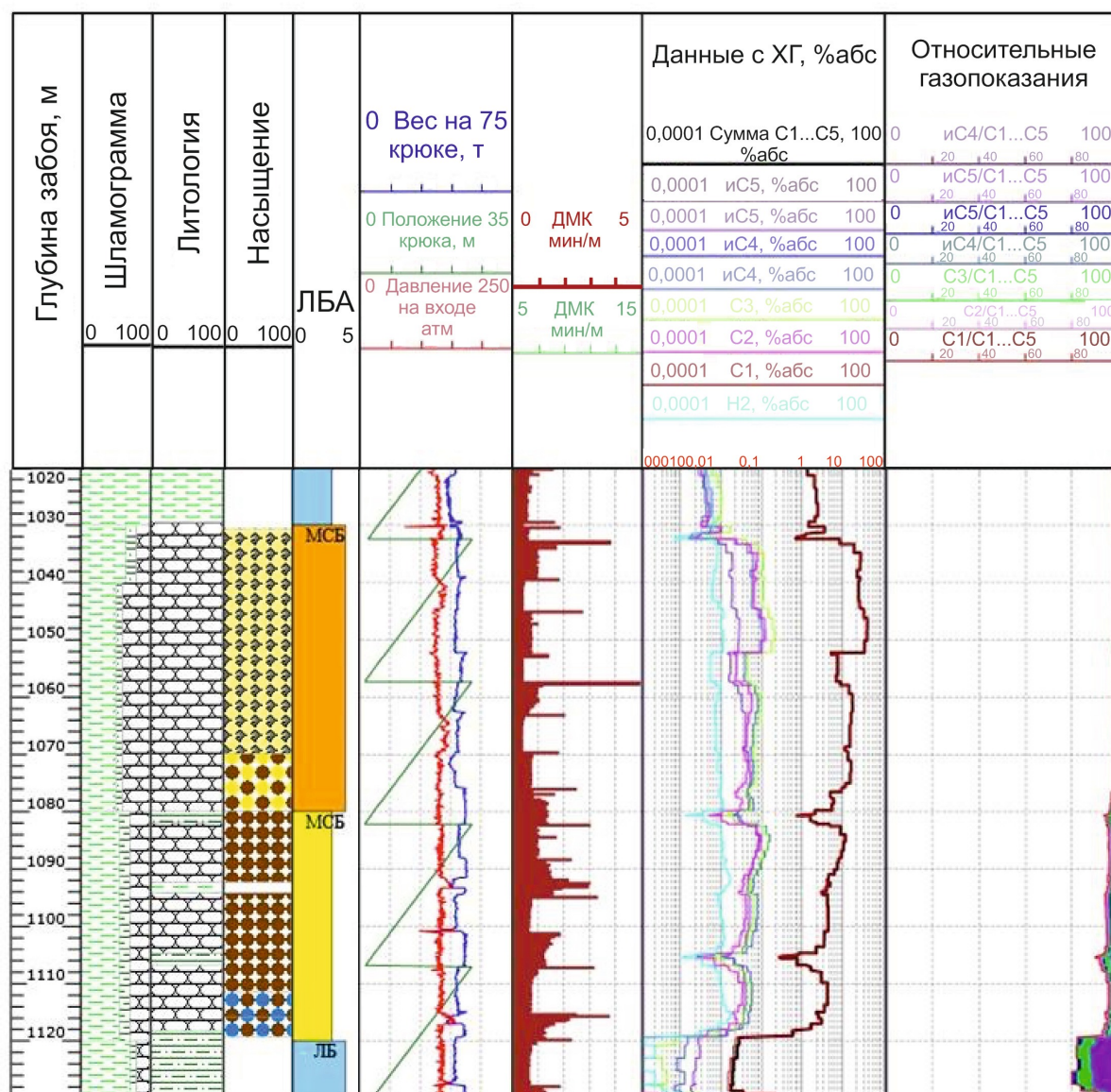
Газоанализатор для расширенного анализа содержания тяжелых УВ-компонентов предназначен для проведения термохроматографии проб бурового шлама и керна от C_9 до C_{27} , полного анализа пика S_1 пиролиза (до 300°C) и S_2 (до 600°C). С его помощью решаются задачи по оценке нефтегенерационного потенциала, биодеградаци, определению нефтематеринских пород и идентификации органических биомаркеров (пристан, фитан), а также может быть использован при корреляции геохимических фаций.

Интеллектуальная система видеомониторинга

Другая задача, поставленная перед расширенным комплексом ГТИ, рассматриваемая в данной работе, состоит в контроле очистки забоя ствола скважины, выявлении интервалов обвалобразования и оценке их возможных причин.

Осыпи и обвалы, обусловленные геологическими и технологическими факторами, могут быть зафиксированы путем измерения количества выбуренного шлама на устье скважины. В настоящее время достигнут значительный прогресс в контроле очистки ствола скважины и раннего выявления обвалобразования путем использования интеллектуальной системы видеомониторинга объема выбуренной породы в режиме реального времени.

Разработанная интеллектуальная система видеомониторинга объема выбуренной породы является уникальной технологией, позволяющей



Графический планшет в функции глубины по данным ГТИ

масштаб 1:1000

Условные обозначения:



Рис. 1. Расширенный состав углеводородов по данным газоанализатора с пламенно-ионизационным детектором в продуктивном терригенном пласте (цвет онлайн)



заменить дорогостоящие шламовзвешивающие машины, применяемые иностранными сервисными компаниями. Взрывозащищенные видеокамеры монтируются над виброситами, при недостаточной освещенности устанавливаются дополнительные осветительные элементы. Камеры над виброситами не мешают сотрудникам буровой выполнять обслуживание вибросит и не требуют демонтажа на время выполнения технических работ. На примере геологического разреза, представленного чередованием глинистого доломита и аргиллита (рис. 2), показано, что наблюдается прямая зависимость между результатами интерпретации кавернометрии и увеличением объема выбуренной породы

на виброситах, зафиксированное в процессе видеонаблюдения.

Применение данной системы позволяет кардинально изменить подход к отбору шлама в процессе выполнения работ – производить целенаправленный отбор в момент начала обвалобразования, в том числе во время промывок, спуско-подъемных и других операциях, при которых отбор шлама обычно не производится.

Выводы

Рассмотренный информационно-измерительный комплекс позволяет в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах

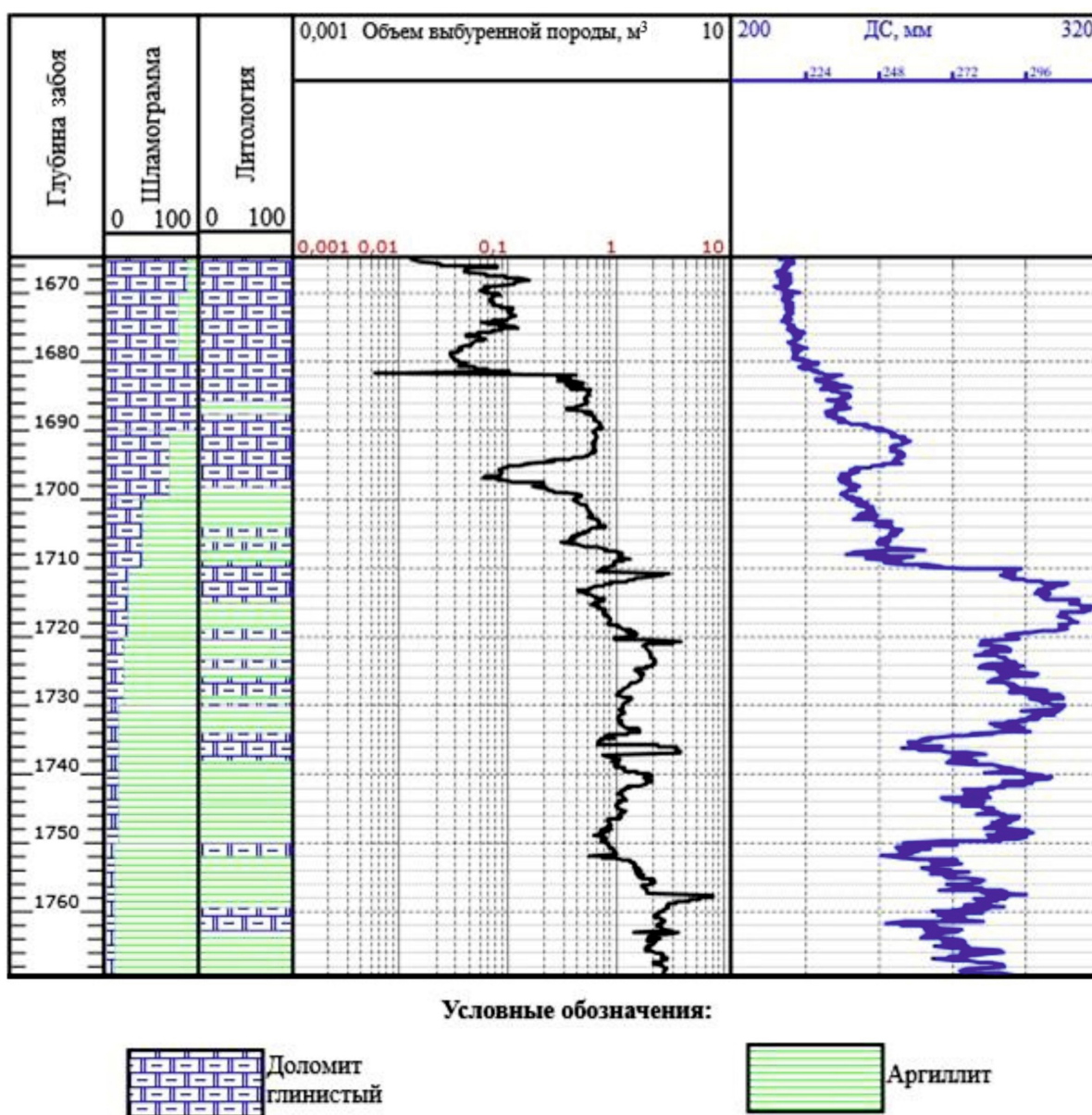


Рис. 2. Фрагмент сравнения данных кавернометрии и объема выбуренной породы с интеллектуальной системой видеомониторинга в карбонатном слое (цвет онлайн)



