

ISSN 2500-3208

**БФУ** БАЛТИЙСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ИММАНУИЛА КАНТА

**IKVBU** IMMANUEL KANT  
BAL TIC FEDERAL  
UNIVERSITY

ВЕСТНИК  
БАЛТИЙСКОГО  
ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ИМ. И. КАНТА

Серия  
Естественные и медицинские  
науки

№ 3

Калининград  
Издательство Балтийского федерального университета  
им. Иммануила Канта  
2023

*Редакционная коллегия*

*Г. М. Федоров*, д-р геогр. наук, проф., БФУ им. И. Канта (главный редактор);  
*С. В. Корнев*, д-р мед. наук, проф., БФУ им. И. Канта (зам. главного редактора);  
*Б. Я. Алексеев*, д-р мед. наук, проф., Московский научно-исследовательский  
онкологический институт им. П. А. Герцена; *С. С. Антипов*, д-р биол. наук,  
проф., Воронежский государственный университет; *А. Г. Архипов*,  
д-р биол. наук, Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО»; *В. А. Гриценко*,  
д-р физ.-мат. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *И. С. Гуменюк*, канд. геогр. наук,  
БФУ им. И. Канта (ответственный редактор); *А. Г. Дружинин*, д-р геогр. наук,  
проф., Северо-Кавказский научно-исследовательский институт экономических  
и социальных проблем, ЮФУ; *В. В. Жуков*, канд. биол. наук, доц.,  
БФУ им. И. Канта; *Ю. М. Зверев*, канд. геогр. наук, доц., БФУ им. И. Канта;  
*В. А. Изранов*, д-р мед. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *Л. С. Литвинова*, д-р мед.  
наук, проф., БФУ им. И. Канта; *А. Г. Манаков*, д-р геогр. наук, проф.,  
Псковский государственный университет; *А. Ф. Мейсурова*, д-р биол. наук,  
проф., Тверской государственный университет; *А. И. Паишов*, д-р мед. наук,  
проф., БФУ им. И. Канта; *Т. Пальмовский*, д-р географии, проф., Гданьский  
университет; *А. Разбадаускас*, проф., Клайпедский университет; *В. В. Рафальский*,  
д-р мед. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *И. В. Реверчук*, д-р мед. наук,  
д-р психол. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *В. В. Сивков*, канд. геол.-минерал. наук,  
Атлантическое отделение, Институт океанологии РАН; *Э. Спирыевас*, проф.,  
Клайпедский университет; *Д. А. Субетто*, д-р геогр. наук, проф., РГПУ  
им. А. И. Герцена; *Г. Н. Чупахина*, д-р биол. наук, проф., БФУ им. И. Канта;  
*П. К. Яблонский*, д-р мед. наук, проф., Санкт-Петербургский НИИ  
фтизиопульмонологии

*Учредитель*

Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта

*Редакция*

236041, Россия, Калининград, ул. А. Невского, 14

*Издатель*

236041, Россия, Калининград, ул. А. Невского, 14

*Типография*

236001, Россия, Калининград, ул. Гайдара, 6

Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 77-65779 от 20 мая 2016 г.

Тираж 300 экз.

Дата выхода в свет 09.02.2024 г.



© БФУ им. И. Канта, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география</i>	
<i>Забелин И. А., Голубева Е. И.</i> Перспективы развития лесопаркового защитного пояса Москвы .....	5
<i>Маряхин В. М., Часовский В. И.</i> Северные города России: географические особенности и современные подходы к исследованию .....	24
<i>Теренина Н. К.</i> Опыт оценки этнической контрастности границ республик Урало-Поволжья .....	40
<i>Гресь Р. А.</i> Развитие сетевых бизнес-структур в пространственно распределенном кластере Санкт-Петербург – Ленинградская область – Калининградская область как инструмент межрегионального взаимодействия .....	51
<i>Физическая география, геоэкология и океанология</i>	
<i>Михневич Г. С., Якимова Е. А.</i> Перспективные методы обнаружения субмаринной разгрузки в Балтийском море и опыт их применения .....	63
<i>Александров С. В., Сташко А. В.</i> Экологическое состояние Вислинского залива с учетом параметров качества и эвтрофирования вод .....	78
<i>Биология, биотехнология и экология</i>	
<i>Осинцева М. А.</i> Почвенные ресурсы и структура почвенного покрова Кемеровской области – Кузбасса .....	92
<i>Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., Улитина Е. А.</i> Сравнительная оценка биологического действия нативных и синтезированных пептидов .....	106

## CONTENTS

### *Economic, social, political and recreational geography*

Zabelin I.A., Golubeva E.I. Prospects for the development of the forest park protective belt of Moscow .....	5
Maryakhin V.M., Chasovskii V.I. Northern cities of Russia: geographical features and modern approaches to research .....	24
Terenina N.K. Experience of assessing the ethnic contrast of the borders of the republics of the Ural-Volga region .....	40
Gres R.A. Development of network business structures in the spatially distributed cluster St. Petersburg-Leningrad region-Kaliningrad region as a tool of inter-regional interaction.....	51

### *Physical geography, geocology and oceanology*

Mikhnevich G.S., Yakimova E.A. Promising methods for detecting submarine groundwater discharge in the Baltic Sea and experience of their application.....	63
Aleksandrov S.V., Stashko A.V. The ecological state of the Vistula lagoon using indicators of water quality and eutrophication .....	78

### *Biology, biotechnology and ecology*

Osintseva M.A. Soil resources and soil cover structure Kemerovo region – Kuzbass .....	92
Tikhonov S.L., Tikhonova N.V., Ulitina E.A. Comparative evaluation of the biological effect of native and synthesized peptides.....	106

УДК 332.3

**И. А. Забелин, Е. И. Голубева**

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
ЛЕСОПАРКОВОГО ЗАЩИТНОГО ПОЯСА МОСКВЫ**

5

Кафедра рационального природопользования географического факультета

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Поступила в редакцию 01.08.2023 г.

Принята к публикации 28.09.2023 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-1

**Для цитирования:** Забелин И. А., Голубева Е. И. Перспективы развития лесопаркового защитного пояса Москвы // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер. Естественные и медицинские науки. 2023. №3. С. 5–23. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-1.

*Рассматривается лесопарковый защитный пояс (ЛПЗП) г. Москвы, кратко приводятся этапы развития концепции лесопаркового пояса и ЛПЗП Москвы в соответствии с генеральными планами развития города. Для оценки его современного состояния предложена система показателей, на основе которых рассчитан интегральный индекс. Проведен подробный анализ показателей и интегрального индекса, который позволил выделить три наиболее вероятных сценария дальнейшего развития разных частей лесопаркового защитного пояса Москвы.*

**Ключевые слова:** экология города, Московская агломерация, экологические функции, лесопарковый защитный пояс, интегральная оценка, сценарии развития

**Введение**

Леса с давних времен играют важную роль в создании и функционировании городов. В Средневековье пригородные леса играли прежде всего оборонительную роль. Так, например, Москва была основана Юрием Долгоруким в окружении непроходимых лесов, что обеспечивало дополнительную безопасность на случай нападения неприятеля [26]. В те времена не проводилось каких-то специальных инженерных мероприятий, эффект достигался только за счет выбора места расположения города. Затем для усиления оборонительных функций начали применяться специальные техники, например создание засечных черт, являвшихся важными оборонительными рубежами на юге России в XVI–XVII вв. [10]. Таким образом, создание засечных черт внесло значительный вклад в освоение и развитие территорий, находившихся у южных рубежей государства [19].



С повышением уровня технологического развития леса стали терять свои оборонительные функции. Тем не менее с появлением промышленного производства и современного транспорта леса стали выполнять важные экологические функции. Так, для улучшения экологической ситуации в городах с середины XX в. крупные города в разных странах стали окружать большими участками, покрытыми лесом. Они получили название зеленых, или лесопарковых, защитных поясов. Первые такие пояса появились в странах Европы. Примерами зеленых зон является лесопарковый пояс вокруг Лондона для сдерживания его пространственного развития [32], вокруг Торонто [3]. Еще в начале XX в. возникли идеи сочетать в рамках города леса с непосредственно городской застройкой. Эти идеи нашли свое отражение в концепции города-сада Эбенизера Горарда [4]. Позже принцип гармоничного сочетания леса и города стал развиваться и в Советском Союзе, например в концепции поляризованного ландшафта Б. Б. Родомана [16].

С первой трети XX в. концепция лесных поясов в нашей стране в первую очередь затронула столичную агломерацию, имеющую целый комплекс экологических проблем и стремящуюся к дальнейшему территориальному расширению.

Лесопарковый защитный пояс (ЛПЗП) Москвы как концепция возник в рамках Генерального плана реконструкции города в 1935 г. Генеральный план вносил значительные изменения в территориальную структуру Москвы, а также должен был ограничить его дальнейшее расширение [14]. Границы ЛПЗП в соответствии с Генеральным планом 1935 г. значительно отличаются от современных, пояс включал территории, на сегодняшний день являющиеся частью Старой Москвы (рис. 1).



Рис. 1. Генеральный план Москвы 1935 г.

Источник: [30].



В послевоенный период Москва значительно расширилась, ее население выросло более чем в 2 раза. Кроме того, в городе работало большое количество предприятий, деятельность которых приводила к значительному загрязнению атмосферы. В связи с этим появилась задача ограничить пространственное развитие Москвы [24], сохранить существующие вокруг нее лесные территории, а также обеспечить приток в город чистого воздуха для улучшения экологической ситуации. Лесопарковый защитный пояс, принявший свой окончательный облик в соответствии с Генеральным планом 1972 г. (рис. 2) [23], стал инструментом, с помощью которого можно было решить возникшие проблемы.

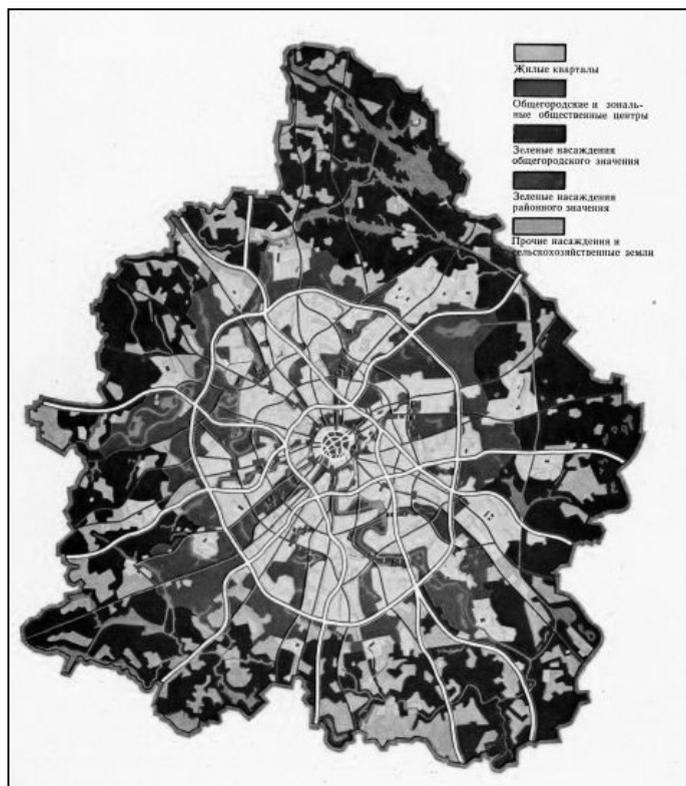


Рис. 2. Генеральный план Москвы 1971 г.

Источник: [25].

Согласно существующим оценкам, современная численность населения Московской агломерации составляет более 17 млн человек. Значительный рост населения, с одной стороны, приводит к возрастанию антропогенной нагрузки на среду, а с другой — повышает требования к состоянию окружающей среды. С 1990-х гг. внимание к территориальному планированию снизилось, а потребность в новых территориях для застройки резко возросла, ЛПЗП Москвы потерял значительные площади и был фрагментирован. На сегодняшний день определение лесопаркового пояса, его структура и режимы функционирования ре-



гламентируются ст. 62.1 федерального закона от 10.01.2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды [2]. Данная статья регламентирует создание и развитие лесопарковых зеленых поясов вокруг Москвы.

Идея создания зеленых поясов вокруг разных городов России начала развиваться в середине 2010-х гг. С тех пор местные власти закрепили подобные территории вокруг крупных городов. В Москве и Московской области, несмотря на исторический опыт развития ЛПЗП, данная инициатива не была поддержана.

Таким образом, на сегодняшний день понятие ЛПЗП Москвы не имеет четкого законодательного закрепления, а земли, относящиеся к лесопарковому поясу, не обладают особым статусом относительно других участков лесов Московской области и Новой Москвы, что обуславливает большие риски разрушения ЛПЗП. В связи с этим затрудняется не только сохранение лесов, но и мониторинг их состояния. На сегодняшний день оставшиеся площади лесов зеленого пояса можно сравнивать только с изначальной площадью ЛПЗП в соответствии с Генеральным планом 1972 г. Оценки потерь лесов по сравнению с советским периодом сильно разнятся. По данным Прокуратуры Московской области, из 239,3 тыс. га общей площади лесов исчезло 68,6 тыс. га. Экологические организации приводят еще большие цифры — вплоть до 166 тыс. га потерянных лесных насаждений.

В целом процессы, происходящие в рамках ЛПЗП Москвы, находятся в тесной взаимосвязи с тридцатилетними изменениями законодательной базы существования зеленых насаждений [8].

В последние несколько лет экологические проблемы стали привлекать к себе значительное внимание общества. Такие тенденции не обходят и Россию. Так, по данным ВЦИОМ, почти треть опрошенных жителей России отмечают ухудшение экологической ситуации в своем регионе [33]. По данным опроса исследовательского центра сервиса Surgejob, каждый третий житель Москвы считает экологическую обстановку в городе плохой, а наиболее острой проблемой опрошенные называют качество воздуха [31]. Социологические исследования показывают, что в обществе существует острая потребность в улучшении экологической ситуации в крупных городах, в частности в Москве. ЛПЗП Москвы при его сохранении и улучшении состояния может стать важным инструментом налаживания экологической обстановки в городе.

Таким образом, возникает важная исследовательская задача оценить современное состояние ЛПЗП Москвы и рассмотреть перспективы его дальнейшего существования исходя из тех процессов, которые происходят на данной территории на сегодняшний день.

**Актуальность работы** определяется возрастающей антропогенной нагрузкой на территории, входящие в состав Московской агломерации, а также растущим спросом населения города на благоприятную экологическую обстановку, важным фактором обеспечения которой в том числе является существование лесопаркового защитного пояса.