решать целый ряд прогнозных нефте-геологических задач в масштабе реального времени:

- выделять продуктивные пласты;
- осуществлять непрерывный контроль расхода, плотности и температуры дегазируемого бурового раствора;
- производить расчет объемного газосодержания;
- определять расширенный состав углеводородов C_1 – C_{27} в промывочной жидкости, шламе и керне;
- определять неуглеводородные газы (объемную долю гелия, водорода, кислорода, азота, оксида углерода);
- давать оценку нефтегенерационного потенциала, биodeградации и идентификации органических биомаркеров (пристан, фитан), коррелировать геохимические фации;
- постоянно контролировать качество очистки забоя ствола скважины;
- производить раннее выявление обвалoобразования;

– осуществлять передачу всех параметров в систему сбора данных.

Данный высоко-технологичный комплекс приборов и устройств успешно применяется в отечественной практике проведения ГТИ.

Библиографический список

1. Аксельрод С. М. Современные тенденции в геолого-технологических исследованиях, проводимых в процессе бурения скважин (по материалам зарубежной литературы) // Каротажник. 2015. № 6 (252). С. 77–110. EDN: TTZNFN
2. ГОСТ 53375-2016. Скважины нефтяные и газовые. Геолого-технологические исследования. Общие требования. М. : Стандартинформ, 2016. 28 с.
3. Головин Б. А., Руднев С. А. Литолого-петрофизическое моделирование пластовых резервуаров в процессе бурения. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2022. 104 с. <https://doi.org/10.18500/978-5-292-04772-8>
4. Якуцени В. П. Геология гелия. Л. : Недра, 1968. 232 с.

Поступила в редакцию 09.11.2024; одобрена после рецензирования 17.11.2024;
принята к публикации 19.12.2024; опубликована 28.02.2025

The article was submitted 09.11.2024; approved after reviewing 17.11.2024;
accepted for publication 19.12.2024; published 28.02.2025



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 62–75

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 62–75

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-62-75>, EDN: TYTCUQ

Научная статья

УДК 563.45(116.3)

Род *Polyptycha* Defretin-Lefranc, 1960 (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, <https://orcid.org/0000-0002-7962-0274>

Аннотация. В верхнемеловых отложениях Поволжья впервые установлены губки *Polyptycha*. Скелет этих настоящих колоний характеризуется кустистым морфотипом, который осложнен анастомозом исходных модулей при их отвороте. Систематическое положение рода дискуссионно. Это обусловлено неполнотой представлений о морфологии разнообразных скелетов позднемеловых гексактинеллид и, соответственно, отсутствием кондиционных критериев таксонов уровня «семейство» и «род».

Ключевые слова: настоящая колония, кустистый морфотип, верхний мел, сантон, европейская часть России

Для цитирования: Первушов Е. М. Род *Polyptycha* Defretin-Lefranc, 1960 (Porifera, Hexactinellida) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 1. С. 62–75. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-62-75>, EDN: TYTCUQ

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

Article

Genus *Polyptycha* Defretin-Lefranc, 1960 (Porifera, Hexactinellida)

Е. М. Pervushov

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

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

Abstract. The *Polyptycha* sponges have been registered for the first time in the Upper Cretaceous beds from the Volga Region. The skeletons of those true colonies are peculiar for bushy morphotype complicated by anastomoses of the parent modules at their bending. The systematic position of the genus is disputable. This results from the incomplete understanding of the diverse skeleton morphologies in the Late Cretaceous hexactinellids and, correspondingly, from the lack of any standard criteria as regards the taxa of the “family” and the “genus” levels.

Keywords: true colony, bushy morphotype, Upper Cretaceous, Santonian, Russia's European part

For citation: Pervushov E. M. Genus *Polyptycha* Defretin-Lefranc, 1960 (Porifera, Hexactinellida). *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 1, pp. 62–75 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-1-62-75>, EDN: TYTCUQ

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

Введение

В диссертационной работе S. Defretin-Lefranc [1], состоявшейся в 1958 и опубликованной в 1960 г., представлены материалы по позднемеловой спонгиозауне Франции. Основываясь на сборах фоссилий, осуществленных предшественниками из пород коньякского яруса, автор описал два новых рода (*Discoptycha* и *Polyptycha*) в составе семейства *Discoptychidae*. В «Основах палеонтологии» [2] эти губки не упоминаются, поскольку издание вышло в свет почти одновременно с публикацией диссертации S. Defretin-Lefranc. Фрагмент скелета губки из сантонских пород близ Кракова описан J. Malecki [3] как *Polyptycha becksioides*. Информация о других находках *Polyptycha* отсутствует.

Сборы скелетов губок из верхнемеловых отложений Поволжья легли в основу монографических описаний изученных семейств [4–6] и родов [7–9]. При расширении таксономического спектра рассматриваемых групп гексактинеллид вырабатывались представления о морфологии скелетных форм и уровнях организации этих губок [10]. Среди разнообразных мало изученных гексактинеллид (*Camerospongiidae*, *Euretidae*, *Zittelispongiidae*) выделены ранее неизвестные в регионе представители *Polyptycha*.

Материал и методика

Фоссильный материал представлен более 40 экземплярами, в основном фрагментированными.





ванными скелетами из 12 местонахождений на территории Саратовского Поволжья. Многие фоссилии в разной степени фосфатизированы и окатаны, происходят из аллохтонных концентрированных ориктоценозов, приуроченных к основанию нижнесантонских пород. Скелеты из карбонатных пород замещены окислами железа. Находки некоторых форм приурочены к конкретным местонахождениям (Озерки-1–3).

При фотографировании препарированные скелеты пропитывались глицерином для формирования равномерного тона дермальной поверхности и выразительности скульптуры. Для определения взаиморасположения модулей, выделения оскулюмов, луз и зияний, сегментов парагастральной полости в составе кустистых и фавосиформных скелетов использовались поперечные сколы отворотов модулей. Фрагменты фоссилий значимы при изучении морфологии скелетов и сохраняются вместе с голотипами. В тексте к фототаблицам использована аббревиатура SSU-PEM – авторская коллекция, хранящаяся в Региональном музее Землеведения Саратовского университета.

Строение скелетов кустистого и фавосиформного морфотипов

Скелет *Polyptycha* образован несколькими трубчатыми модулями, исходящими из центра его основания. Основание бокала – нижней, конической части кустистых скелетов – отличается плициформным строением (табл. 1, фиг. 4б; табл. 4, фиг. 2а), лишь в среднем и в верхнем отделе бокала прослеживаются модули с едва сохранившимся внутренним сектором стенки (рис. 1, фиг. 1б; рис. 2, 1б). Это наблюдение позволяет предположить, что некоторые кустистые модульные формы связаны своим происхождением с плициформными, появление которых, в свою очередь, обусловлено «подвижностью» тонких стенок губок париформного строения [10].

Сегменты парагастральной полости *Polyptycha* распределены по трубчатым модулям и соединяющим их перемычкам (см. рис. 1, фиг. 2). В центре кустистых скелетов конического габитуса располагается пространство – ложная полость, которая соотносится только по положению и очертанию с парагастральной полостью париформных и первично лопастных губок (*Ventriculitidae*, *Laocoetis*, *Guettardiscyphia*) [10], но таковой не является. Ложная полость – это пространство, сообщающееся с внешней водной средой посредством зияний, сквозных отверстий между модулями (см. рис. 2).

Скелет исходного кустистого морфотипа (*Cavifavosa*, *Euretidae*) при пологом изгибе или горизонтальном отвороте модулей и их многократной дихотомии приобретал воронко- и дисковидный габитус (*Polyptycha*, *Becksia*)

(см. рис. 1, 2). В этом случае, один сектор дермальной поверхности модулей, образующих отворот, оказывалась верхним, а противоположный сектор – нижним. Увеличение площади отворота модулей в структуре скелета сопровождалось сокращением высоты нижней его части, бокала (см. рис. 1). Различия в морфологии верхней и нижней поверхностей отворота и, вероятно, в их функциональном предназначении подчеркивают выступ тонкой скелетообразующей стенки, очерчивающий периферию отворота и определяемой как маргинальная линия. В строении *Polyptycha* эта линия волнистая и расположена горизонтально. У многих *Becksia* маргинальная линия венчает высокий вертикальный сектор стенки, который подчеркивает габитус скелета, также разделяя его верхнюю и нижнюю поверхности.

Поверхность бокала и нижняя поверхность отворота представляют собой сочетание дихотомизирующих и соединяющихся перемычками модулей, разделенных бороздами и зияниями. Подобное строение элементов скелета характерно для многих форм, с тем отличием, что у некоторых на нижней поверхности модулей формируются шиповидные ризоиды (*Etheridgia*, *Becksia*), а у других – субоскулюмы (*Petrosifavosum*). В строении *Polyptycha* верхнюю поверхность отворота составляют анастомозирующие модули с перемычками и лузами, овальными углублениями, которые чередуются с оскулюмами и зияниями. Ячеисто-сотовое строение верхней поверхности *Petrosifavosum* составляют только оскулюмы и зияния (см. рис. 2, фиг. 4).

Рассмотрение морфологии скелетов *Polyptycha*, *Cavifavosa* и *Becksia* показало, что набор терминов, выработанный при писании скелетов париформного и плициформного строения

Условные обозначения к рисункам и таблицам. С – центр и F – основание скелета, О – оскулюм, Р – сегменты парагастральной полости, PP – ложная полость, VK – верхний край, Z – зияние, ml – маргинальная линия, md – модуль, ргм – перемычка, lz – луза, углубление между ветвями и перемычками, subo – субоскулюм. Масштабная линейка – 10 мм.

Таблица 1. Фиг. 1. *Polyptycha becksioides* Defretin-Lefranc, 1960. Серия голотипа, нижняя поверхность скелета. Франция, коньяк (по: [1, табл. XV, фиг. 2]). Фиг. 2. *Polyptycha becksioides* Defretin-Lefranc, 1960. Серия голотипа, 2а – нижняя поверхность, 2б – фрагмент верхней поверхности. Франция, коньяк (по: [1, табл. XV, фиг. 2, 4]). Фиг. 3. *Polyptycha becksioides* Defretin-Lefranc, 1960. Серия голотипа, фрагмент верхней поверхности. Франция, коньяк (по: [1, табл. XV, фиг. 5]). Фиг. 4. *Polyptycha flosculi*, sp. nov. Голотип. Экз. SSU-PEM, № 122/519: 4а – сбоку, 4б – снизу, 4в – сверху. Саратов, Лысая гора, нижний сантон (цвет онлайн)

Таблица 2. Фиг. 1. *Polyptycha disci*, sp. nov. Голотип. Экз. SSU-PEM, № 122/8913: а – сверху, б – снизу, в – сбоку, г – детали строения верхней поверхности. Александровка-4, сантон (цвет онлайн)



Таблица 1

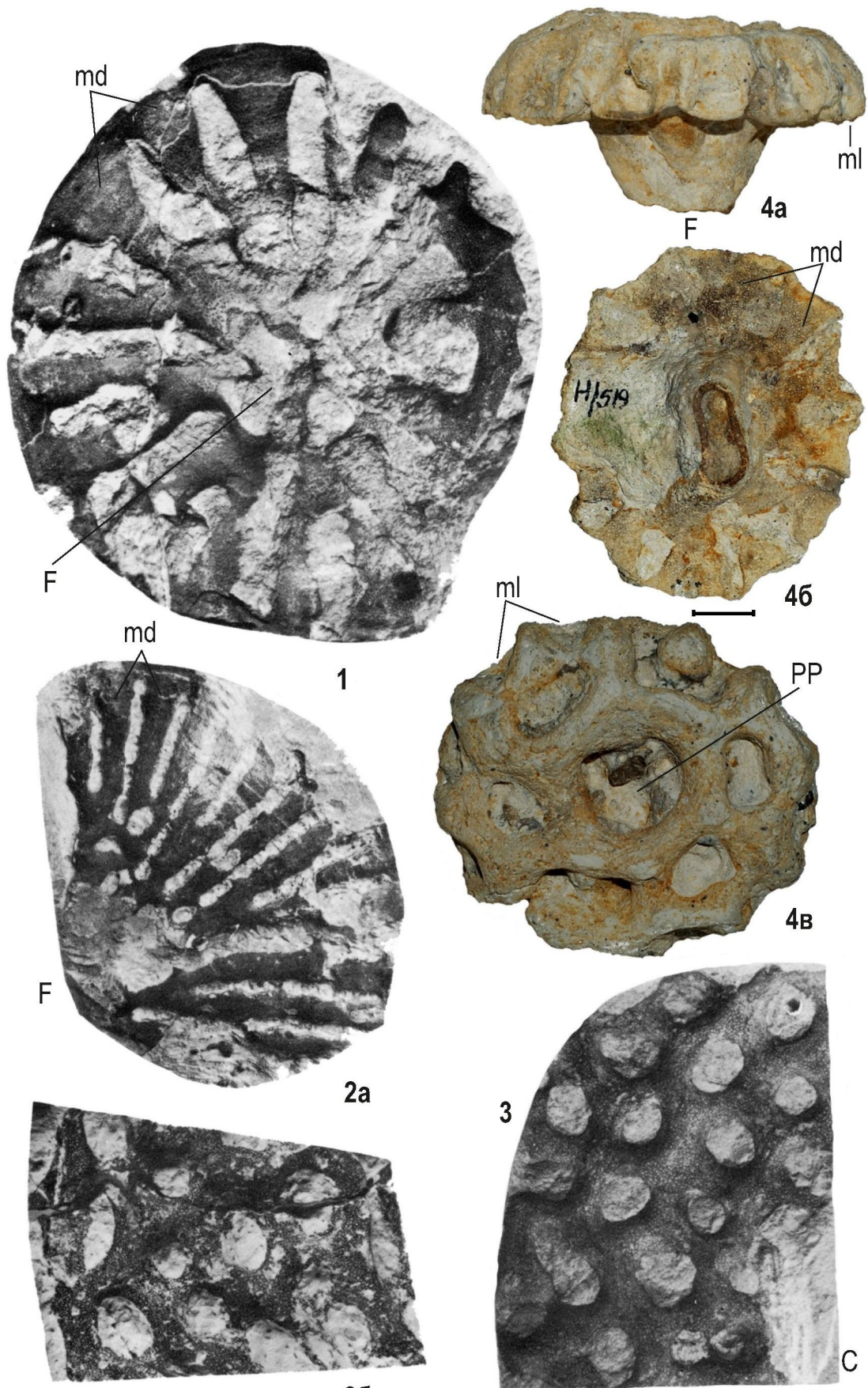
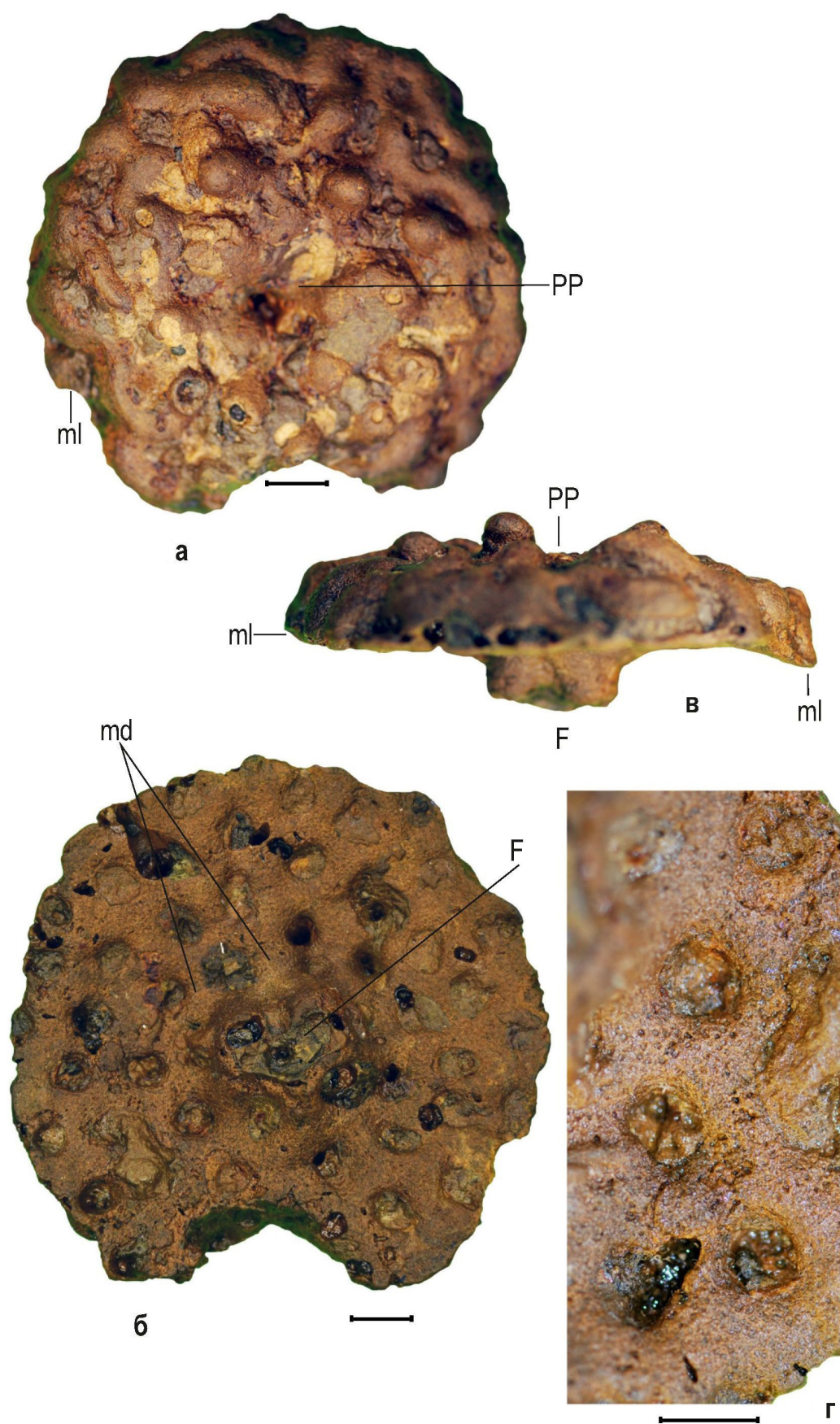