Цель — определение перспектив различных частей лесопаркового защитного пояса по результату оценки их современного состояния.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

— выделить показатели, определяющие состояние ЛПЗП, и установить различия между частями ЛПЗП по данным показателям;



- провести интегральную оценку состояния различных частей ЛПЗП на основе комплекса выделенных показателей;
- определить основные процессы, сценарии развития и угрозы для различных частей ЛПЗП Москвы.

Объект исследования – территория лесопаркового защитного пояса Москвы.

В рамках работы применялись следующие методы: сравнительно-картографический, статистический, картографический, расчет интегрального индекса.

### Обсуждение результатов

Территориальной единицей оценки элементов ЛПЗП Москвы стали лесопарки, которые можно условно разделить по секторам ЛПЗП на основе различий природных условий (отнесение к физико-географической провинции), а также планировочных особенностей самого лесопаркового пояса. В процессе работы анализировались следующие лесопарки: западный сектор – Митинский, Опалиховский, Ромашковский, Подушкинское лесничество, Мещерский парк, Валуевский лесопарк; южный сектор – Бутовский и Видновский лесопарки; восточный сектор – Томилинский, Малаховский, Салтыковский, Кучинский, Горенский, Озерный лесопарки, а также национальный парк Лосиный остров; северный сектор – Протасовский, Тишковский, Марфинский, Учинский, Лобненский, Клязьминский, Хлебниковский, Пироговский, Мытищинский, Долгопрудненский, Химкинский, Шереметьевский лесопарки.

В настоящее время исследователями применяется большое количество различных методов оценки состояния лесных насаждений. Как правило, ввиду того, что лесные насаждения являются сложной системой, применяется междисциплинарный подход [9]. Отдельно существуют методы оценки лесных насаждений с применением результатов дистанционного зондирования [15; 20], а также современных IT-технологий, в частности нейронных сетей [11].

В рамках данной работы оценка современного состояния ЛПЗП Москвы проводилась с использованием следующих индикаторов и показателей.

1. Расстояние от МКАД. Данный показатель отражает интенсивность урбанизационных процессов, в результате – уменьшение показателя расстояния от МКАД показывает ухудшение перспектив сохранения и развития участка лесопаркового защитного пояса.

2. Площадь лесопарка. Увеличение площади леса позитивно влияет на многие характеристики, в частности на биоразнообразие. Также при увеличении площади лесного участка по нему более равномерно распределяется рекреационная и другие виды антропогенной нагрузки, что позволяет сохранять лесную экосистему.

3. Количество участков, переданных в аренду для видов деятельности, предусматривающих возможности застройки. На сегодняшний день большинство проектов уже реализовано, поэтому они оказывают непосредственное влияние на состояние лесопаркового защитного пояса.

4. Количество изолированных участков в рамках каждого лесопарка. В результате многолетнего преобразования структуры ЛПЗП все его



участки значительно фрагментированы. Таким образом, лесопарк представляет собой не один лесной массив, а несколько изолированных друг от друга участков. Известно, что фрагментация лесной экосистемы негативно влияет на ее устойчивость [5].

5. Количество водных объектов в каждом лесопарке. Данный показатель говорит о повышении биоразнообразия лесопарков, устойчивости экосистем за счет обеспечения стабильного увлажнения [21]. Кроме того, наличие водоемов делает ландшафт более разнообразным, а по мнению многих ученых, увеличение разнообразия внутри экосистемы значительно повышает ее устойчивость [12]. Кроме того, крупные водные объекты могут мешать активным процессам расширения агломерации, что позволяет сохранять больше площадей лесопарков на данной территории.

На основе перечисленных показателей предлагается вычислить интегральный индекс (в баллах), отражающий общее состояние элементов лесопаркового защитного пояса. Интегральные индексы в качестве общей итоговой оценки явления активно применяются как в социально-экономических [28], так и в экологических исследованиях [13].

Для получения индекса, который показывал бы состояние лесопарков в баллах от 0 до 10, был использован метод соотношения показателей для конкретных лесопарков и среднего показателя по всем лесопаркам ЛПЗП. Для оценки позитивного и негативного влияния показателей на общее состояние лесопарков подсчитанное ранее соотношение для площади и количества водных объектов учитывается со знаком «+», а соотношение для количества изолированных участков и участков, арендованных для застройки, со знаком «-».

Таким образом, формула индекса принимает следующий вид:

$$ИС = \frac{S}{S_{cp}} - \frac{A}{A_{cp}} - \frac{I}{I_{cp}} + \frac{V}{V_{cp}} + K,$$

где  $S$  – площадь лесопарка в гектарах,  $S_{cp}$  – средняя площадь лесопарков ЛПЗП в гектарах,  $A$  – количество участков, арендованных для застройки, в лесопарке,  $A_{cp}$  – среднее количество участков, арендованных для застройки,  $I$  – количество изолированных участков в лесопарке,  $I_{cp}$  – среднее количество изолированных участков по лесопаркам ЛПЗП,  $V$  – количество водных объектов на территории лесопарка,  $V_{cp}$  – среднее количество водных объектов по лесопаркам ЛПЗП,  $K$  – коэффициент, вводящийся во избежание работы с отрицательными значениями итогового индекса, который был принят за 5, ИС (индекс состояния) – итоговый индекс, отражающий общее состояние лесопарков ЛПЗП (в баллах).

Рассмотрим показатель площади лесопарков, относящихся к ЛПЗП Москвы (рис. 3). Этот показатель, во-первых, показывает площадь зеленых насаждений, оставшихся в ближайшем к Москве поясе Московской области, а во-вторых, косвенно отражает устойчивость данных лесопарков. Как правило, чем экосистема больше, тем большими возможностями она обладает с точки зрения противостояния внешним негативным воздействиям.

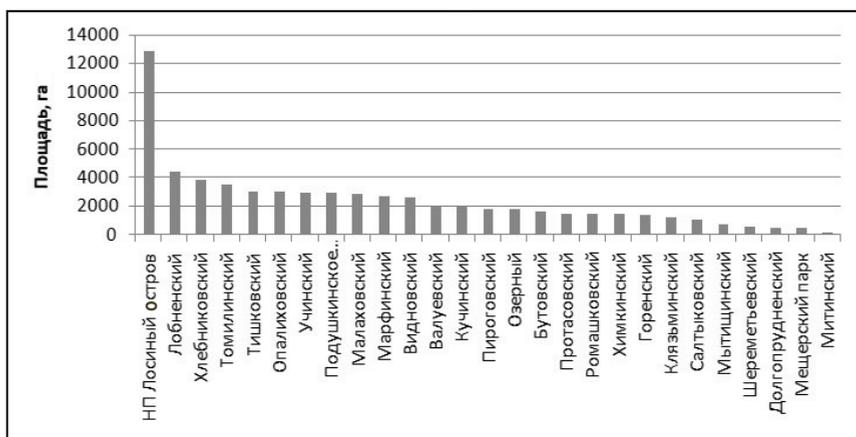


Рис. 3. Площади лесопарков ЛПЗП Москвы

При анализе данных о современной площади лесопарков, входящих в состав ЛПЗП, мы видим, что эти площади значительно различаются. Наибольшую площадь имеет национальный парк Лосиный остров (более 10 тыс. га), следом за ним по рангам идут крупные лесопарки преимущественно северного сектора ЛПЗП (Лобненский, Хлебниковский и т.д.). Самые малые по площади лесопарки характеризуются расположением внутри городов, примыкающих к Москве (Митинский, Долгопрудненский, Мещерский парки). Для данных лесопарков характерна значительная антропогенная нагрузка и низкая устойчивость экосистем.

Рассмотрим показатель расстояния лесопарков ЛПЗП от МКАД (рис. 4).

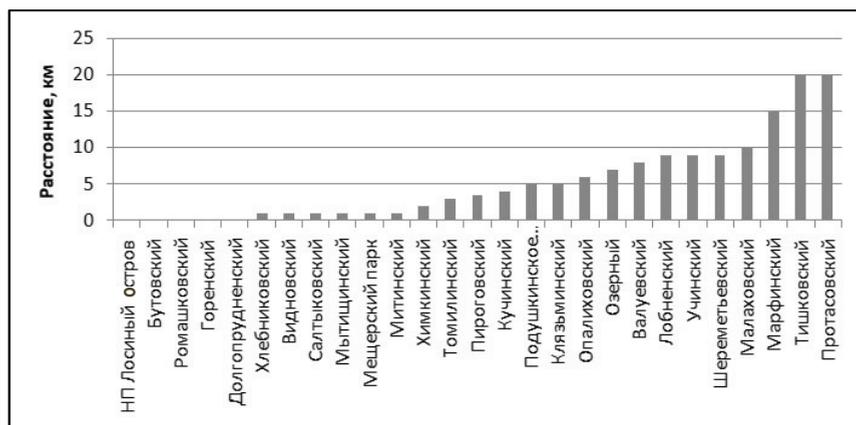


Рис. 4. Расстояние лесопарков от МКАД

Показатель расстояния лесопарков от МКАД косвенно отражает антропогенную нагрузку, которая на них оказывается. Так, в рамках круп-



ной городской агломерации, какой является и Московская, наиболее активные процессы происходят на границе города и прилегающей территории [27].

Таким образом, те лесопарки, которые расположены ближе всего к МКАД, находятся под наибольшей угрозой в будущем и страдают от активных агломерационных процессов.

На основе анализа полученных данных можно выделить несколько групп лесопарков ЛПЗП по показателю расстояния от Москвы. Первая группа включает в себя лесопарки, непосредственно примыкающие к МКАД. Это Горенский, Ромашковский, Бутовский лесопарки и национальный парк Лосиный остров. Ввиду того, что национальный парк Лосиный остров имеет большую площадь и официальный статус ООПТ, он наиболее стабилен и защищен. Остальные, в свою очередь, являются небольшими по площади, значительно сегментированы и входят в состав городов-спутников Москвы. Эти лесопарки характеризуются наибольшей антропогенной нагрузкой на них и при сохранении современных негативных тенденций могут полностью исчезнуть в течение ближайших нескольких десятилетий.

Вторая группа включает в себя лесопарки, находящиеся на расстоянии от 1 до 10 км от МКАД. В эту группу входят лесопарки из разных секторов ЛПЗП. В основном они характеризуются меньшей сегментированностью и большей площадью, чем лесопарки, отнесенные к первой группе. Соответственно, их устойчивость несколько выше.

Третья группа включает в себя лесопарки, расположенные дальше 10 км от МКАД. В основном они относятся к северному сектору ЛПЗП. Это связано с особенностями территориальной структуры пояса. Изначально он имел форму, несколько вытянутую в северном направлении. Это может быть обусловлено системой водохранилищ, созданных к северу от Москвы. Таким образом, фактор расстояния от МКАД наряду с наличием в лесопарках крупных водных объектов, небольшой сегментированностью и достаточно большой площадью делает лесопарки, относящиеся к данной группе, наиболее устойчивыми к внешним негативным процессам.

Рассмотрим распределение выбранных для анализа показателей по территории ЛПЗП (рис. 5, 6).

Наименьшую сегментацию (всего один или два изолированных участка) имеют либо небольшие лесопарки, расположенные в пределах городов-спутников Москвы и являющиеся скорее городскими парками (например, Митинский, Долгопрудненский лесопарки, Рублевский лес и т.д.), либо более крупные лесопарки, находящиеся вдали от границы Москвы (большая часть лесопарков северного сектора ЛПЗП, Томилинский лесопарк и т.д.). Именно второй тип лесопарков можно считать наименее подвергнутым негативному воздействию активных агломерационных процессов. Соответственно, эти лесопарки имеют наибольшую ценность с точки зрения выполнения своих функций, а также наилучшие перспективы для дальнейшего сохранения и развития.

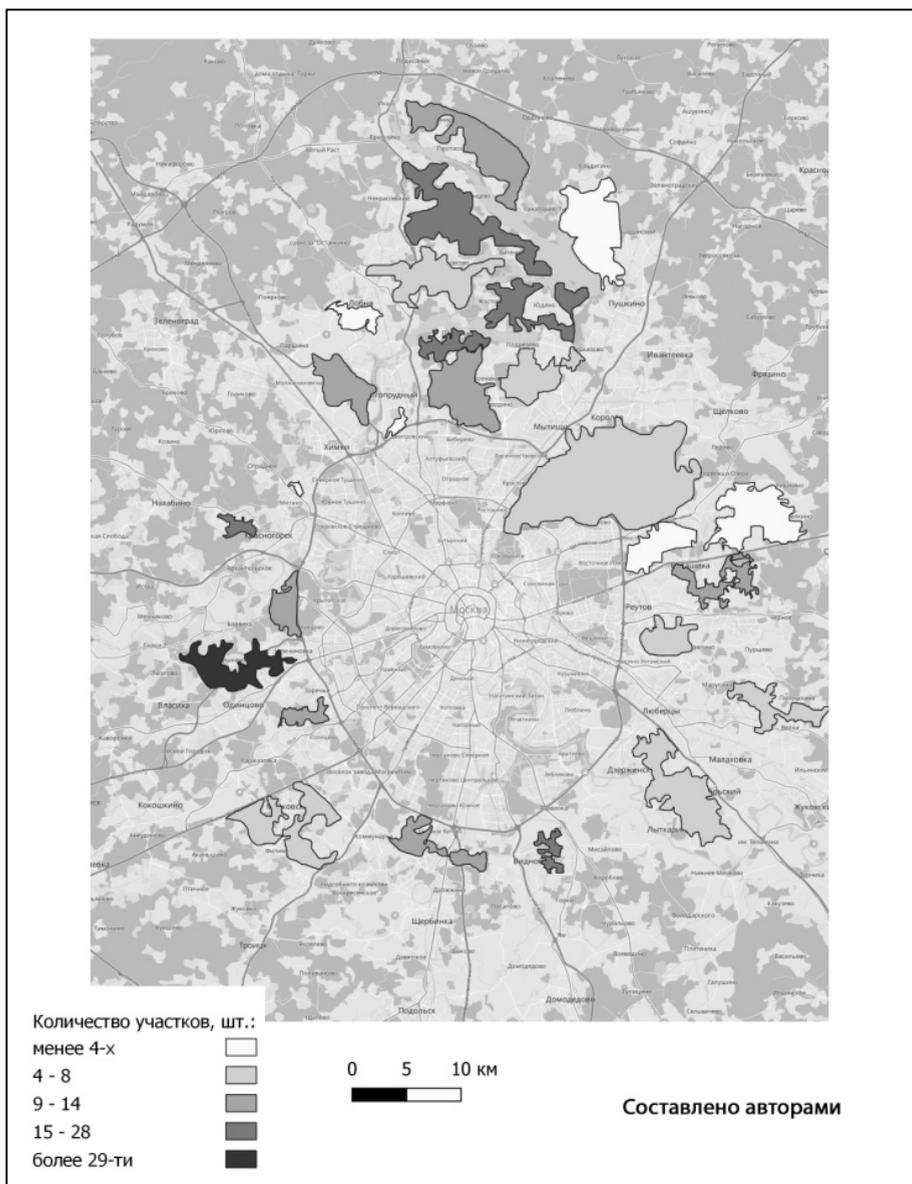


Рис. 5. Количество арендованных для застройки участков по лесопаркам ЛПЗП

Наибольшая сегментация, в свою очередь, характерна для лесопарков, расположенных близко к границе Москвы и разделенных на несколько населенных пунктов. Это, например, Валуевский, Бутовский, Салтыковский лесопарки (разделены на 7–9 изолированных участков). Эти лесопарки уже не являются целостными лесными массивами. Соответственно, экосистемы данных лесопарков раздроблены, что значительно снижает их устойчивость к негативным воздействиям. Кроме того, некоторые из изолированных участков могут быть уничтожены вовсе.