Таблица 2



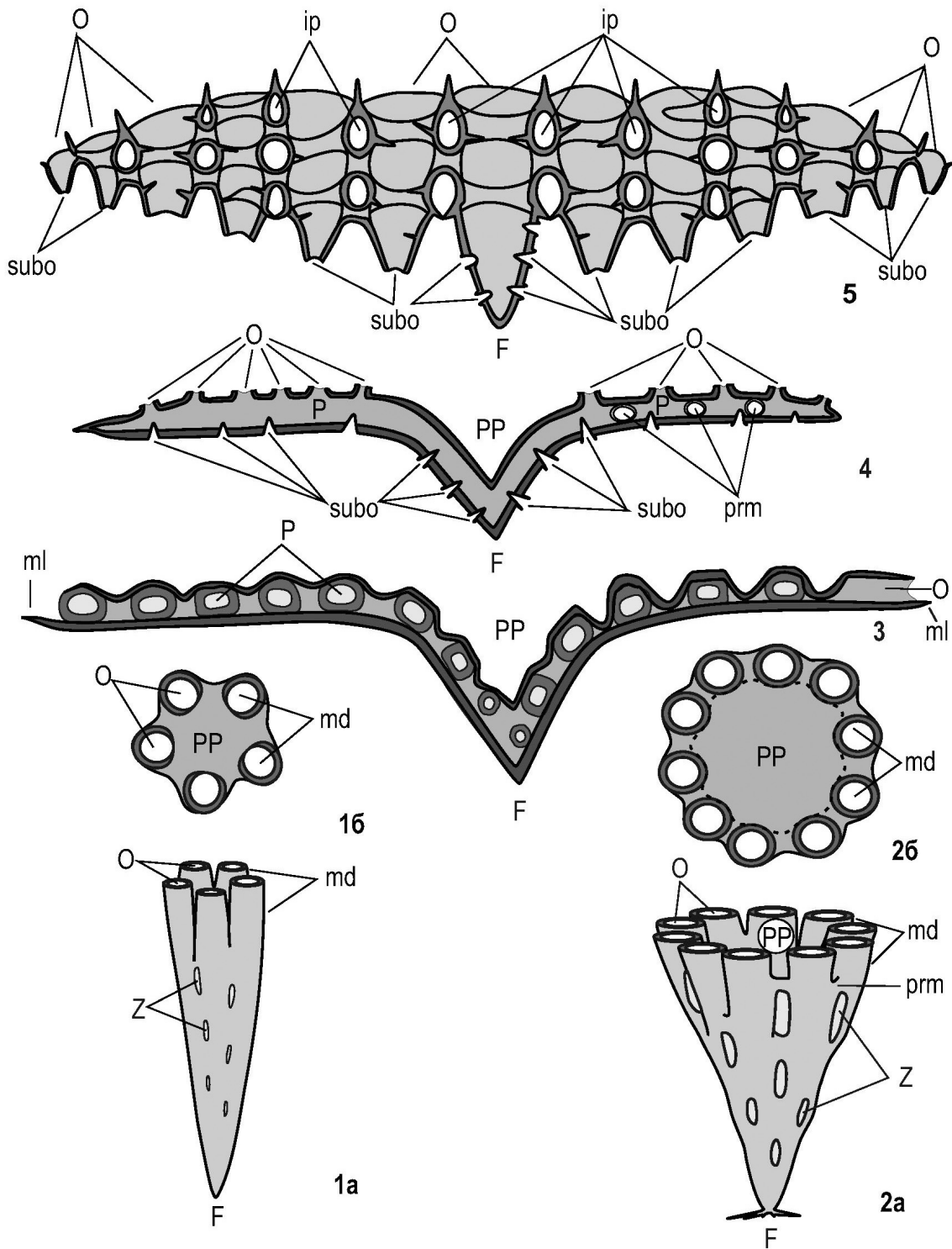


Рис. 1. Трансформация скелета колониальных губок при уменьшении высоты бокала и развитии широкого горизонтального отверстия модулей (симметричные формы). Фиг. 1. Узкоконический скелет с субвертикальным положением пяти модулей, ложная полость узкая (*Cavifavosa* sp., кустистый морфотип): 1а – сбоку, 1б – сверху. Фиг. 2. Конический скелет, сформированный при неоднократной дихотомии диагонально ориентированных модулей (*Cavifavosa* sp., кустистый морфотип): 2а – сбоку, 2б – сверху. Фиг. 3. Широкий отворот, сформированный при многократной дихотомии анастомозирующих модулей. Ложная полость открытая, вертикальное сечение (*Polyptycha* sp., фавосиформный морфотип). Фиг. 4. Субплоский скелет с широким отворотом дихотомизирующих модулей, на верхней поверхности которых расположены оскулы, а на нижней – субоскулы, вертикальное сечение (*Petrofavosum* sp.). Фиг. 5. Дисквидный скелет со многими оскулами, которые составляют верхнюю поверхность отворота, вертикальное сечение (*Petrofavosum* sp., по: [10])

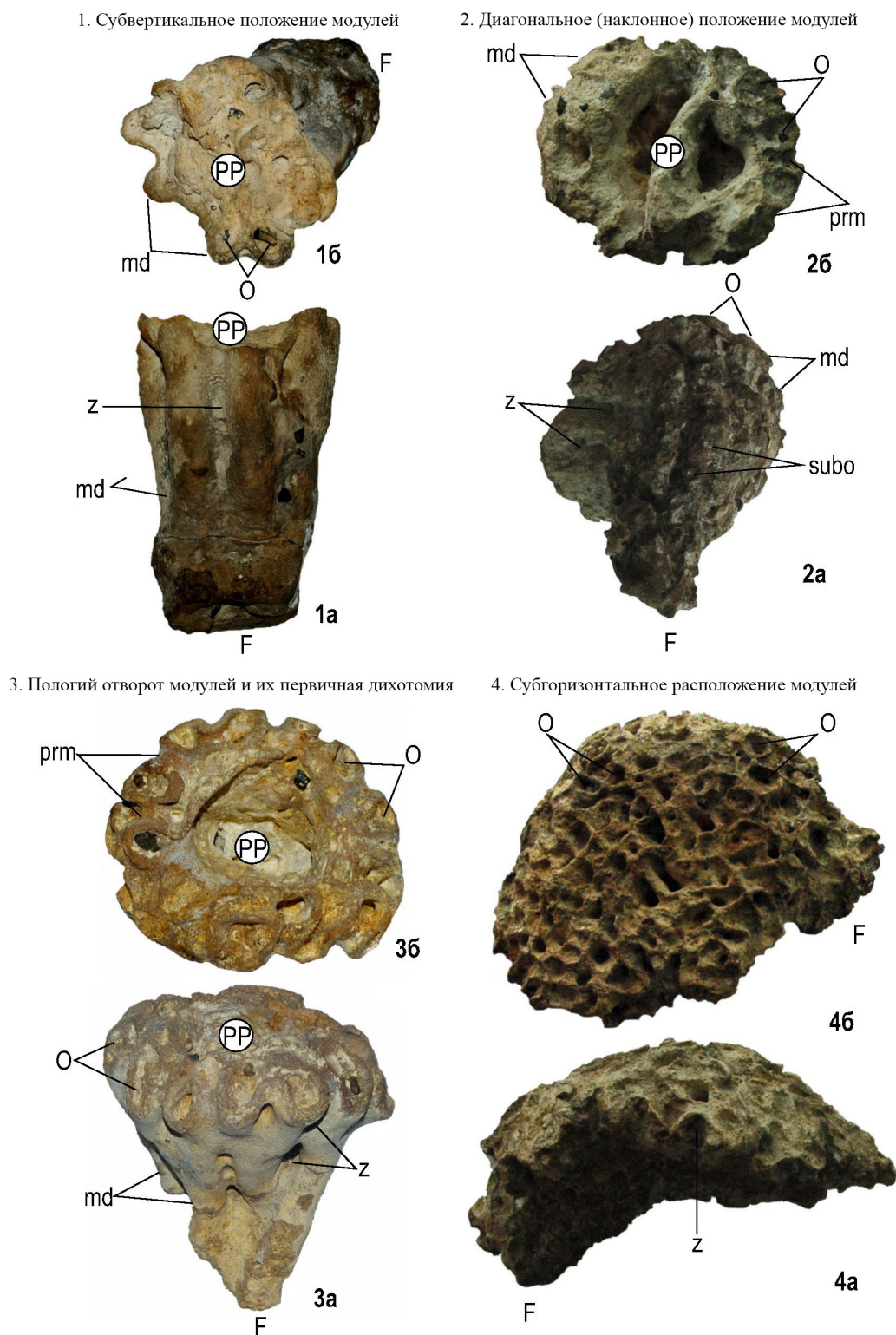


Рис. 2. Скелеты колониальных губок кустистого и фавосиформного морфотипов. Фиг. 1. *Cavifavosa* sp. Экз. SSU-PEM, № 122/448: вертикальные модули едва обособлены бороздами и зияниями, отворот модулей отсутствует: 1а – сбоку, 1б – сверху. Пудовкино, нижний сантон. Фиг. 2. *Leptophragmidae* gen. Экз. SSU-PEM, № 122/8093: кустистая транзиторная колония с наклонными дихотомирующими модулями вокруг ложной полости: 2а – сбоку, 2б – сверху. Пудовкино, нижний сантон. Фиг. 3. *Cavifavosa* sp. Экз. SSU-PEM, № 122/5774: кустистая колония с синхронной дихотомией модулей, составляющими короткий отворот: 3а – сбоку, 3б – сверху. Озерки, нижний сантон. Фиг. 4. *Petrofavosum* sp. Экз. SSU-PEM, № 122/7630: транзиторная асимметричная колония, верхняя ячеистая поверхность сложена стенками оскулюмов: 4а – сбоку, 4б – сверху. Озерки, нижний сантон (цвет онлайн)