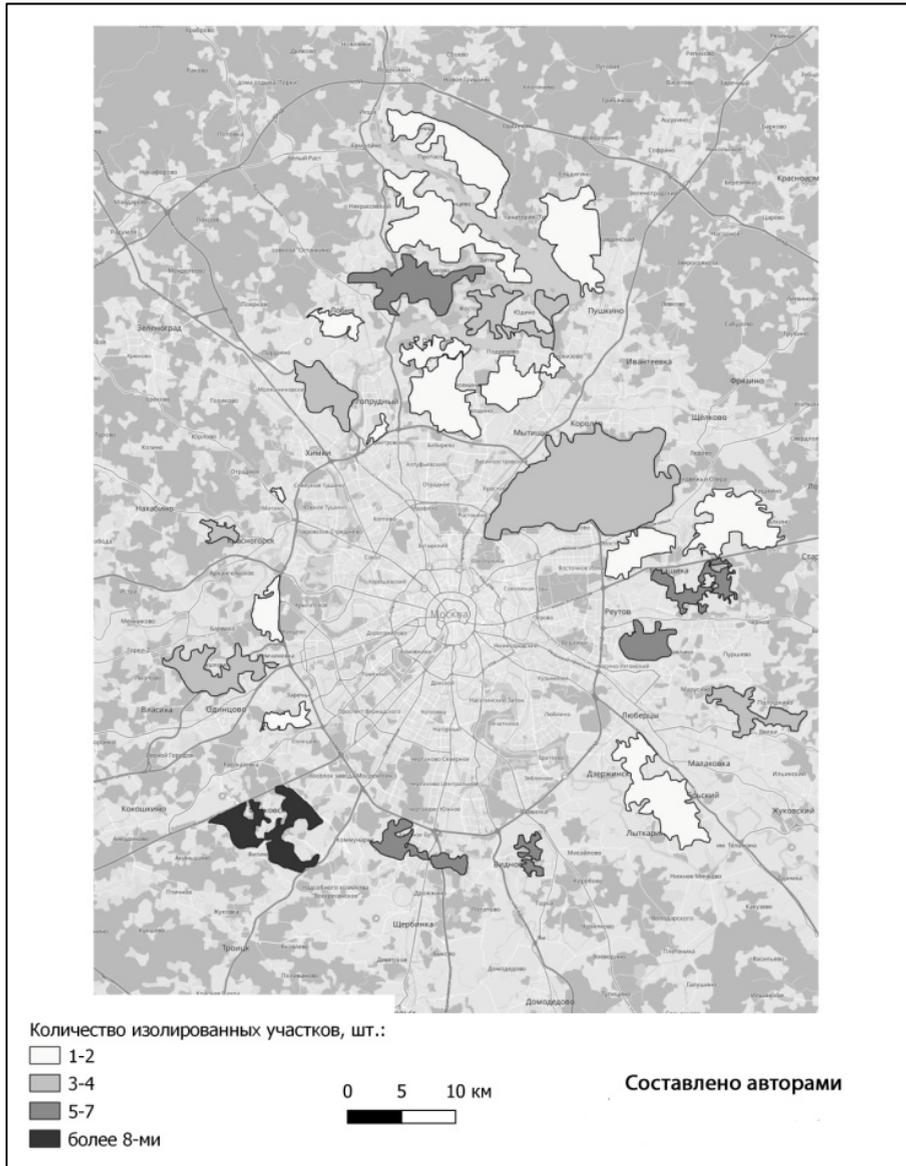


Рис. 6. Сегментация лесопарков и количество арендованных для застройки участков

Отдельное внимание стоит обратить на Валуевский лесопарк, который оказался на территории Новомосковского административного округа после присоединения части территории Московской области к Москве (так называемая Новая Москва). На сегодняшний день многие градостроительные процессы на территории Новой Москвы идут активнее, чем в Московской области, что вместе с большой сегментацией лесопарка несет большую угрозу перспективам его существования в нынешнем виде. Так, через несколько лет лесопарк может стать внут-



ригородским парком с элементами благоустройства и разрывом связей между отдельными элементами, что приведет к невозможности выполнения значительной части его экологических функций.

Наибольшее количество участков, арендованных для застройки, наблюдается в лесопарках, прилежащих к городам Московской области, в которых на данный момент ведется наиболее активное строительство. Например, к таким относится Красногорск, Лобня и так далее. Это обуславливает самые высокие показатели количества арендованных для застройки участков в Подушкинском (58 участков), Учинском (28), Клязьменском (26) лесопарках и т. д.

Наименьшее количество арендованных участков отмечено в лесопарках, расположенных в городах-спутниках Москвы (например, Балашихе, Долгопрудном), в которых уже была проведена активная застройка в предыдущие этапы развития территории.

Рассмотрим следующий важный показатель — количество крупных водных объектов на территории лесопарков ЛПЗП Москвы (рис. 7).

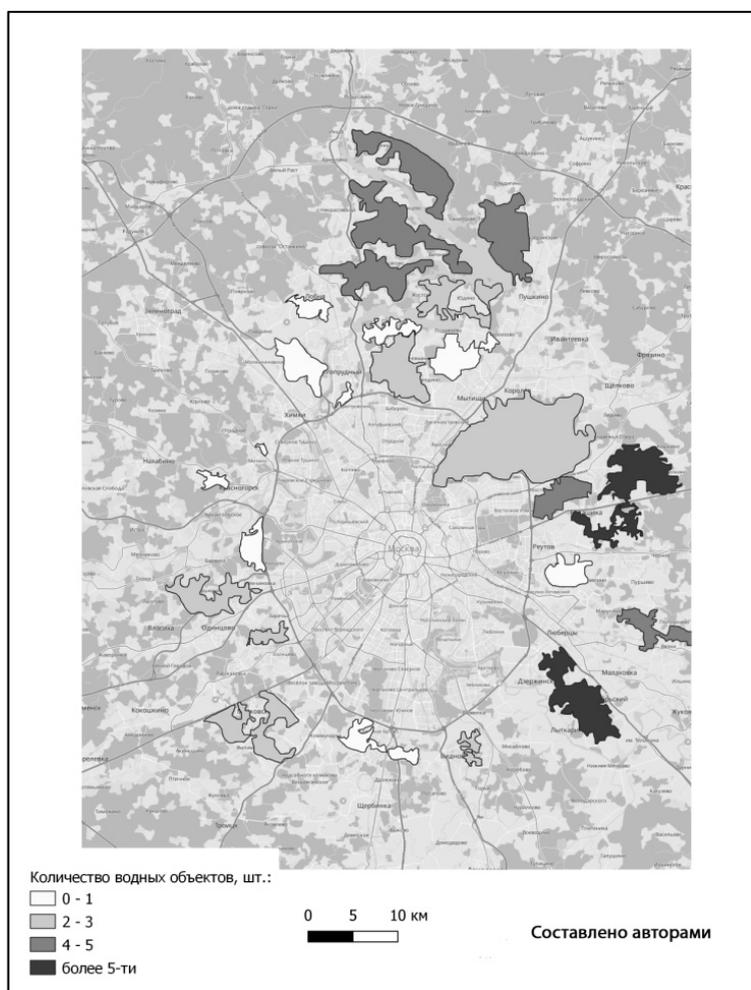


Рис. 7. Распределение количества водных объектов по лесопаркам ЛПЗП

Как видно из представленного картографического изображения, данный показатель значительно различается по территории. По полученным данным можно установить, что основным фактором, определяющим распределение данного показателя, является физико-географический.

Так, наибольшее количество водных объектов характерно для лесопарков, расположенных к востоку и северу от Москвы. Восточная часть Московской области относится к Мещерской низменности, для которой характерно наибольшее количество озер, рек и других водных объектов (Томилинский, Озерный, Горенский лесопарки). Большое количество водных объектов к северу от Москвы объясняется созданной на этой территории системой водохранилищ и Каналом имени Москвы.

Представим полученный показатель интегральной оценки состояния ЛПЗП Москвы в картографическом виде (рис. 8).



Рис. 8. Интегральная оценка состояния лесопарков ЛПЗП Москвы, баллов



По итогам расчетов интегрального индекса и анализа пространственного отражения особенностей состояния различных частей ЛПЗП можно сделать вывод о том, что в наилучшем состоянии на сегодняшний день находятся национальный парк Лосиный остров, Томилинский лесопарк, а также некоторые лесопарки северного и восточного секторов. Состояние каждого лесопарка обусловлено различными факторами. Так, высокая оценка состояния национального парка Лосиный остров связана с тем, что он имеет большую площадь и официальный статус ООПТ, Томилинского лесопарка — с низкой сегментацией его территории и большой площадью.

Большинство лесопарков, расположенных к северу от Москвы, также характеризуется высокими показателями оценки состояния. Тем не менее эти показатели несколько снижаются в первую очередь за счет активного строительства на этих территориях загородной недвижимости, что приводит к дополнительной сегментации лесопарков и увеличивает антропогенную нагрузку на них.

По итогам анализа выбранных показателей и проведенных оценок можно рассмотреть три наиболее вероятных сценария развития лесопарков, относящихся к ЛПЗП (рис. 9).

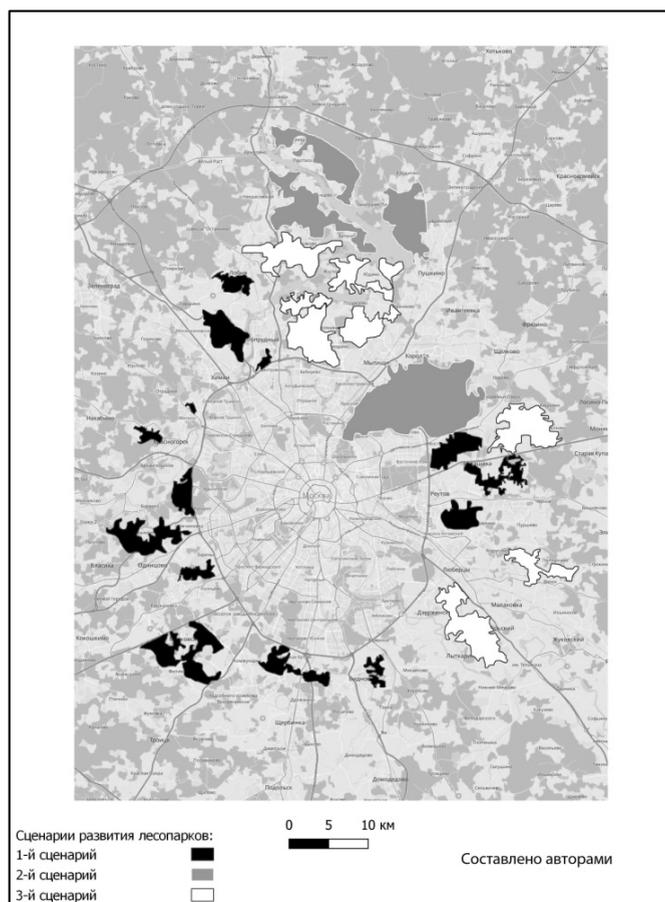


Рис. 9. Прогнозные сценарии развития элементов ЛПЗП Москвы



*Сценарий 1* представляет собой постепенное превращение рассматриваемых лесопарков в городские парки, проведение в них программ благоустройства, снижение основных экосистемных функций с дальнейшим существованием в качестве неотъемлемой части городского ландшафта.

Такой сценарий подходит для лесопарков, расположенных в непосредственной близости от Москвы или на территории городов-спутников. В основном эти лесопарки находятся в южной и западной части Московской агломерации, а также в городах-спутниках восточной части Московской агломерации. Они характеризуются значительной фрагментацией, а также наиболее активно застраиваются.

Учитывая факт того, что сохранить эти лесопарки в их первоначальном виде уже невозможно, целесообразным с точки зрения градостроительства является благоустройство их территории и превращение в городские парки. Такое благоустройство поможет сохранить существующие площади лесопарков, а также предотвратить их деградацию ввиду возможного возникновения нелегальных свалок твердых коммунальных отходов и в результате других негативных влияний.

Подобные проекты уже реализуются в некоторых лесопарках Московской области. Например, на территории Подушкинского лесопарка в городском округе Одинцово в 2020 г. был создан Парк Малевича. Он представляет собой площадку для длительного экспонирования среднего искусства и паблик-арта XX–XXI вв.

*Сценарий 2* предусматривает сохранение лесопарков с преобладанием природоохранных функций и с минимальным преобразованием природной среды. При таком сценарии лесопарки существуют как особо охраняемые природные территории.

На сегодняшний день для данных лесопарков характерна наименьшая антропогенная нагрузка и они сохранились относительно неплохо. Таким образом, появляется возможность их дальнейшего сохранения, но только при условии присвоения им статуса особо охраняемых природных территорий, что предотвратит разрушение лесопарков в дальнейшем. Национальный парк Лосиный остров уже имеет такой статус, что и позволило его сохранить. Другие лесопарки, в свою очередь, не претерпели больших изменений ввиду удаленного расположения от Москвы, а также благодаря тому, что они находятся за системой водохранилищ, которые сдерживают пространственное распространение агломерационных процессов.

Кроме того, важной причиной необходимости закрепить за данными лесопарками статус особо охраняемых природных территорий является то, что они выполняют функцию защиты водохранилищ, расположенных на этой территории и играющих большую роль в функционировании водной системы столичного региона, а также в снабжении водой Москвы и городов Московской области.

*Сценарий 3* подразумевает сохранение лесопарков с преобладанием рекреационных функций и умеренной нагрузкой на природную среду. Данный сценарий предполагает существование лесопарков в том виде,



в каком мы можем наблюдать их сейчас. Тем не менее с помощью методов градостроительного регулирования необходимо предотвращать их дальнейшее разрушение, а также проводить программы по поддержанию в надлежащем состоянии (например, пресечение и ликвидация несанкционированного сброса отходов, контроль за состоянием древоостоя, предотвращение ЧП в виде пожаров и т. д.).

Были подсчитаны средние площади, а также суммарная площадь лесопарков, развивающихся по тому или иному сценарию (табл.).

**Средние и суммарные площади лесопарков  
с разными сценариями развития, га**

Сценарий	Средняя площадь	Суммарная площадь
1-й («городские парки»)	1525,1	21 351
2-й («ООПТ»)	5015,75	20 063
3-й («лесопарки»)	2567,1	23 140

Таким образом, лесопарковый пояс по признаку наиболее вероятных сценариев дальнейшего развития делится на три примерно равные части.

Показатель средней площади, в свою очередь, значительно отличается для выделенных категорий лесопарков. Так, для лесопарков с наибольшей средней площадью характерен второй сценарий развития — наименьшее преобразование природной среды, а также преобладание природоохранных функций. Для лесопарков с наименьшей средней площадью наиболее вероятен первый сценарий развития: существование в качестве городских парков с преобладанием рекреационных функций.

Таким образом, при реализации данных сценариев можно рассчитывать на сохранение лесопарков ЛПЗП даже с учетом разрастания Московской агломерации. Тем не менее некоторые лесопарки будут претерпевать значительные трансформации и для них первостепенными станут другие функции.

Сформулированные сценарии основаны на сбалансированном учете потребностей жителей города в сохранении лесных территорий и экономических интересов застройщиков. При нарушении этого баланса данные сценарии могут стать негативными. Так, при бесконтрольном и хаотичном пространственном развитии города в ближайшие несколько лет лесопарки, для которых был разработан первый сценарий, могут исчезнуть вовсе, а лесопарки с другими сценариями значительно пострадать. Результаты пространственного развития города и сохранения ЛПЗП зависят от грамотной работы властей Москвы и Московской области, перед которыми стоит важная задача выдерживать баланс, регулируя пространственное развитие агломерации.

В соответствии с действующей Стратегией социально-экономического развития Москвы до 2025 года Московскую агломерацию предлагается развивать как пространство экологического комфорта и единую информационно-коммуникативную среду. Также в Стратегии указано,



что Московская агломерация должна перейти от моноцентрической модели пространственного расширения к полицентрической, обеспечивающей разгрузку исторического ядра от чрезмерной концентрации рабочих мест [1]. Таким образом, сохранение лесопарков в рамках рассматриваемых в данной работе сценариев соответствует Стратегии. При переходе к полицентрической структуре и при сохранении лесопарков ЛПЗП Московская агломерация может приблизиться к реализации концепции поляризованного ландшафта, что значительно гармонизирует городскую среду.

### Выводы

20

Сформированная на основе проведенного комплексного исследования по оценке состояния ЛПЗП Москвы система индикаторов, включающая показатели плотности населения по городским округам, ввода жилья за год, а также количество выданных разрешений на строительство, выявила ведущие процессы.

Составленный на основе итоговой оценки интегральный индекс позволил рассмотреть основные сценарии, в соответствии с которыми могут развиваться лесопарки, входящие в ЛПЗП Москвы:

– сценарий 1 представляет собой постепенно превращение лесопарков в городские парки, проведение в них программ благоустройства, постепенную деградацию основных экосистемных функций и дальнейшее существование в качестве неотъемлемой части городского ландшафта;

– сценарий 2 предполагает сохранение лесопарков с преобладанием природоохранных функций и с минимальным преобразованием природной среды;

– сценарий 3 заключается в сохранении лесопарков с преобладанием рекреационных функций и с умеренной нагрузкой на природную среду.

Предложенные сценарии развития ЛПЗП Москвы могут быть использованы органами управления разных уровней в системе мониторинга для улучшения экологического состояния зеленой инфраструктуры городских территорий и создания комфортной среды проживания.

### Список литературы

1. *О разработке* проекта стратегии социально-экономического развития города Москвы на период до 2025 года : распоряжение Правительства Москвы №326-РП от 26.04.2011 г. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».

2. *Об охране* окружающей среды : федер. закон от 10.01.2002 №7-ФЗ (ред. от 31.07.2020). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. *Amal A. Greenbelts to Contain Urban Growth in Ontario, Canada: Promises and Prospects // Planning Practice and Research. 2008. Vol. 23. №4.2. <https://doi.org/10.1080/02697450802522889>.*

4. *Howard E. Garden Cities of Tomorrow. L. : S. Sonnenschein & Co., Ltd, 1902.*

5. *Fahrig L. Ecological Responses to Habitat Fragmentation Per Se // Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. 2017. 48: 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022612>.*



6. *Виноградов В.А., Солдатова Л.В., Тайбаков А.А.* Отдельные аспекты реализации конституционных прав на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду // *Общество и право*. 2017. №4. С. 203–207.

7. *Глазычев В.Л.* Социально-экологическая интерпретация городской среды. М.: Наука, 1984.

8. *Зиновьева О.А.* Современные тенденции правового регулирования защиты зеленых насаждений в городах федерального значения Российской Федерации // *Вестник Университета имени О.Е. Кутафина*. 2019. №1. С. 129–136. <https://doi.org/10.17803/2311-5998.2019.53.1.129-136>.

9. *Иванова Н.С., Золотова Е.С., Петрова И.В.* Новый междисциплинарный подход к изучению структуры и динамики лесных экосистем // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2013. №2. С. 14–17.

10. *Каргалов В.В.* Засечные черты и их роль в обороне Русского государства в XVI–XVII вв. // *Военно-исторический журнал*. 1986. №12. С. 61–67.

11. *Кедров А.В., Тарасов А.В.* Классификация лесной растительности методом нейронных сетей. *Вестник Пермского национального исследовательского поли-технического университета // Электротехника, информационные технологии, системы управления*. 2017. №22. С. 44–54.

12. *Коротков С.А.* Теоретические проблемы устойчивости леса // *Лесной вестник*. 2015. №4. С. 26–31.

13. *Коротков П.А., Трубянов А.Б.* Оценка экологической эффективности крупных городов в условиях быстрой урбанизации // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2014. №102. С. 1072–1098.

14. *Кузнецов С.О.* Власть и Генеральный план реконструкции Москвы (1930-начало 1950-х гг.) // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2019. №4 (49). С. 28–46.

15. *Лузян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В.* Спутниковое картографирование растительного покрова России. М.: ИКИ РАН, 2016.

16. *Родоман Б.Б.* Некоторые пути сохранения биосферы при урбанизации // *Вестник Московского университета. Сер.: География*. 1971. №3. С. 92–94.

17. *Рожков А.А., Козак В.Т.* Устойчивость лесов. М.: ВО Агропромиздат, 1989.

18. *Рысин Л.П., Рысин С.П.* Перспективы развития урболесоведения в России // *Лесной вестник*. 2007. №4. С. 45–49.

19. *Скобелкин О.В.* Южный фронт России на рубеже 60–70-х гг. XVI в // *Вестник Тамбовского университета. Сер.: Гуманитарные науки*. 2013. №10 (126). С. 43–48.

20. *Содномов Б.В., Аюржанаев А.А., Цыдыпов Б.З., Гармаев Е.Ж.* Оценка антропогенной нарушенности лесов по данным MODIS NDVI (на примере Заиграевского лесничества, Республика Бурятия) // *Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии*. 2018. №11 (8). С. 902–908. <https://doi.org/10.17516/1999-494X-0112>.

21. *Сулейманова Ж.Р., Спицына Н.Т.* Влияние строительства гидротехнических сооружений на лесные экосистемы. // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2012. №3.

22. *Мозолевская Е.Г., Голубев А.В., Шарана Т.В., Денисова Н.Б.* Методы оценки состояния насаждений и негативной роли вредителей и болезней // *Лесной вестник = Forestry bulletin*. 2013. №3. С. 52–58.

23. *Москва – Париж: Природа и градостроительство / Гос. комитет РФ по жилищ. и строит. политике*; ред. Н.С. Краснощекова, В.И. Иванов. М.: Инкомбук, 1997.

24. *Мусинова Н.Н., Соколова С.В., Шапошников С.В.* Проблемы территориальной организации столичного мегаполиса и пути их решения // *Вестник университета*. 2012. №4. С. 125–130.



25. *Посохин М. В.* Город для человека. М. : Прогресс, 1980.
26. *Тихомиров М. Н.* Древнерусские города. М. : Государственное издательство политической литературы, 1956.
27. *Харченко Н. Н., Морковина С. С., Косиченко Н. Е., Скрынникова М. В.* Методический подход к созданию зеленого лесопаркового пояса городских агломераций // Лесотехнический журнал. 2017. №4 (28). С. 122–133. [https://doi.org/10.12737/article\\_5a3cf4403ea445.07775744](https://doi.org/10.12737/article_5a3cf4403ea445.07775744).
28. *Шкурлат А. В.* Интегральные индексы как инструмент управления региональным развитием // ЖУРНАЛ Российский внешнеэкономический вестник. 2021. №6. С. 58–69. <https://doi.org/10.24411/2072-8042-2021-6-58-69>.
29. *Якубов Х. Г.* Экологический мониторинг зеленых насаждений в крупном городе: (на примере г. Москвы) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2006.
30. *Москва* в Генеральном плане 1935 года // Институт Генплана Москвы. URL: [https://genplanmos.ru/publication/2020\\_06\\_22\\_moskva-v-genplane-1935-goda/](https://genplanmos.ru/publication/2020_06_22_moskva-v-genplane-1935-goda/) (дата обращения: 15.07.2023).
31. *Удовлетворенность* экологией Москвы и Санкт-Петербурга за год выросла // Superjob. URL: <https://www.superjob.ru/research/articles/112514/udovletvorennost-ekologiej-moskvu-i-sankt-peterburga-za-god-vyroslo> (дата обращения: 13.09.2023).
32. *London Green Belt Council* : [официальный сайт]. URL: <https://londongreenbeltcouncil.org.uk/> (дата обращения: 13.09.2023).
33. *Экологическая ситуация*: мониторинг. Опрос ВЦИОМа от 9 марта 2023 года. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/ehkologicheskaja-situacija-v-rossii-monitoring-20230309> (дата обращения: 13.09.2023).

#### Об авторах

Илья Андреевич Забелин — магистрант, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Россия.

E-mail: [ilya99z@yandex.ru](mailto:ilya99z@yandex.ru)

Елена Ильинична Голубева — д-р биол. наук, проф., Географический факультет Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Россия.

E-mail: [egolubeva@gmail.com](mailto:egolubeva@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-9595-5974>

*I. A. Zabelin, E. I. Golubeva*

#### PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE FOREST PARK PROTECTIVE BELT OF MOSCOW

Department of Environmental Management of the Geographical Faculty  
of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Received 01 August 2023

Accepted 28 September 2023

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-1

**To cite this article:** Zabelin I. A., Golubeva E. I., 2023, Prospects for the development of the forest park protective belt of Moscow, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 5–23. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-1.



*The article considers the forest-park protective belt (FPPB) of Moscow and briefly outlines the stages of the development of the concept of the forest-park belt and the FPPB of Moscow in accordance with the city's master development plans. To assess its current state, a system of indicators is proposed, based on which an integrated index is calculated. A detailed analysis of the indicators and the integrated index has been conducted, allowing for the identification of three most probable scenarios for the further development of different parts of the forest-park protective belt of Moscow.*

**Keywords:** Ecology of the city, Moscow agglomeration, ecological functions, forest park protective belt, integrated assessment, development scenarios

#### The authors

Ilya A. Zabelin, student, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.  
E-mail: [ilya99z@yandex.ru](mailto:ilya99z@yandex.ru)

Prof. Elena I. Golubeva, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.  
E-mail: [egolubeva@gmail.com](mailto:egolubeva@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0001-9595-5974>

**В. М. Маряхин, В. И. Часовский**

**СЕВЕРНЫЕ ГОРОДА РОССИИ:  
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ**

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

Поступила в редакцию 22.08.2023 г.

Принята к публикации 27.09.2023 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-2

24

**Для цитирования:** *Маряхин В. М., Часовский В. И.* Северные города России: географические особенности и современные подходы к исследованию // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер. Естественные и медицинские науки. 2023. №3. С. 24 – 39. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-2.

*В современной научной литературе отсутствуют четкие формулировки понятий «Арктический город», «город Крайнего Севера» и «Северный город». Во многом это объясняется расплывчатыми границами между территориями Севера и Арктики. В рамках данного исследования были рассмотрены основные подходы к определению границ Севера и произведен сравнительный анализ северных городов, находящихся в Арктической зоне РФ, районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях с целью выяснения возможности установления в условиях современного районирования Севера четких границ между заданными понятиями и определения их специфики. Были проанализированы все северные населенные пункты со статусом города и проведена их группировка на основе территориальных особенностей, природно-климатических условий и экономической специализации. Также была поставлена проблема дополнительного районирования или кластеризации северных территорий с учетом современной экономической ситуации.*

**Ключевые слова:** Крайний Север, Арктика, город, Арктическая зона, Север, экономическая специализация

### **Введение**

В последние годы Правительством РФ намечен четкий вектор на развитие и освоение северных и арктических территорий РФ. Это подтверждается и выделением Арктической зоны Российской Федерации [12], и обновлением перечня территорий, относящихся к районам Крайнего Севера и местностям, приравненным к ним [13]. В связи с этим появляется все больше исследователей, занимающихся изучением данных территорий. Но многие из них выделяют одну и ту же проблему – отсутствие четкого разграничения понятий «Север», «Арктика» и «Крайний Север». Н. Ю. Замятина отмечает, что данные понятия используются в научной литературе в зависимости от контекста исследо-



вания и традиций отдельных научных отраслей [8]. В.Г. Логинов указывает на исключительную сложность проведения четкой южной границы данных территорий [11]. В.В. Фаузер высказывается о необходимости по-новому взглянуть на территорию Севера и определить его границы на основе современных, динамично меняющихся факторов [20].

Отсюда вытекает и проблема определения базовых понятий городов, находящихся на выделяемых территориях [5]. Отличаются ли северные города от арктических или находящихся на Крайнем Севере? Имеют ли каждые из этих городов собственную специфику или нет? И возможно ли вообще провести четкую границу между этими понятиями в условиях нынешнего районирования Севера? Все эти вопросы пока что не имеют четкого ответа и единого мнения по ним. К тому же стоит отметить, что в настоящее время практически отсутствуют комплексные исследования северных городов, пытающиеся определить их понятийный аппарат, сходства, различия и общую специфику. Среди недавних исследований можно упомянуть лишь статью Е.А. Архангельской и Т.Н. Гаврильевой, где рассматривались особенности северных городов России, США, Канады и Норвегии [6], а база исследования (93 города российского Севера) создавалась только на основе положения исследуемых городов севернее 55-й параллели. В связи с ограниченностью исследований по данной тематике нам важно провести комплексное исследование северных городов с учетом той «законодательной базы Севера», которая существует в настоящее время, и попытаться определить их специфику. Поэтому целью данного исследования является определение сходств и различий городов, находящихся в районах Крайнего Севера и приравненных к нему местностей, а также арктических городов, учитывая их климатические, территориальные и экономические особенности.