(Ventriculitidae, Coeloptychiidae, Leptophragmiidae) [4–6], недостаточен при рассмотрении колониальных форм кустистого и фавосиформного, ячеисто-сотового строения. При характеристике кустистых форм использование термина «стержень» некорректно. В строении скелета гексактинеллид стержень образован спикульной решеткой ризоидного типа с продольными каналами или без них. Нижнюю часть кустистых скелетов (Polyptycha, Cavifavosa) составляет конусовидный плициформный бокал с парагастральной полостью.

Выводы

1. Морфология кустистых скелетов (Cavifavosa, Becksia, Petrosifavosum, Polyptycha) свидетельствует о проявлении частичного и полного изоморфизма среди позднемеловых гексактинеллид.

2. Анализ строения скелетов позднемеловых гексактинеллид показывает, что таксономические критерии «рода» и «семейства» мозаичны, вырабатываются в составе отрядов Lychniscosa и Hexactinosa исходя из морфотипа скелета и его вариаций, уровня модульной организации, наличия и строения ирригационной системы.

3. Рассмотрение строения скелета и дермальной скульптуры по серии поперечных шлифов от основания скелета и до его верхнего края оказывается полезным при прослеживании направлений в морфогенезе представителей семейств ископаемых гексактинеллид. Общие тенденции в формообразовании скелетных форм прослежены при выделении морфотипов гексактинеллид и предполагаемой их взаимообусловленности.

4. Уровень изученности скелетов гексактинеллид растет, и разработка конкретных критериев описания таксонов на уровне «род» – «вид» усиливает требования к степени сохранности фоссилий, представлению характеризующего их иллюстративного материала.

Описательная часть

Отряд Dycyonina Zittel, 1878
Подотряд Lychniscosa Schrammen, 1936
Lychniscosa incertae familiae

Комментарий. При характеристике скелетов Discoptycha и Polyptycha S. Defretin-Lefranc отметил [1], что эти губки представляют собой переходные формы между представителями Coeloptychiidae и Becksinae. В Treatise... [11] Discoptycha и Polyptycha включены в состав подсемейства Becksinae семейства Callodictyonidae, а Polyptycha как подрод в состав рода Oncolpia. Автор публикации ранее рассматривал некоторые губки подобного строения в составе

подсемейства Cavifavosinae, семейство Coeloptychiidae [6].

Сравнение морфологии скелетов Coeloptychiidae и Becksia (s.l.) с предполагаемыми Polyptycha, которыми располагает автор, позволяет заключить следующее.

1. Скелетообразующая стенка Coeloptychiidae и Becksia (s.l.) сложена крупной кубической и призматической спикульной решеткой, на дермальной и парагастральной поверхности которой элементы скульптуры отсутствуют. На поверхности же модулей Polyptycha расположены хаотично, реже регулярно, остия, контуры которых подчеркивают петли спикульной решетки (см. табл. 2, фиг. 1г; табл. 4, фиг. 16).

2. Скелет Polyptycha образован трубчатыми анастомозирующими модулями, что принципиально отличает их от вторично плициформных Coeloptychium. К тому же многие Coeloptychiidae отнесены к транзитному уровню организации, так как в их строении отсутствуют субоскулюмы. У Polyptycha нет субоскулюмов, это настоящие колонии, в строении которых парагастральная полость всех модулей объединяется воедино перемычками.

3. Селективная сохранность скелетов и цементация их полостей вмещающей породой осложняют определение таксономического положения субплоских форм Polyptycha и Becksia. Подобная ситуация возникает и при описании ювенильных представителей этих родов. Но главным отличием при изучении данных губок является наличие или отсутствие скульптуры, положение маргинальной линии. В строении Becksia редуцирован бокал, радиально дихотомизирующие модули образуют субгоризонтальное основание. Для верхней поверхности Becksia не свойственно регулярное построение сотово-ячеистых элементов, луз и выростов. В структуре же скелета Polyptycha, в той или иной степени, прослеживается бокал.

4. На данный момент не можем уверенно отнести Polyptycha к какому-либо известному семейству в составе отряда Lychniscosa.

5. Вероятно, представителей Cavifavosa [6] можно рассматривать как предковую группу в отношении Polyptycha. Для губок этих родов характерна однотипная дермальная скульптура и кустистый морфотип скелета (см. рис. 1, 2, фиг. 1, 3). Отсутствие в структуре скелета Cavifavosa отворота модулей и, соответственно, характерного ячеисто-сотового рисунка его верхней поверхности отличает эти губки от Polyptycha. Вероятно, две эти группы губок следует рассматривать как подрода в составе одного рода.

Род Polyptycha Defretin-Lefranc, 1960

Polyptycha: Defretin-Lefranc, 1960, табл. 15, фиг. 2–5.



Cavifavosa: Первушов, 2002, с. 134–135.

Oncolpia (*Polyptycha*): Treatise..., 2004, с. 520, рис. 343, фиг. 2а–б.

Типовой вид – *Polyptycha becksoides* Defretin-Lefranc, 1960; верхний мел, коньяк, Франция.

Диагноз. Скелет настоящих колоний кустистого морфотипа с симметричным отворотом составляющих его трубчатых модулей. Диаметр отворота порой значительно превышает высоту скелета и маскирует бокал, нижний элемент губки. Многократная дихотомия модулей и перемычки между ними прослеживаются на нижней поверхности отворота. На верхней поверхности отворота анастомозирующие модули и перемычки образуют субконцентрическое сотово-ячеистое сочетание округлых, овальных оскулюмов и луз. Зияния раскрываются по периферии отворота, над поверхностью маргинального края стенки. Маргинальная линия горизонтальная полого волнистая. В одном случае (см. табл. 4, фиг. 1) на поверхности двух модулей, под маргинальным краем, развиты крупные выросты неправильных очертаний, напоминающие оскулюмы. Толщина стенки максимальна в строении бокала (1.5–2.5 мм). Дермальную скульптуру характеризуют плотно расположенные, до 100–110 на 1 см², хаотично расположенные мелкие прозопоры диаметром 0.3–0.5 мм. Соотношение дермальной и парагастральной скульптур реактивное [12]. Перемычки погружены в борозды ниже модулей, очерчивая зияния или лузы. Элементы прикрепления к субстрату морфологически не выражены.

Замечание. В поперечных сколах модулей, составляющих бокал и отворот, удается проследить сегменты парагастральной полости и положение оскулюмов. Прижизненные повреждения периферийных участков отворота также способствуют анализу сегментов парагастральной полости и зияний.

Видовой состав. 5 видов. *Polyptycha becksoides* Defretin-Lefranc, 1960; *P. disci*, sp. nov., *P. olla*, sp. nov., *P. centrale*, sp. nov., *P. flosculi*, sp. nov.

Сравнение. От предполагаемых родственных *Cavifavosa* отличается отворотом модулей и ячеисто-сотовой структурой его верхней поверхности.

Распространение. Коньяк Франции, сантон России (Поволжье).

Polyptycha becksoides Defretin-Lefranc, 1960

Табл. 1, фиг. 1–3.

Polyptycha becksoides: Defretin-Lefranc, 1960, табл. 15, фиг. 2–5; ?Malecki, 1980, табл. 12, фиг. 1а, б.

Cavifavosa becksoides: Первушов, 2002, с. 135, табл. 48, фиг. 1–3.

Oncolpia (*Polyptycha*) *becksoides*: Treatise..., 2004, с. 520, рис. 343, фиг. 2.

Описание. Диаметр дисковидного скелета 110–200 мм. Высота отворота 10 мм. Бокал едва выражен, диаметр его в верхней части 30–40 мм. Нижнюю поверхность отворота составляют дихотомирующие модули шириной 5–6 мм в центре отворота, а ближе к верхнему краю до 15 мм. Близ верхнего края количество дихотомирующих модулей достигает 14–22. Ширина борозд между модулями 4–5 мм. На верхней поверхности отворота концентрически расположены овальные лузы, размером 5–12 мм.

Сравнение. От близкородственных сантонских форм отличается большим диаметром отворота, значительно превышающим высоту скелета.

Материал и распространение. Три лимонитизированных фоссилии [1]. Зона *Micraster cortestudinarium*, верхи тулона–средний коньяк, Франции, ? сантон южной Польши.

Polyptycha disci, sp. nov.

Табл. 2, фиг. 1; табл. 3, фиг. 1–2.

Название вида от *discus* (лат.) – диск.

Голотип – SSU-PEM, № 122/8913; Александровка, нижний сантон.

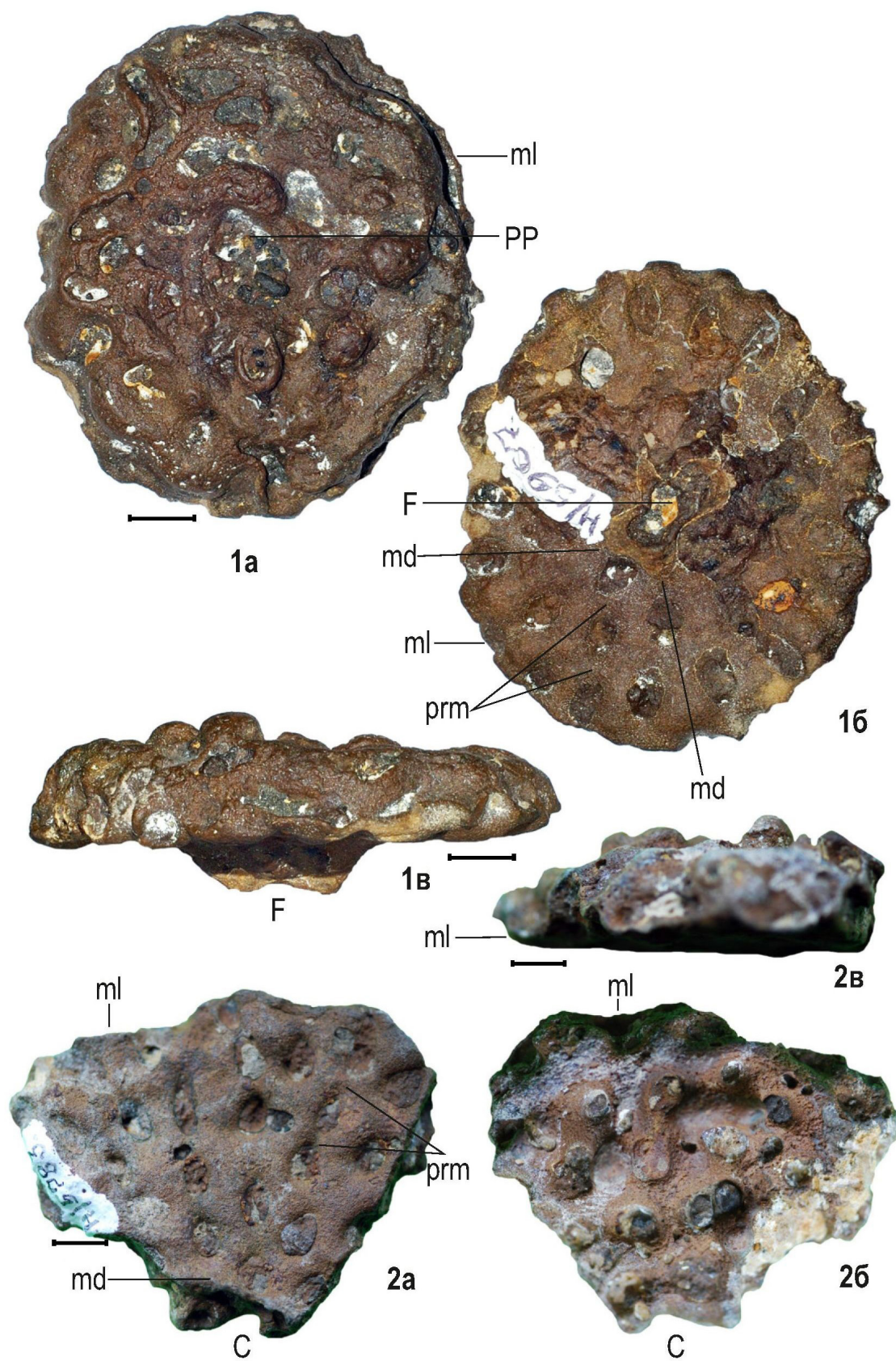
Паратип – SSU-PEM, № 122/5967; Озерки-3, нижний сантон.

Описание. Скелет дисковидный с очень низким бокалом. Диаметр отворота (70/95 мм) в два-три раза превышает высоту скелета (23–32 мм). В верхней части бокала прослеживается 4–5 исходных модуля, которые при отвороте неоднократно дихотомируют. Нижняя поверхность отворота горизонтальная или полого вогнутая, с равномерным сетчатым рисунком дихотомирующих модулей и луз между ними. Количество округлых и овальных луз, диаметром 5–6 мм, ориентированных радиально на нижней поверхности отворота, достигает 30–35. Верхняя поверхность отворота едва выпуклая и неровная из-за неравномерно расположенных выростов и луз. Выросты – это отражение в структуре верхней поверхности отворота основания луз, расположенных на нижней его поверхности. Округлые выросты в количестве от 4 до 10, высотой 4–10 мм и диаметром 7–8 мм, приурочены к средней, приподнятой части отворота. В строении небольших скелетов ориентация луз верхней поверхности, диаметр которых 2–6/3–7 мм, хаотичная. У крупных скелетов овальные и фаселевидные лузы расположены концентрически вокруг ложного оскулюма, их размер 8–11/12–17 мм. Маргинальная линия хорошо выражена по периферии отворота, зияния над ней предполагаются лишь у некоторых экземпляров с одной стороны отворота. После гибели губки на нижней поверхности отворота селились двусторчатые моллюски *Spondylus* sp. и черви – трубкожилы.

Замечание. Анализ сохранности фоссилий и тафономии их захоронений позволяет



Таблица 3





предположить, что данный вид может рассматриваться как наиболее ранний представитель рода.

Сравнение. Среди родственных форм выделяется дисковидным габитусом скелета.

Материал и распространение. 18 экз. Нижний сантон Саратовской области (Александровка, Ахтуба, Багаевка, Кувыка, Озерки-1–4).

Polyptycha olla, sp. nov.

Табл. 4, фиг. 1–2.

Название вида от *olla* (лат.) – вазон.

Голотип – SSU-PEM, № 122/5775; Озерки-2, нижний сантон.

Паратип – SSU-PEM, № 121/55; Саратов, нижний сантон.

Описание. Скелет высотой 65–75 мм, половину которого занимает ширококонический бокал, образованного 3–4 исходными модулями. Диаметр верхней части бокала 18–56/24–60 мм. Отворот модулей широкий симметричный или асимметричный, диаметром 80–140/109–150 мм. Ложная полость широкая коническая, диаметр псевдооскулюма 60–67/65–80 мм. На нижней поверхности отворота модули шириной до 13–16 мм, выражены отчетливо, их количество увеличивается к маргинальной линии до 15–17. Ширина глубоких борозд, разделяющих модули, 3–4 мм, перемычки узкие и низкие. На двух модулях крупного скелета (экз. 122/5775), под маргинальной линией, обособлены выросты, внешне напоминающие оскулюмы. На верхней поверхности неширокого выпуклого отворота доминируют многочисленные крупные овальные зияния и лузы, диаметром 8–10/8–17 мм. Зияния расположены концентрически в один-два ряда, что подчеркивается ориентацией сегментов анастомозирующих модулей с локальными низкими бугорками. Маргинальная линия прослеживается на одном секторе отворота и над ней, между апикальными окончаниями модулей расположены зияния.

Сравнение. От *P. disci* отличается широким и высоким бокалом, узким выпуклым отворотом с крупными зияниями.

Материал и распространение. 11 экз. Нижний сантон Саратовской области (Александровка, Багаевка, Карамышка, Нижняя Банновка, Озерки-2, Пудовкино, Саратов).

Polyptycha concentrata, sp. nov.

Табл. 5, фиг. 1; табл. 6, фиг. 1–3.

Название вида от *concentratus* (лат.) – концентрический.

Таблица 3. Фиг. 1. *Polyptycha disci*, sp. nov. Паратип. Экз. SSU-PEM, № 122/5967: 1а – сверху, 1б – снизу, 1в – сбоку. Озерки-3, нижний сантон. Фиг. 2. *Polyptycha disci*, sp. nov. Экз. SSU-PEM, № 122/5783: сегмент отворота, 2а – снизу, 2б – сверху, 2в – сбоку. Озерки-2, нижний сантон (цвет онлайн)

Голотип – SSU-PEM, № 122/8166; Пудовкино, нижний сантон.

Паратип – SSU-PEM, № 122/8788; Александровка, нижний сантон.

Описание. Высота скелета 50–60 мм и нижнюю его половину составляет конический бокал. Над бокалом модули образуют широкий ортогональный отворот в горизонтальной плоскости. Диаметр отворота более 100 мм. Многочисленные субплоские сегменты отворота представляют «обращенное» соотношение в расположении модулей нижней и верхней поверхностей отворота. Если на нижней поверхности отворота четко прослеживаются радиально ориентированные, почти параллельные модули и разделяющие их борозды, то на верхней поверхности отворота распространены концентрически ориентированные элементы модулей и овальные зияния, диаметром 4–5 мм.