### Методология исследования

Исследование представляет собой сравнительно-статистический анализ показателей природно-климатических условий, территориальных особенностей и экономической специализации северных городов РФ и состоит из четырех основных этапов.

1. На первом этапе рассматривались подходы к определению границ территорий Арктики, Крайнего Севера и Севера на основе государственных документов и научных исследований. Подбиралась база городов, подходящих под цели исследования.

2. На втором этапе сравнивались природно-климатические условия в исследуемых городах на основании данных о среднегодовых температурах с ресурса «climate-data.org», расположения относительно области распространения многолетней мерзлоты и районирования по природным условиям жизни населения.

3. На третьем этапе сравнивались и определялись закономерности в распределении экономической специализации в северных городах на



основании данных Государственной информационной системы промышленности и исследования 250 крупнейших промышленных центров России.

4. На четвертом этапе проводилась группировка северных городов на основании их хозяйственной специализации, определенной особенностями географического положения и природно-ресурсным потенциалом территории.

## Результаты исследования

### *Территориальные особенности Арктики, Крайнего Севера и Севера*

26

Чтобы определиться с тем, какие города подходят для целей исследования, стоит разобраться с подходами к определению территорий, на которых они находятся. Начать сравнение стоит с территориального признака. В рамках исследования северных городов мы говорим о трех территориальных концепциях – Арктика, Крайний Север и Север.

В настоящее время под Арктикой большинство исследователей подразумевают Арктическую зону РФ, закрепленную официальным документом [12]. Поэтому арктическими городами принято считать те населенные пункты, которые находятся в Арктической зоне РФ. К ним относятся 44 населенных пункта со статусом города [2]. Важно заметить, что территория Арктической зоны РФ полностью находится в пределах районов, относящихся к Крайнему Северу, поэтому все арктические города по сути являются и городами Крайнего Севера.

Территория самого Крайнего Севера и местностей, приравненных к нему, также закреплена официальным постановлением Правительства РФ [13]. К ней относятся территории 24 субъектов РФ (13 полностью и 11 частично). Опираясь на данное постановление, можно сказать, что к районам Крайнего Севера относятся всего 139 городов.

В отличие от понятий «Арктика» и «Крайний Север» понятие «Север» является более абстрактным, так как не подкреплено никакими официальными документами. Многие исследователи трактуют его по-разному. Например, физико-географы М. Ю. Бардин и О. Н. Липка подразумевают под этим понятием территорию с суровыми природно-климатическими условиями, находящуюся севернее Полярного круга [3]. Представители социально-экономической географии придерживаются другого подхода. В. Н. Лаженцев относит к Северу территорию Арктики и Крайнего Севера с приравненными к нему местностями, существующими в настоящий момент [10], аналогично рассматривают это понятие В. В. Фаузер, А. В. Смирнов и Т. С. Лыткина [21], а также Т. П. Скуфьина и В. П. Самарина [18]. При этом Крайний Север В. Н. Лаженцев делит еще на две составляющие: Дальний Север (районы Крайнего Севера без Арктики) и Ближний Север (местности, приравненные к районам Крайнего Севера). С. В. Славин, выделяя понятие «Советский Север», говорил о территории, которая практически повторяет границы Крайнего Севера и приравненных к нему местностей на 1960 г., но подчеркивал, что может существовать несколько концептуальных под-

ходов к определению понятия «Север» [16], такую точку зрения разделяет и А. Штаммлер-Госман в своих исследованиях пространства Севера [22]. Это подтверждается пространственными локализациями, представленными и другими авторами. Например, П.И. Коха, учитывающая особенности эксплуатации машин в суровых климатических условиях, включал в территории Севера Новосибирскую и Кемеровскую области [19].

До 2021 г. можно было сказать, что понятие «Север» было юридически закреплено в перечне районов Крайнего Севера и приравненных к нему местностей. Но в постановлении от 16 ноября 2021 г. № 1946 данная формулировка пропала [13]. Такое развитие событий следует считать логичным, так как территория районов Крайнего Севера после присоединения к ней в 1990-е гг. территорий субъектов, находящихся у южных границ РФ, перестала быть сплошной и вышла за рамки того понятия «Север», которое закладывали авторы первого постановления о Крайнем Севере в 1930-х гг. [17].

В связи с невозможностью на современном этапе развития географической науки унифицировать понятие «Север», а также четко разделить города на три группы – города Арктики, Крайнего Севера и Севера, авторами данного исследования было принято решение придерживаться подхода В.Н. Лажнецова, который выделяет города Арктической зоны РФ (Арктики), Ближнего Севера и Дальнего Севера (рис. 1). Такой подход выбран с целью разграничения городов Арктической зоны и оставшихся городов, находящихся в районах Крайнего Севера и не входящих в Арктическую зону.

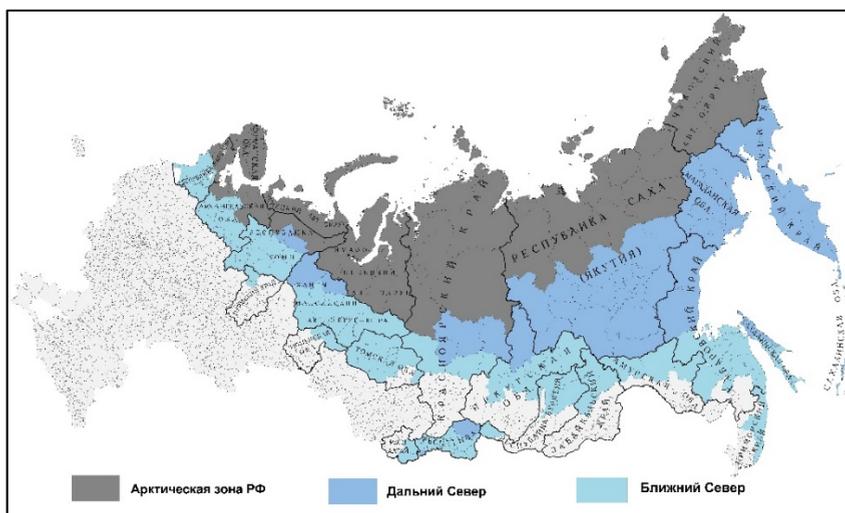


Рис. 1. Территориальные границы Арктической зоны РФ, Ближнего и Дальнего Севера

Составлено на основе данных: [10–13].

Таким образом, в рамках данного исследования рассматриваются 139 городов 20 субъектов РФ, из которых 44 — города Арктики, 21 — Дальнего Севера и 74 — Ближнего Севера (рис. 2).

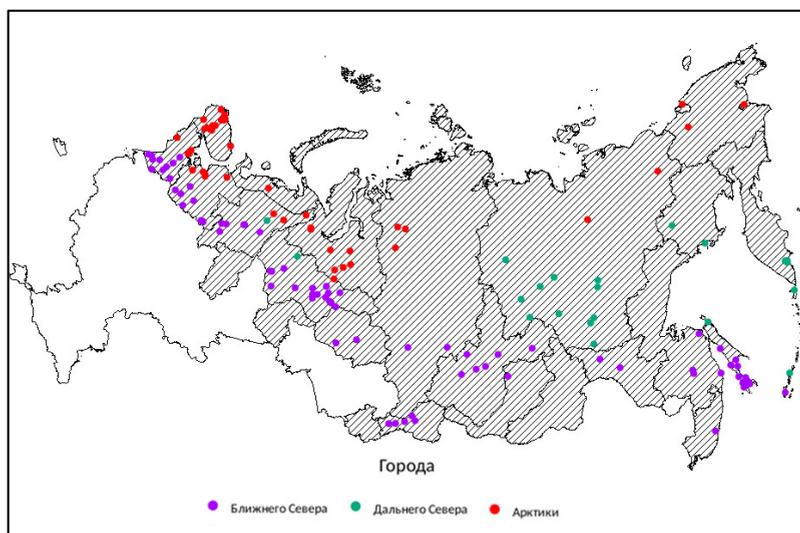


Рис. 2. Карта городов Арктики, Ближнего Севера и Дальнего Севера (границы РФ представлены на 01.01.2022)

Составлено на основе данных: [10–13].

Говоря о территориальных особенностях городов Арктики, стоит отметить, что только 15 городов (34 %) находятся на побережье морей Северного Ледовитого океана. Также более половины городов (28) расположены в Европейской части страны. Все города Арктической зоны находятся к северу от 63° до 69° северной широты.

Города Дальнего Севера наоборот преимущественно расположены в Азиатской части РФ (20 из 21), между 45° и 66° северной широты. К побережью морей Тихого океана выходит только 6 городов.

Города Ближнего Севера находятся преимущественно в Азиатской части страны (50 городов), между 44° и 64° северной широты. На побережье морей Тихого океана располагаются 14 городов.

Можно сказать, что большая часть всех северных городов находится в Азиатской части РФ (62 %), а на побережье морей расположены 35 городов (25 %).

### *Природно-климатические условия в городах Арктики, Ближнего Севера и Дальнего Севера*

Определившись с предметом исследования, методологическим инструментарием, информационной базой, исследуем северные города России и проведем их сравнительную характеристику с учетом особенностей географического положения и природно-климатических условий (табл. 1). За критерии сравнения взяты показатели среднегодовой температуры воздуха в городах, факт нахождения в зоне распростране-



ния многолетней мерзлоты, осложняющей развитие растениеводства и строительства, а также положение относительно районирования по природным условиям жизни населения (рис. 3).

Таблица 1

**Сравнение природно-климатических особенностей в городах Арктики,  
Дальнего Севера и Ближнего Севера**

Показатель	Арктика	Дальний Север	Ближний Север
Среднегодовая температура (медианное значение), °С	-0,4	-4,9	+0,9
Диапазон среднегодовых температур, °С	-10,8 ... +3,9	-12,2 ... +2,9	-4,7 ... +5,0
Количество городов в зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты	19 (43%)	14 (67%)	21 (28%)
<i>Нахождение в зонах по природным условиям жизни</i>			
Абсолютно неблагоприятная	2	0	0
Очень неблагоприятная	14	1	0
Неблагоприятная	4	10	0
Условно неблагоприятная	24	10	56
Условно благоприятная	0	0	7
Благоприятная	0	0	11

29

Источник: составлено по [3; 4; 9; 15].

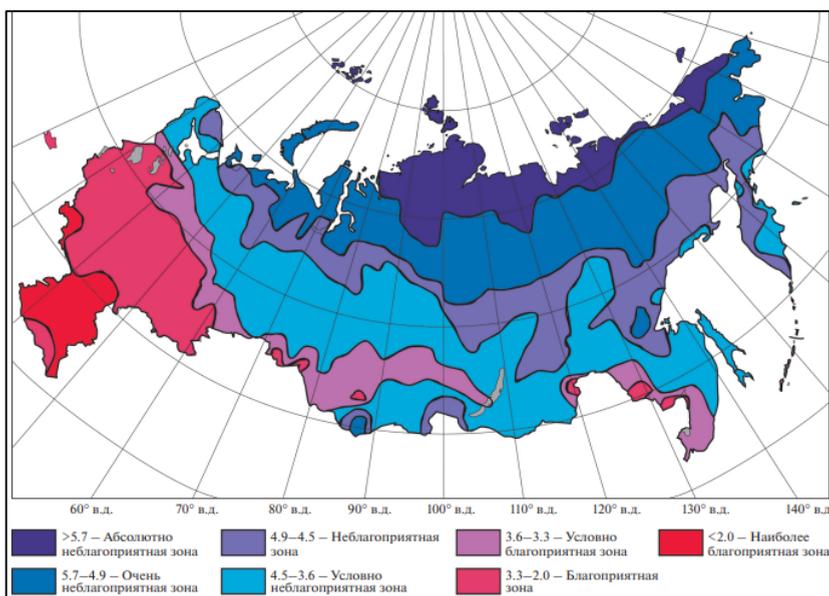


Рис. 3. Районирование территории РФ по природным условиям жизни населения

Источник: [4].

Сравнение данных о средних температурах говорит о том, что самыми «холодными» являются города Дальнего Севера, что объясняется

их нахождением по большей части в условиях резко континентального климата и котловинного рельефа (в основном речь идет о городах, находящихся в Республике Саха (Якутия)). Наибольшие средние температуры зафиксированы в городах Ближнего Севера, в основном расположенных на побережье морей Тихого океана (Невельск, Анива, Корсаков) и в Республике Карелия (Олонец, Лахденпохья, Питкяранта). Фактор многолетней мерзлоты также играет большую роль в хозяйстве городов Дальнего Севера и Арктики, а в городах Ближнего Севера его влияние существенно ниже.

Если рассматривать города с позиции районирования по природным условиям жизни, то наименее благоприятными для жизни являются города Арктической зоны, особенно это касается городов Верхоянска и Певека, находящихся в «абсолютно неблагоприятной» зоне. Города Дальнего Севера преимущественно расположены в «неблагоприятной» и «условно неблагоприятной» зонах, а города Ближнего Севера в «условно неблагоприятной» зоне. Стоит отметить и тот факт, что многие города Карелии, относящиеся к Ближнему Северу, находятся в «благоприятной» зоне, а также имеют достаточно высокие среднегодовые температуры (+3,5–5 °С) (рис. 4). Подобные природные условия во многом сопоставимы с природными условиями городов Центральной России, Южного Урала и Юга Западно-Сибирской равнины, которые далеки от границ Крайнего Севера [4; 9]. Это обстоятельство ставит под вопрос сам факт нахождения данных городов в перечне местностей, приравненных к районам Крайнего Севера.

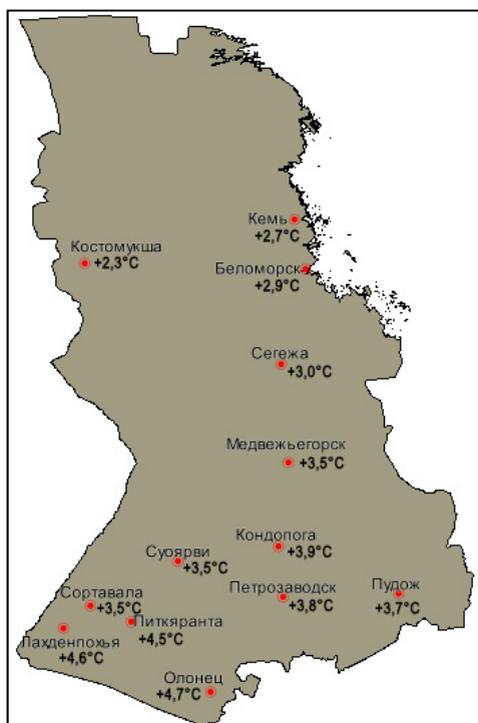


Рис. 4. Среднегодовые температуры в городах Республики Карелия  
Составлено на основе данных: [9].