Сравнение. От *P. disci* отличается большими параметрами скелета, построением модулей нижней и верхней поверхности отворота.

Материал и распространение. 15 экз. Сантон Саратовской области (Александровка, Багаевка, Нижняя Банновка, Озерки, Пудовкино, Саратов).

Polyptycha flosculi, sp. nov.

Табл. 1, фиг. 4.

Название вида от *flosculus* (лат.) – цветочек

Голотип – SSU-PEM, № 122/519; Саратов, нижний сантон.

Описание. Скелет высотой 35–40 мм, диаметр отворота 58/66 мм. Высота бокала 17–20 мм, диаметр его верхней части 10/20 мм. Диаметр круглого ложного оскулюма 20/22 мм. Вокруг него, в один ряд, концентрически расположены субовальные лузы, диаметром 6–10/10–11 мм. Количество исходных модулей 3–4, достоверно оценить трудно из-за фрагментации основания бокала и проявления ди- и трихотомии модулей. Зияния, диаметром 5–7 мм, предположительно прослеживаются с одной стороны нижней поверхности отворота.

Таблица 4. Фиг. 1. *Polyptycha olla*, sp. nov. Голотип. Экз. SSU-PEM, № 122/5775: 1а – сверху, 1б – снизу, 1в – сбоку, г – дермальная скульптура. Озерки-2, нижний сантон. Фиг. 2. *Polyptycha olla*, sp. nov. Паратип. Экз. SSU-PEM, № 121/55: 2а – снизу, 2б – сбоку. Саратов, нижний сантон (цвет онлайн)

Таблица 5. Фиг. 1. *Polyptycha concentrata*, sp. nov. Голотип. Экз. SSU-PEM, № 122/8166: фрагментированный скелет, 1а – сбоку, 1б – снизу, 1в – сверху. Пудовкино, нижний сантон. Фиг. 2. *Hexactinosa* gen. Экз. SSU-PEM, № 122/5937: скелет, внешне сходный с *Polyptycha* (*Lychniscosa*), 2а – сверху, 2б – снизу. Пудовкино, нижний сантон (цвет онлайн)