### Специализация городов Арктики, Ближнего Севера и Дальнего Севера

Если рассматривать исследуемые города с точки зрения их экономической специализации, то здесь прослеживаются общие тенденции, хотя присутствуют и некоторые отличия. Среди общих тенденций стоит отметить, что большой процент в экономике регионов занимает добыча полезных ископаемых, в том числе энергоресурсов (в основном нефти и газа), а также добыча и обогащение рудного сырья, среди которого преобладают добыча золота и переработка цветных металлов. Для городов Арктической зоны сырьевые отрасли составляет 41 % (по 20,5 % приходится на добычу энергоресурсов и рудного сырья), в городах Дальнего Севера – 62 % (29 % – энергоресурсы, 33 % – рудное сырье) и в городах Ближнего Севера – 40 % (31 и 9 % соответственно).

В городах Арктической зоны также большой удельный вес занимают города – военно-морские базы: Гаджиево, Североморск, Полярный, Заозёрный, Снежногорск (14 %), а также порты: Мурманск, Кандалкша, Певек, Мезень, Анадырь и т. д. (18 %) (рис. 5). Это объясняется в первую очередь обширным выходом данной территории к морям Северного Ледовитого океана. Эти города решают задачи геополитического и геостратегического характера.

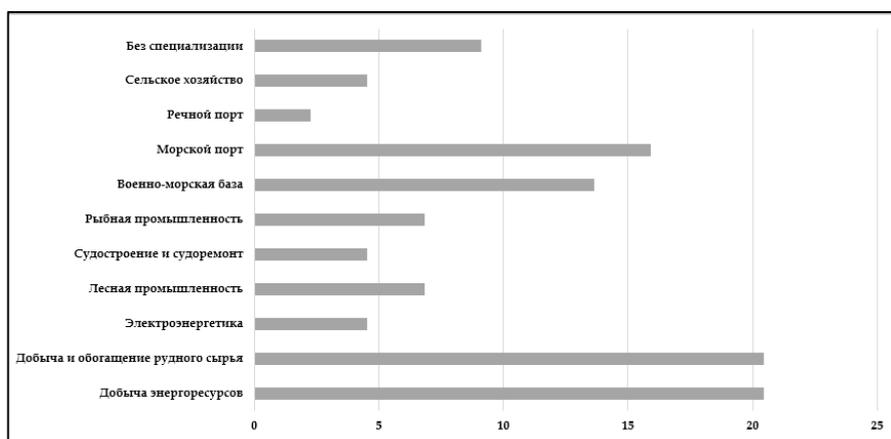


Рис. 5. Доля видов экономической специализации городов Арктики, %

Составлено на основе данных: [1; 7].

В городах Дальнего Севера на первый план также выходят отрасли специализации, связанные с выходом городов к побережью морей Тихого океана (рис. 6). Здесь можно отметить города, специализирующиеся на рыбной промышленности (Елизово, Курильск, Северо-Курильск), а также судостроении и судоремонте (Вилочинск, Петропавловск-Камчатский).

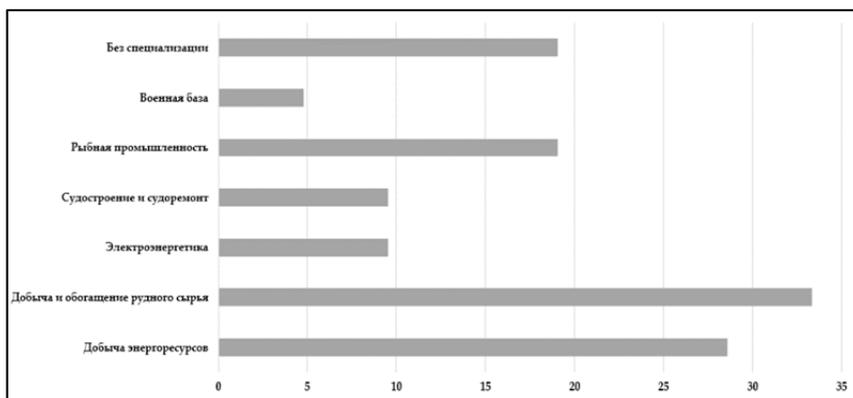


Рис. 6. Доля видов экономической специализации городов Дальнего Севера, %

Составлено на основе данных: [1; 7].

В городах Ближнего Севера «морские» отрасли не имеют большой доли в экономике, здесь лидирует лесная промышленность — 34 % (Кондопога, Сегежа, Котлас, Коряжма, Амурск и т.д.) (рис. 7). Это связано с тем, что большая часть городов Ближнего Севера находится внутри континента и расположена в природной зоне тайги — главном «поставщике» сырья для лесной промышленности страны. Также стоит отметить высокий удельный вес городов, специализирующихся на переработке и транспортировке нефти и газа (города ХМАО, Ухта, Стрежевой, Кедровый, Комсомольск-на-Амуре и т.д.). Предприятия обычно находятся в местах добычи данных ресурсов, особенно это свойственно для городов Западной Сибири.

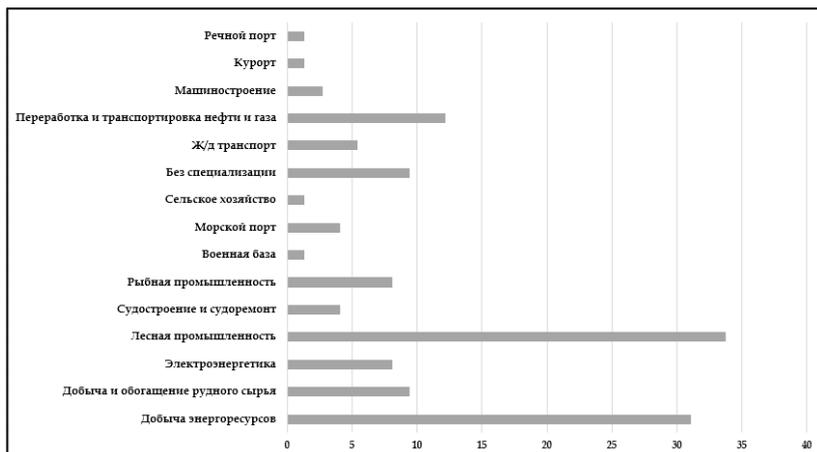


Рис. 7. Доля видов экономической специализации городов Ближнего Севера, %

Составлено на основе данных: [1; 7].



Также стоит отметить, что северные города, особенно те, которые были основаны в эпоху индустриализации СССР, являются по сути населенными пунктами, обслуживающими преимущественно одно градообразующее предприятие. Поэтому на Севере много населенных пунктов, входящих в перечень моногородов [13]. Из 139 рассматриваемых нами городов 30 входят в данный перечень, из них арктических городов – 13 (Ковдор, Мончегорск, Костомукша, Северодвинск, Норильск и т.д.), городов Дальнего Севера – 4 (Мирный, Нерюнгри, Удачный, Сусуман) и Ближнего Севера – 13 (Кондопога, Пудож, Емва, Усть-Илимск, Тында и т.д.). Если посмотреть на реальную картину, без учета официального перечня, то к таким городам можно отнести практически половину из рассматриваемых.

При анализе экономической специализации исследуемых населенных пунктов невозможно провести четкие границы между выбранными группами городов ввиду их разной роли и характера исторического развития. Между тем на основе полученных данных можно проследить, как меняется доминирующая специализация в регионах в зависимости от территориального положения (рис. 8). Так, «морские» отрасли, характерные для северных территорий, при движении с севера на юг сменяются предприятиями электроэнергетики и лесной промышленности. А преобладающие на западных территориях добыча энергоресурсов и лесная промышленность к востоку сменяются добычей рудных полезных ископаемых и рыбной промышленностью. Также стоит отметить, что в целом экономическая диверсификация в северных городах достаточно низкая, а некоторые из них (13 городов) и вовсе не имеют какой-либо специализации.



Рис. 8. Доминирующая экономическая специализация в городах Арктики, Ближнего и Дальнего Севера (границы РФ представлены на 01.01.2022)

Составлено на основе данных: [1; 7].



### Группировка северных городов

С помощью полученных данных о территориальных особенностях, природно-климатических условиях и экономической специализации можно выделить общие тренды для рассматриваемых групп северных городов. Так, арктические города можно охарактеризовать как городские населенные пункты, находящиеся между 63° и 69° северной широты, с диапазоном среднегодовых температур от -10,8°С до +3,9°С, специализирующиеся на добыче полезных ископаемых и их транспортировке морским транспортом по Северному морскому пути. Города Дальнего Севера – это населенные пункты между 45° и 66° градусами северной широты, с диапазоном среднегодовых температур от -12,2°С до +2,9°С, преимущественно расположенные в области сплошного распространения многолетней мерзлоты и специализирующиеся на добыче полезных ископаемых (золота, нефти, газа и угля). Города Ближнего Севера – города между 44° и 64° северной широты, с диапазоном среднегодовых температур от -4,7°С до +5,0°С, специализирующиеся на выпуске продукции лесной промышленности, добыче нефти и газа и их переработке.

В представленных характеристиках выделяются довольно значительные пересечения, поэтому установить какие-то более конкретные понятия для рассматриваемых групп городов и провести четкую границу между ними в настоящее время не представляется возможным. В то же время на основе рассматриваемых критериев и генерализации информации можно предложить следующую группировку северных городов (табл. 2, рис. 9).

Таблица 2

#### Группировка северных городов по хозяйственной специализации

Группа	Специализация	Название
I	Военно-морские базы	Вилочинск, Гаджиево, Заозёрск, Островной, Полярный, Североморск, Снежногорск
	Портовые	Анадырь, Дудинка, Игарка, Мезень, Нарьян-Мар, Невельск, Николаевск-на-Амуре, Певек, Советская Гавань
	Центры рыбной промышленности	Анива, Беломорск, Елизово, Корсаков, Курильск, Поронайск, Северо-Курильск, Томари, Холмск
	Центры судостроения и судоремонта	Северодвинск
II	Многоотраслевые	Алдан, Амурск, Архангельск, Братск, Канда-лакша, Кодинск, Колпашево, Комсомольск-на-Амуре, Котлас, Магадан, Мурманск, Петрозаводск, Петропавловск-Камчатский, Печора, Сургут, Сыктывкар, Южно-Сахалинск



Группа	Специализация	Название
III	Центры добычи и переработки полезных ископаемых	Белоярский, Бодайбо, Вилуйск, Воркута, Губкинский, Железногорск-Илимский, Инта, Когалым, Лангепас, Ленск, Лянтор, Мегион, Мирный (Якутия), Муравленко, Надым, Нерюнгри, Нефтеюганск, Нижневартовск, Новый Уренгой, Норильск, Ноябрьск, Нягань, Покачи, Сусуман, Тарко-Сале, Томмот, Удачный, Усть-Кут
	Центры производства электроэнергии	Билибино, Зея, Полярные Зори, Усть-Илимск
IV	Центры добычи и переработки полезных ископаемых	Ак-Довурак, Апатиты, Вуктыл, Дальнегорск, Заполярный, Кедровый, Кировск, Ковдор, Костомукша, Кызыл, Мончегорск, Оленегорск, Оха, Пыть-Ях, Радужный, Сосногорск, Стрежевой, Углегорск, Урай, Усинск, Ухта, Ханты-Мансийск, Югорск
	Центры лесной промышленности	Вельск, Емва, Енисейск, Кондопога, Коряжма, Лахденпохья, Макаров, Медвежьегорск, Новодвинск, Онега, Питкяранта, Пудож, Сегежа, Советский, Суоярви, Шенкурск
V	Города, не имеющие значимой промышленной специализации	Александровск-Сахалинский, Долинск, Каргополь, Кемь, Кола, Лабытнанги, Нюрба, Олёкминск, Покровск, Салехард, Сортавала, Туран, Чаган, Шагонар, Якутск
	Центры сельского хозяйства и народных промыслов	Верхоянск, Олонец, Среднеколымск
	Города-курорты	Сольвычегодск
	Транспортные центры	Киренск, Микунь, Нянда, Северобайкальск, Тында
	Военные базы	Мирный (Архангельская область)

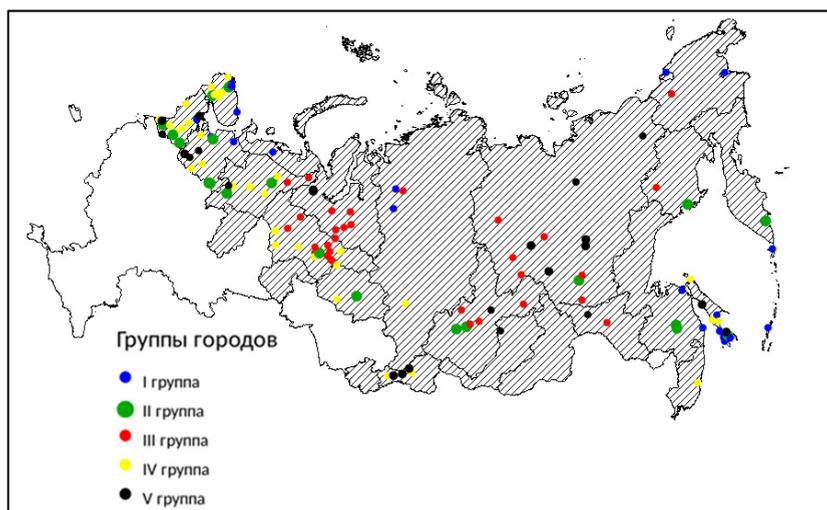


Рис. 9. Группировка северных городов (границы РФ представлены на 01.01.2022)



В I группу вошли 26 городов, находящихся на побережье морей Северного Ледовитого и Тихого океана и специализирующихся исключительно на морских отраслях (военно-морские базы, морские порты, центры рыбной промышленности и центры судостроения).

Во II группе находятся 17 городов, имеющих две и более экономические специализации и являющихся своеобразными центрами притяжения в своих регионах.

К III группе отнесен 31 город с одной значимой промышленной специализацией (монопрофильный), с наиболее суровыми природно-климатическими условиями, то есть находящийся в зоне распространения многолетней мерзлоты и имеющий среднегодовую температуру ниже  $-1^{\circ}\text{C}$ .

В IV группу вошли 40 монопрофильных промышленных центров, находящихся в условиях отсутствия многолетней мерзлоты и имеющих среднегодовую температуру выше  $-1^{\circ}\text{C}$ .

К V группе относятся 25 городов, не имеющих значимой промышленной специализации или тех, которые специализируются не на промышленном производстве: сельскохозяйственные центры, города-курорты, континентальные военные базы и транспортные центры.