Таблица 4

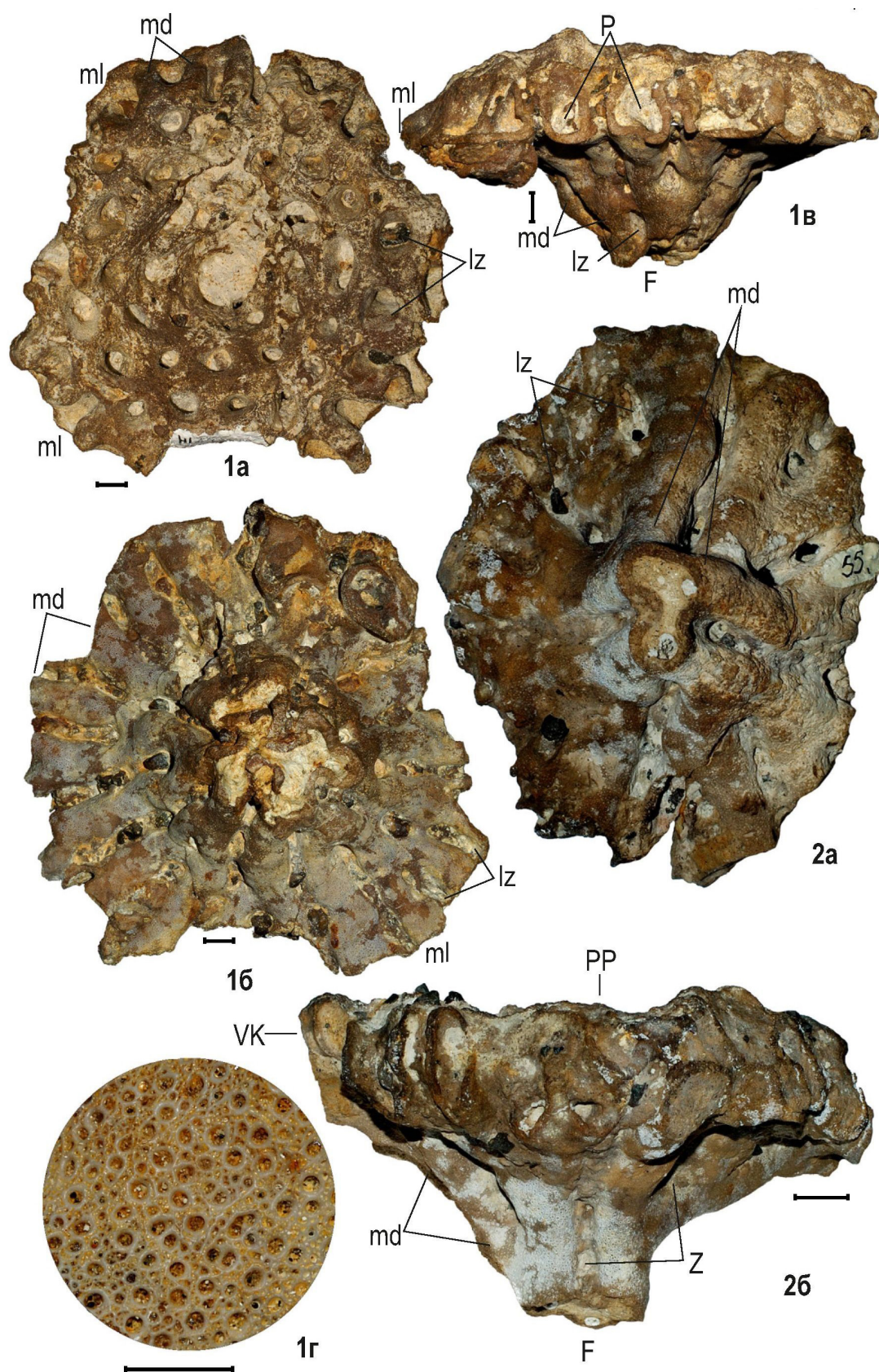




Таблица 5

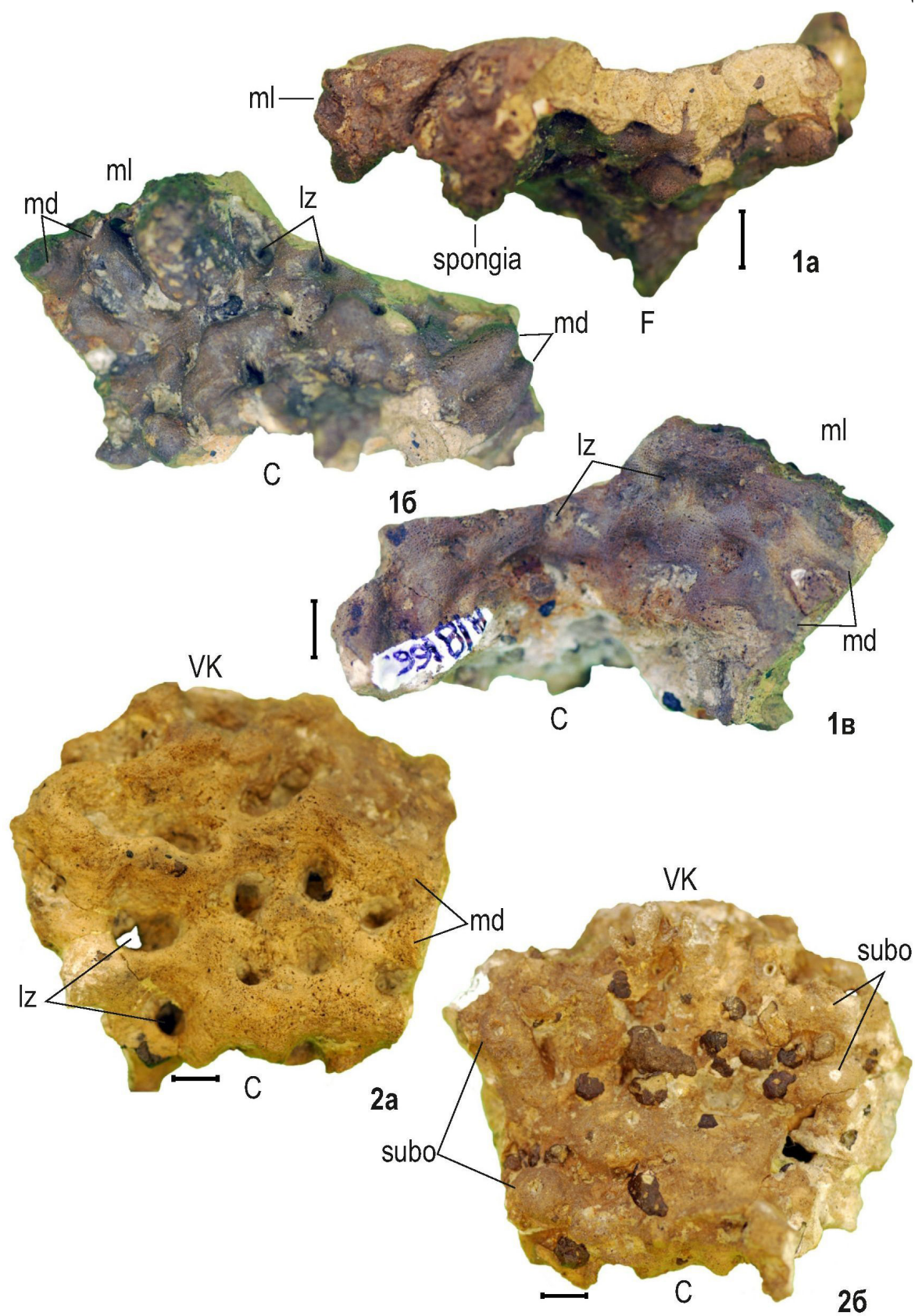




Таблица 6

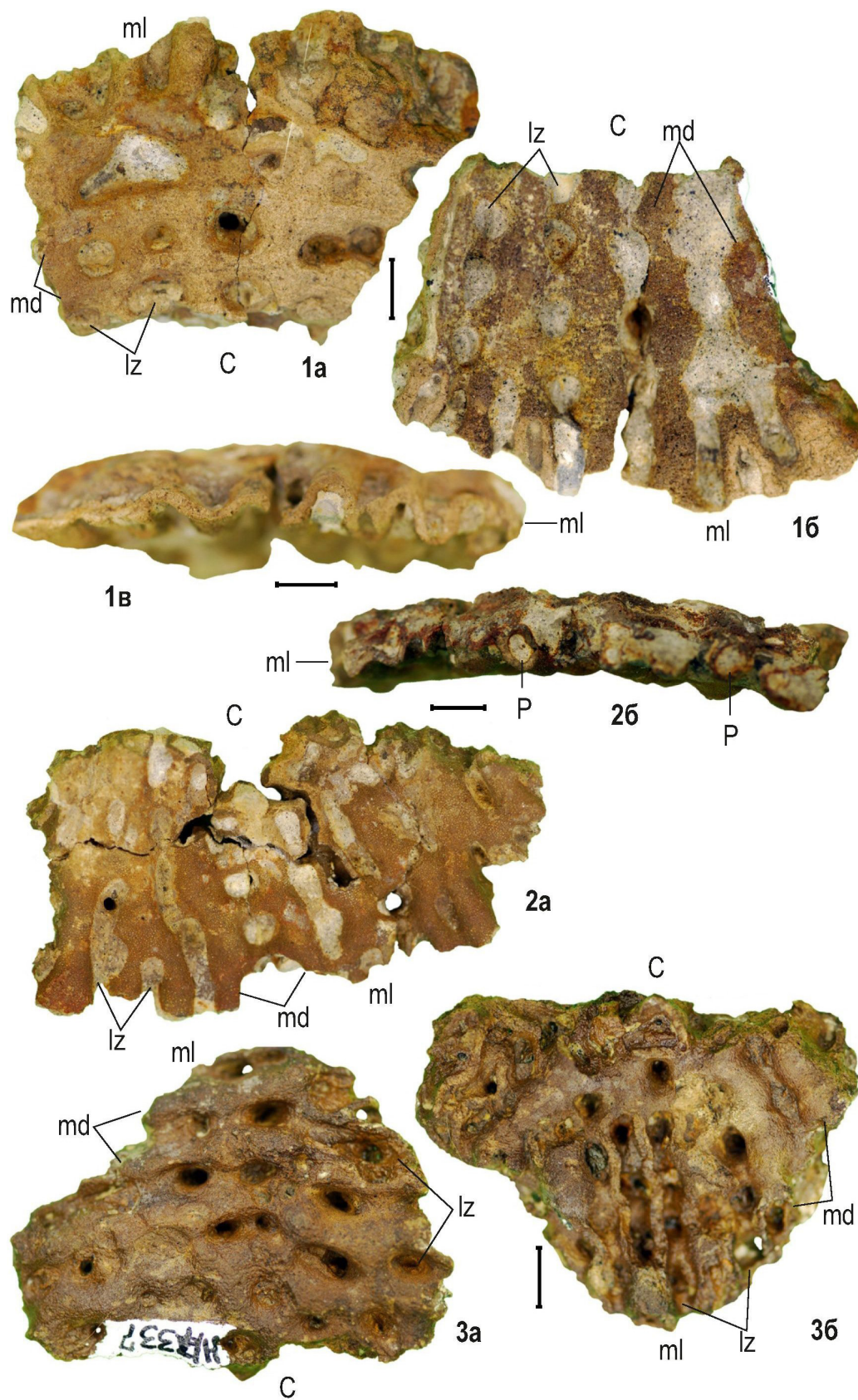




Таблица 6. *Polyptycha concentrata*, sp. nov. Паратип. Фиг. 1. Экз. SSU-PEM, № 122/8788: сегмент отворота, 1а – сверху, 1б – снизу, 1в – сбоку. Александровка-4, нижний сантон. Фиг. 2. *Polyptycha concentrata*, sp. nov. Экз. SSU-PEM, № 122/8687: сегмент отворота, 2а – снизу, 2б – сбоку. Александровка-3, нижний сантон. Фиг. 3. *Polyptycha concentrata*, sp. nov. Экз. SSU-PEM, № 122/7337: сегмент отворота, 3а – сверху, 3б – снизу. Озерки-4, нижний сантон (цвет онлайн)



Сравнение. Среди близкородственных форм выделяется небольшими значениями параметров скелета с одним концентрическим рядом луз.

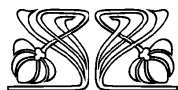
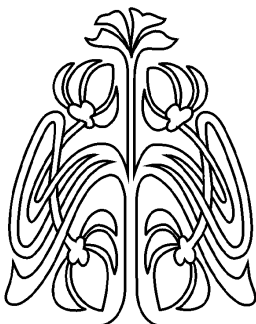
Материал и распространение. 2 экз. Нижний сантон, г. Саратов.

Библиографический список

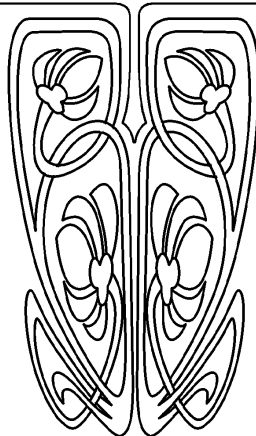
1. Defretin-Lefranc S. Contribution a l'étude des spongiaires siliceux du Cretace superieur du Nord de la France : These doct. sci. natur., Fac. sci. Lille, 1960. 178 p.
2. Основы палеонтологии. Губки. Археоциаты / отв. ред. Б. С. Соколов. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1962. 485 с.
3. Malecki J. Santonian siliceous sponges from Korzkiew near Krakow (Poland) // Roczn. Pol. tow. geol. Krakow, 1980. № 3–4. Р. 409–430.
4. Первушов Е. М. Позднемиловые вентрикулитидные губки Поволжья // Труды НИИГеологии Саратовского госуниверситета. Саратов : Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 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. Позднемиловые скелетные гексактинеллиды России. Морфология и уровни организации. Семейство Ventriculitidae (Phillips, 1875), partim; семейство Coeloptychiidae Goldfuss, 1833 – (Lychniscosa); семейство Leptophragmidae (Goldfuss, 1833) – (Hexactinosa). Саратов : Изд-во Научная книга, 2002. 274 с.
7. Первушов Е. М. Морфогенезы позднемиловых 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>
8. Первушов Е. М. Род Balantionella Schrammen, 1902 (Porifera, Hexactinellida) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 122–134. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-2-122-134>
9. Первушов Е. М. Представители рода Botrysosella Schrammen, 1912 (Porifera, Hexactinellida) из верхнего мела Поволжья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2023. Т. 23, вып. 3. С. 193–204. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2023-23-3-193-204>, EDN: FHTVAN
10. Первушов Е. М. Морфотипы и модульная организация позднемиловых гексактинеллид (Porifera, Hexactinellida). Саратов : Изд-во Саратовского университета, 2018. 208 с.
11. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part E. Porifera (Revised). The Geological Society of America & The University of Kansas. Boulder & Lawrence, 2004. Vol. 3. 872 p.
12. Первушов Е. М. Ирригационная система позднемиловых 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

Поступила в редакцию 02.09.2024; одобрена после рецензирования 04.11.2024; принята к публикации 19.12.2024; опубликована 28.02.2025

The article was submitted 02.09.2024; approved after reviewing 04.11.2024; accepted for publication 19.12.2024; published 28.02.2025



ПОДПИСКА



Подписка на печатную версию

Подписной индекс издания 36010.
Оформить подписку на печатную версию
можно в интернет-каталоге
ГК «Урал-Пресс» (ural-press.ru).
Журнал выходит 4 раза в год.
Цена свободная

Адрес Издательства

Саратовского университета (редакции):

410012, Саратов, Астраханская, 83

Тел.: +7(845-2) 51-29-94, 51-45-49, 52-26-89

Факс: +7(845-2) 27-85-29

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

Адрес редколлегии серии:

410012, Саратов, Астраханская, 83,

СГУ имени Н. Г. Чернышевского,

Географический факультет

Тел.: +7 (8452) 27-16-69

E-mail: geo@sgu.ru

Website: <http://geo.sgu.ru/>



ISSN 1819-7663 (Print). ISSN 2542-1921 (Online)
Известия Саратовского университета. Новая серия.
Серия: Науки о Земле. 2025. Том 25, выпуск 1

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