### Выводы

В ходе исследования нами были проанализированы 139 городов 20 субъектов РФ, из которых 44 — города Арктики, 21 — Дальнего Севера и 74 — Ближнего Севера. Если рассматривать эти города с позиции районирования по природным условиям жизни, то наименее благоприятными для жизни являются города Арктической зоны, находящиеся в «абсолютно неблагоприятной» зоне. Города Дальнего Севера преимущественно расположены в «неблагоприятной» и «условно неблагоприятной» зонах, а города Ближнего Севера в «условно неблагоприятной» зоне. Стоит отметить и тот факт, что многие города Карелии, относящиеся к Ближнему Северу, находятся в «благоприятной» зоне. Это обстоятельство ставит под вопрос сам факт нахождения данных городов в перечне местностей, приравненных к районам Крайнего Севера.

При изучении современных научных географических материалов, посвященных исследованиям северных территорий, подтвердилось предположение о том, что в настоящее время границы между территориями Арктики, Дальнего и Ближнего Севера по-прежнему остаются достаточно размытыми. Это говорит о том, что Российский Север нуждается в дополнительном изучении современной социально-экономической ситуации, проведении кластеризации, на основе которой возможно осуществление отраслевого и интегрального районирования с выделением соответствующих границ.

В результате исследования были рассмотрены все северные населенные пункты со статусом города и проведена их группировка по хозяйственной специализации с выделением пяти различающихся групп. Предложенная нами группировка северных городов в перспективе может стать одним из основных критериев в типологии северных городов.



## Список литературы

1. 250 крупнейших промышленных центров России. URL: <http://urbanica.spb.ru/research/ratings/250-krupnejshih-promyshlennyh-tsentrov-rossii-top-250-2010/?ysclid=llw5xvycv9925055708> (дата обращения: 13.08.2023).
2. АНО «Информационно-аналитический центр Государственной комиссии по вопросам развития Арктики». Опорные населенные пункты Российской Арктики : материалы предварительного исследования [б. м.]: [б. и.], 2022.
3. Бардин М.Ю., Липка О.Н. Возможные критерии отнесения территорий РФ к районам Крайнего Севера и приравненным к ним (физико-географический и климатический аспекты) // Экологический мониторинг и моделирование экосистем. 2021. Т. 32, №1-2. С. 130 – 142.
4. Виноградова В.В. Районирование России по природным условиям жизни населения с учетом экстремальных климатических событий // Известия Российской академии наук. Сер. географическая. 2021. Т. 85, №1. С. 5 – 13. <https://doi.org/10.31857/S2587556621010167>.
5. Волосникова Е.А. «Северный город»: новая трактовка понятия // Социум и власть. 2011. №2 (30). С. 19 – 23.
6. Гаврильева Т.Н., Архангельская Е.А. Северные города: общие тренды и национальные особенности // ЭКО. 2016. №3 (501). С. 63 – 79.
7. Государственная информационная система промышленности. URL: <https://gispr.gov.ru> (дата обращения: 15.08.2023).
8. Замятина Н.Ю. Северный город-база: особенности развития и потенциал освоения Арктики // Арктика: экология и экономика. 2020. №2 (38). С. 4 – 17. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2020-2-4-17>.
9. Климатические данные городов по всему миру URL: <https://ru.climate-data.org/> (дата обращения: 20.08.2023).
10. Лаженцев В.Н. Социально-экономическое пространство и территориальное развитие Севера и Арктики России // Экономика региона. 2018. Т. 14, вып. 2. С. 353 – 365. <https://doi.org/10.17059/2018-2-2>.
11. Логинов В.Г. Объект и границы Севера и Арктики // Журнал экономической теории. 2012. №3. С. 162 – 165.
12. О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации : указ Президента РФ от 02.05.2014 г. №296. URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201405050030.pdf> (дата обращения: 11.08.2023).
13. Об утверждении перечня районов Крайнего Севера и местностей, приравненных к районам Крайнего Севера, в целях предоставления государственных гарантий и компенсаций для лиц, работающих и проживающих в этих районах и местностях, признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и признании не действующими на территории Российской Федерации некоторых актов Совета Министров СССР : постановление Правительства РФ от 16 ноября 2021 г. №1946. URL: [http://static.government.ru/media/files/iZ4S29b1c3HF8pP\\_lvF1A5DEti3liCSay.pdf](http://static.government.ru/media/files/iZ4S29b1c3HF8pP_lvF1A5DEti3liCSay.pdf) (дата обращения: 11.08.2023).
14. Перечень монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моногородов) : распоряжение Правительства РФ от 29 июля 2014 г. №1398-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/41d4f68fb74d798eae71.pdf> (дата обращения: 19.08.2023).
15. Распространение вечномерзлых грунтов, глубин промерзания, оттаивания на территории России. URL: [https://climate-energy.ru/weather/map\\_frozen\\_earth.html](https://climate-energy.ru/weather/map_frozen_earth.html) (дата обращения: 20.08.2023).



16. Славин С.В. Промышленное и транспортное освоение Севера СССР : монография. М. : Экономиздат, 1961.

17. Славин С.В. Размещение производительных сил на Севере во втором пятилетнем плане // Проблемы Севера : тр. Первой всесоюзной конф. по размещению производительных сил Союза СССР. Т. 8. М. : Изд-во Общества изучения «Советской Азии», 1933. С. 11 – 65.

18. Социально-экономическое развитие Северо-Арктических территорий России / Е.А. Бажутова, А.А. Биев, Е.Е. Емельянова [и др.]. Апатиты : Кольский научный центр Российской академии наук, 2019.

19. Тараканов М.А. Эволюция пространственной локализации понятий «Крайний Север» и «Север» в России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2010. Т. 6, №26 (83). С. 32 – 41.

20. Фаузер В.В. Теоретические и концептуальные подходы к развитию Севера России // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2008. №4. С. 90 – 120.

21. Фаузер В.В., Смирнов А.В., Лыткина Т.С., Фаузер Г.Н. Вызовы и противоречия в развитии Севера и Арктики: демографическое измерение // Арктика: экология и экономика. 2022. Т. 12, №1. С. 111 – 122. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2022-1-111-122>.

22. Штаммлер-Госсман А. Что такое Север? Концепция российского пространства // Арктика XXI век. Гуманитарные науки. 2013. №1 (1). С. 30 – 52.

#### Об авторах

Владимир Михайлович Маряхин – аспирант, Балтийский федеральный университет им. И. Канга, Россия.

E-mail: v.maryahin@yandex.ru

Владимир Иванович Часовский – д-р геогр. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канга, Россия.

E-mail: prof.chasovsky@mail.ru

*V. M. Maryakhin, V. I. Chasovskii*

#### NORTHERN CITIES OF RUSSIA: GEOGRAPHICAL FEATURES AND MODERN APPROACHES TO RESEARCH

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 22 August 2023

Accepted 27 September 2023

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-2

**To cite this article:** Maryakhin V.M., Chasovskii V.I., 2023, Northern cities of Russia: geographical features and modern approaches to research, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 24 – 39. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-2.

*Contemporary scientific literature lacks clear formulations of the concepts «Arctic city», «city of the Far North», and «Northern city». This is largely due to the vague boundaries between the territories of the North and the Arctic. Within the framework of this study, the*



*main approaches to defining the boundaries of the North were considered, and a comparative analysis of northern cities located in the Arctic zone of the Russian Federation, Far North regions, and areas equated to them was conducted to determine the possibility of establishing clear boundaries between the specified concepts and defining their specificity in the conditions of modern zoning of the North. All northern settlements with city status were analyzed, and they were grouped based on territorial features, natural-climatic conditions, and economic specialization. The issue of additional zoning or clustering of northern territories, taking into account the modern economic situation, was also addressed.*

**Keywords:** Far North, Arctic, city, Arctic zone, North, economic specialization

#### The authors

Vladimir M. Maryakhin, postgraduate student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: v.maryahin@yandex.ru

Prof. Vladimir I. Chasovskii, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: prof.chasovsky@mail.ru

*Н. К. Теренина*

## ОПЫТ ОЦЕНКИ ЭТНИЧЕСКОЙ КОНТРАСТНОСТИ ГРАНИЦ РЕСПУБЛИК УРАЛО-ПОВОЛЖЬЯ

Псковский государственный университет, Псков, Россия

Поступила в редакцию 03.09.2023 г.

Принята к публикации 08.10.2023 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-3

40

**Для цитирования:** Теренина Н. К. Опыт оценки этнической контрастности границ республик Урало-Поволжья // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2023. №3. С. 40 – 50. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-3.

*Представлен опыт определения этнической контрастности границ республик Урало-Поволжья на основе методики, опирающейся на оценку межэтнической брачности между титульными народами республик и русским населением. Для этого в работе введен показатель, названный коэффициентом этнической контрастности, или коэффициентом Сороко. Расчет коэффициента опирается на оценку «межэтнических расстояний», определенных Е. Л. Сороко для пар основных народов, представленных в Урало-Поволжском регионе. В результате исследования было выявлено, что наиболее этнически контрастными в регионе являются границы Башкортостана (за исключением участка с Татарстаном), а наименее контрастными – границы Удмуртии, Чувашии и Мордовии с соседними русскими регионами. На этническую контрастность границ между республиками Урало-Поволжья в первую очередь влияет религиозный фактор, и своей наибольшей величины коэффициент Сороко достигает на границе Чувашии и Татарстана.*

**Ключевые слова:** этнос, межэтнические браки, этническая идентичность, ассимиляция, коэффициент этнической контрастности

### Введение

Важнейшими компонентами территориальной структуры этнокультурного пространства России вместе с «русским мегаядром» и национальными регионами являются этноконтактные зоны. В настоящее время разработана классификация этноконтактных зон по степени сложности их вертикальной компонентной структуры, но пока не найден показатель, который смог бы оценить степень выраженности этих зон. Этот показатель должен дать возможность количественно определить культурную близость/контрастность взаимодействующих этносов. Также благодаря ему можно будет оценить и степень этнической



контрастности различных политических и административных границ. В данной статье представлен опыт апробации такого показателя, названного коэффициентом этнической контрастности (или коэффициентом Сороко), на примере границ республик Урало-Поволжья.

**Целью исследования** является определение этнической контрастности границ республик Урало-Поволжья на основе методики, опирающейся на оценку межэтнической брачности между титульными народами республик и русским населением.

### Степень изученности проблемы

41

Для изучения этнически смешанных семей, в том числе заключения межэтнических браков, чаще всего используются социологические методы исследования. Во-первых, социологи концентрируют внимание на национальном самоопределении детей, рожденных в этнически смешанных семьях [1; 3; 4; 8]. Во-вторых, с опорой на материалы социологических опросов рассматриваются вопросы межэтнической брачности [2; 9; 18]. При изучении данной проблематики иногда используются также результаты переписей населения [5; 18].

Межэтническая брачность выступает в качестве одного из индикаторов ассимиляционных процессов в России [6]. В качестве второго индикатора данного процесса рассматривается языковая ассимиляция [11; 12; 19], за которой следует смена этнической идентичности [17]. Так, в работе Д. В. Житина [7] вводится «коэффициент этнолингвистической ассимиляции», служащий для сравнения значений ассимиляции различных этносов. В данном исследовании автором был рассчитан коэффициент этнолингвистической ассимиляции для представителей восьми этносов, проживающих в 28 субъектах Российской Федерации (19 регионах Центрального и Северо-Западного федеральных округов и 9 регионах Сибири и Дальнего Востока). Автор отмечает, что скорость ассимиляции зависит в том числе и от культурно-исторической дистанции взаимодействующих этносов.

Только в отдельных работах, например в статье А. Ю. Орлова [13], представлен опыт изучения этнической ассимиляции по совокупности статистических показателей, включающих межэтническую брачность, а также характеризующих смену языковой, а затем и этнической идентичности. На основе трех индикаторов, отмечающих ассимиляционные процессы (межэтнической брачности, возрастной структуры и показателей языковой ситуации), автором были выделены три типа титульных народов республик Приволжского федерального округа: 1) значительно ассимилируемые (мордва и удмурты); 2) незначительно ассимилируемые (марийцы и чувашаи); 3) практически неассимилируемые (татары и башкиры).

Что касается формирования этнических границ в Урало-Поволжском регионе, ранее нами было проведено исследование по изучению



подвижности этих границ (или шире, этноконтактных зон) на протяжении XIX в. по итогам ревизий населения и Первой всеобщей переписи населения Российской империи 1897 г. [16]. Также нужно отметить работу, где был осуществлен анализ изменения этнической структуры населения республик Урало-Поволжья по итогам всех переписей населения начиная с 1926 г. вплоть до 2010 г. [10].

### Методика и информационная база исследования

Вероятность контакта представителей двух народов в определенном регионе может быть рассчитана по формуле

$$P_{(A \text{ и } B)} = k \cdot 2 \cdot \pi_A \cdot \pi_B,$$

где  $\pi_A$  — удельный вес в населении региона народа  $A$ ,  $\pi_B$  — удельный вес в населении региона народа  $B$ ,  $k$  — поправочный коэффициент, отражающий «межэтнические расстояния» [15, с. 106].

Фактически по такой же формуле этнодемографами рассчитывается вероятность образования этнически смешанных семей [14; 21]. Поправочный коэффициент в данном случае отражает приоритеты и взаимные предпочтения при образовании этнически смешанной пары.

Расчет «межэтнических расстояний» впервые был осуществлен демографом Е.Л. Сороко на основе материалов переписи населения России 2010 г. [14; 21]. Для этого на основе микроданных переписи, с использованием новых средств формирования демографических таблиц была построена матрица этнически смешанных супружеских пар, охватывающая 11 народов России.

Единица измерения оценки межэтнических расстояний является безразмерной. Значение показателя ниже единицы свидетельствует о наличии предпочтений при формировании этнически смешанных семей, а значение свыше единицы — о существовании серьезных барьеров, которые препятствуют заключению межэтнических браков [14, с. 113].

Показатель, который количественно характеризует межэтнические расстояния, предлагаем назвать коэффициентом этнической контрастности (КЭК). Однако чтобы закрепить за Е.Л. Сороко авторство в расчете данного показателя можно предложить также его второе название — коэффициент Сороко (КС).

В матрице этнических комбинаций в супружеских парах, рассчитанных Е.Л. Сороко [14, с. 110], присутствуют русские, а также пять титульных народов республик Урало-Поволжья (татары, башкиры, чуваша, мордва и удмурты). Межэтнические расстояния (коэффициенты этнической контрастности/коэффициенты Сороко) были рассчитаны внутри почти всех пар данных народов за некоторым исключением. В таблице 1 представлена величина коэффициента этнической контрастности между народами по мере нарастания значения показателя.



Таблица 1

**Коэффициент этнической контрастности  
(«межэтнические расстояния», или коэффициент Сороко) между народами**

Пары народов	Величина коэффициента этнической контрастности (коэффициента Сороко)
Татары – башкиры	0,30
Русские – мордва	0,68
Русские – удмурты	0,71
Русские – чувашаи	0,75
Русские – татары	0,84
Русские – башкиры	1,55
Татары – чувашаи	1,81
Татары – удмурты	1,87
Башкиры – чувашаи	2,64
Татары – мордва	4,19

43

Источник: [14, с. 113, 114].

Так, в соответствии с оценкой межэтнической брачности самыми близкими народами Урало-Поволжья оказались татары и башкиры (КС=0,3). Достаточно низким является коэффициент этнической контрастности между русскими и титульными народами финно-угорских республик Урало-Поволжья, а также тюркоязычными чувашами, что объясняется общей традиционной религией – православием. Кроме того, меньше единицы составляет величина коэффициента Сороко между русскими и татарами (КС=0,84), и почти в два раза выше коэффициент между русскими и башкирами (КС=1,55). На это влияют, с одной стороны, различия в языке, традиционной религии и другие особенности культуры народов, а с другой – статус этносов внутри России. Так, например, более редкими являются межэтнические браки между самими представителями титульных народов республик Урало-Поволжья, хотя и в данном случае можно проследить влияние на величину показателя двух ключевых факторов – религиозной и языковой близости.

К сожалению, Е.Л. Сороко не включил в свой анализ марийцев и коми, поэтому осуществленные нами расчеты этнической контрастности границ ограничены только пятью республиками Урало-Поволжья, титульные народы которых представлены в матрице этнических комбинаций супружеских пар.

Расчеты этнической контрастности границ республик Урало-Поволжья опираются как на величину коэффициента Сороко по парам народов, так и на этническую структуру населения самих республик и смежных с ними регионов России. Коэффициент Сороко рассчитывался для каждого участка границ республик с соседними регионами. Для этого коэффициент этнической контрастности внутри пар народов



взвешивался по доле этих народов в населении субъектов Российской Федерации. Национальный состав населения республик и областей России рассчитывался по результатам переписи населения 2021 г., размещенным на сайте Population statistics of Eastern Europe & former USSR [20].

### Результаты исследования

В соответствии с итогами переписи населения Российской Федерации 2021 г. и с опорой на величину коэффициента этнической контрастности (коэффициента Сороко) внутри пар народов была рассчитана этническая контрастность границ с соседними регионами России пяти республик Урало-Поволжья: Башкортостана, Татарстана, Чувашии, Мордовии и Удмуртии.

Из-за большой величины коэффициента Сороко в паре «русские – башкиры» ( $KC=1,55$ ), этническая контрастность почти всех границ Республики Башкортостан превысила единицу (табл. 2). При этом максимальное значение коэффициента этнической контрастности пришлось на участок границы Республики Башкортостан со Свердловской областью ( $KC=1,206$ ), что объясняется наибольшей в этой области долей русских среди всех регионов, окружающих Башкортостан.

Таблица 2

**Коэффициент этнической контрастности границ Республики Башкортостан (по итогам переписи населения 2021 г.)**

Участки границы Республики Башкортостан с субъектами Российской Федерации	Величина коэффициента этнической контрастности (коэффициента Сороко)
Удмуртская Республика	1,169
Пермский край	1,193
Свердловская область	1,206
Челябинская область	1,187
Оренбургская область	1,178
Республика Татарстан	0,882

Величина коэффициента уменьшается по мере сокращения доли русских и нарастания доли башкир в населении соседних регионов. Наименьшая этническая контрастность ( $KC=0,882$ ) характеризует границу Башкортостана с Татарстаном благодаря низкому значению коэффициента Сороко в паре «башкиры – татары» ( $KC=0,3$ ). Тем не менее величина показателя на данном участке границы почти в три раза превышает коэффициент этнической контрастности внутри пары соседних народов, что связано со сложной этнической структурой населения как Башкортостана, так и Татарстана. В Республике Башкортостан по итогам переписи населения 2021 г. была высока доля трех этнических сообществ: русские составляли 37,49 %, башкиры – 31,52 %, татары – 24,21 %. В Республике Татарстан свыше половины населения составляли татары (53,57 %), вторую позицию занимали русские (40,34 %).



Заметно ниже этническая контрастность границ с соседними регионами Республики Татарстан (табл. 3). Наиболее этнически контрастной границей оказалась граница с Чувашией (КС=1,234), что объясняется достаточно большой величиной коэффициента Сороко в паре «татары – чувашаи» (КС=1,81). Эти народы хотя и характеризуются языковой близостью (относятся к тюркской группе алтайской семьи), но отличаются традиционной религией (соответственно ислам и православное христианство).

Таблица 3

**Коэффициент этнической контрастности границ Республики Татарстан  
(по итогам переписи населения 2021 г.)**

45

Участки границы Республики Татарстан с субъектами Российской Федерации	Величина коэффициента этнической контрастности (коэффициента Сороко)
Кировская область	0,837
Удмуртская Республика	0,988
Республика Башкортостан	0,882
Оренбургская область	0,878
Самарская область	0,884
Ульяновская область	0,961
Чувашская Республика	1,234

Этническая контрастность большинства других границ Республики Татарстан мало отличается от величины коэффициента Сороко в паре «татары – русские» (КС=0,84). Исключение составляют границы республики с Удмуртией и Ульяновской областью, где высока доля этнически контрастных с татарами народов (удмуртов, чувашей и мордвы).

Степень этнической контрастности границ Чувашской Республики (табл. 4), за исключением участка с Республикой Татарстан, определяется в первую очередь величиной коэффициента Сороко в паре «чувашаи – русские» (КС=0,75). Тем не менее сказывается и относительно более высокая степень контрастности чувашей с татарами, составляющими достаточно большой процент в населении соседних с Чувашией республик Урало-Поволжья.

Таблица 4

**Коэффициент этнической контрастности границ Чувашской Республики  
(по итогам переписи населения 2021 г.)**

Участки границы Чувашской Республики с субъектами Российской Федерации	Величина коэффициента этнической контрастности (коэффициента Сороко)
Республика Татарстан	1,234
Ульяновская область	0,878
Республика Мордовия	0,873
Нижегородская область	0,759



Достаточно низкой этнической контрастностью характеризуются границы Республики Мордовия (табл. 5). Коэффициент Сороко превышает единицу только на границе республики с Ульяновской областью, в населении которой высока доля татар (11,06 %). Именно в паре «мордва – татары» были выявлены самые высокие в Урало-Поволжском регионе межэтнические расстояния ( $KC=4,19$ ). В целом же более этнически контрастными являются южные границы Республики Мордовии, где в соседних регионах повышена доля татарского населения.

Таблица 5

**Коэффициент этнической контрастности границ Республики Мордовия  
(по итогам переписи населения 2021 г.)**

Участки границы Республики Мордовия с субъектами Российской Федерации	Величина коэффициента этнической контрастности (коэффициента Сороко)
Ульяновская область	1,080
Пензенская область	0,908
Рязанская область	0,699
Нижегородская область	0,734
Чувашская Республика	0,873

Таковую же пространственную закономерность можно наблюдать в степени этнической контрастности границ Удмуртской Республики (табл. 6). Наименее этнически контрастными являются границы республики с двумя северными русскими регионами – Кировской областью и Пермским краем. Более высокий коэффициент этнической контрастности характеризует южные границы Удмуртии, являющиеся одновременно и конфессиональными (православное христианство – ислам). Это границы с двумя другими республиками Урало-Поволжья – Башкортостаном и Татарстаном.

Таблица 6

**Коэффициент этнической контрастности границ Удмуртской Республики  
(по итогам переписи населения 2021 г.)**

Участки границы Удмуртской Республики с субъектами Российской Федерации	Величина коэффициента этнической контрастности (коэффициента Сороко)
Кировская область	0,763
Пермский край	0,781
Республика Башкортостан	1,169
Республика Татарстан	0,988

В представленной ниже картосхеме отображена степень этнической контрастности всех границ пяти республик Урало-Поволжья (исключение составляет Республика Марий Эл из-за отсутствия данных по марийцам) (рис.).

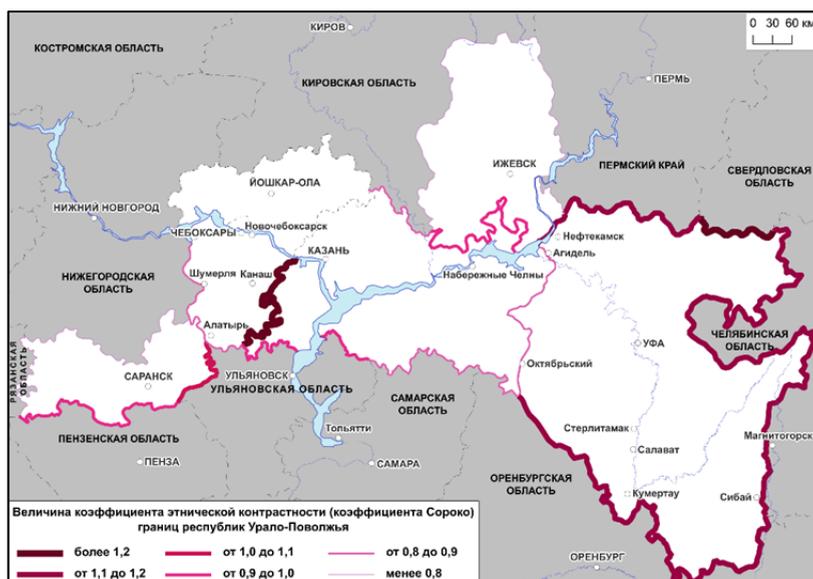


Рис. Коэффициент этнической контрастности границ республик Урало-Поволжья по итогам переписи населения 2021 г.

Рассчитано на основе оценки «межэтнических расстояний» Е.Л. Сороко [14].

Наибольшей этнической контрастностью в пределах всего региона исследования характеризуются границы Башкортостана (кроме участка с Татарстаном), а также граница Татарстана и Чувашии. Кроме того, на рисунке видно, что относительно более этнически контрастными являются южные границы двух финно-угорских республик (Мордовии и Удмуртии). При этом северные границы этих республик, обращенные к фактически мононациональным русским регионам, имеют низкий уровень этнической контрастности, что объясняется общей традиционной религией финно-угорских народов и русских. Также не является высокой этнической контрастность западной границы Чувашии, которая также не представляет собой конфессиональный рубеж с соседним русским регионом.

### Заключение

Определение этнической контрастности границ республик Урало-Поволжья в работе осуществлено с помощью показателя, обозначенного как коэффициент этнической контрастности, или коэффициент Сороко. Расчет коэффициента опирается на оценку «межэтнических расстояний», определенных Е.Л. Сороко на основании межэтнической брачности ряда народов, проживающих в России, в том числе и в Урало-Поволжском регионе.

В результате исследования было выявлено, что наиболее этнически контрастными в регионе являются границы Башкортостана (за исклю-



чением участка с Татарстаном) и некоторые участки внешних границ Татарстана. Эти границы соответствуют основному этнокультурному рубежу в регионе, а именно между приверженцами двух традиционных религий народов Урало-Поволжья — ислама и православного христианства.

Наименее этнически контрастными в регионе исследования являются границы Удмуртии, Чувашии и Мордовии с соседними русскими регионами, что объясняется отсутствием между данными субъектами Российской Федерации конфессионального рубежа.

Опыт применения коэффициента Сорока для оценки этнической контрастности границ республик Урало-Поволжья свидетельствует о возможности его использования для решения аналогичной задачи в других регионах России. Данный коэффициент может быть рассчитан как для политических и административных границ, так и для стран и регионов.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках проекта №23-17-00005 «Этноконтактные зоны на постсоветском пространстве: генезис, типология, конфликтогенность».*

#### Список литературы

1. Белозерова К. С. Межнациональная семья как элемент в структуре полиэтнического сообщества // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2020. №3. С. 15–18.
2. Верецагина А. В. Традиции этнодемографического поведения семьи и межэтнической брачности у народов Северного Кавказа // Социально-гуманитарные знания. 2013. №11. С. 7–15.
3. Воронцов В. С. Проблемы национального самоопределения подростков из этнически смешанных семей в Удмуртии // Финно-угроведение. 1999. №1. С. 140–143.
4. Гаджимурадова З. М., Магомедова М. М. Особенности государственной идентичности дагестанской молодежи из этнически смешанных семей // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Психолого-педагогические науки. 2011. №4 (17). С. 5–12.
5. Гончарова Г. С. Динамика и факторы формирования этнически смешанных семей у народов Южной Сибири // Вестник Новосибирского государственного университета. Сер.: Философия. 2014. Т. 12, №1. С. 98–107.
6. Дашинамжилов О. Б. Статистические источники исследования этнической ассимиляции в 1959–1989 гг. // Исторический курьер. 2019. №4 (6). С. 153–158.
7. Житин Д. В. Родной язык как индикатор ассимиляционных процессов в Российской Федерации // Региональные исследования. 2014. №2 (44). С. 96–106.
8. Кадырова Е. Л., Кадырова А. Р. Формирование этнической идентичности ребенка в этнически смешанных семьях на примере христианско-мусульманской семьи // Мир психологии. 2006. №4 (48). С. 134–146.
9. Коку С. Особенности межнациональных браков // Научный альманах. 2016. №8-2 (22). С. 119–121. <https://doi.org/10.17117/na.2016.08.02.119>.
10. Манаков А. Г., Григорьева О. А. Изменение этнической структуры населения республик Урало-Поволжья: выявление трендов с 1926 по 2010 гг. // Вестник Псковского государственного университета. Сер.: Естественные и физико-математические науки. 2023. Т. 16, №1. С. 13–30.



11. Мартыненко А.В. Языковая ситуация в Республике Мордовия: основные тенденции развития // Вестник антропологии. 2020. №3 (51). С. 196–205.
12. Милованова М.В. Проблемы культурной и языковой ассимиляции мигрантов (на примере Волгоградской области) // Гуманитарные и социальные науки. 2014. №4. С. 169–181.
13. Орлов А.Ю. Геодемографические исследования этноассимиляционных процессов (на примере населения Приволжского федерального округа) // География и природные ресурсы. 2011. №1. С. 129–136.
14. Сороко Е.Л. Этнически смешанные супружеские пары в Российской Федерации // Демографическое обозрение. 2014. Т. 1, №4. С. 96–123.
15. Теренина Н.К. Индекс этнической контактности как инструмент изучения территорий со смешанным национальным составом населения // Псковский регионологический журнал. 2022. Т. 18, №1. С. 101–116. <https://doi.org/10.37490/S221979310018427-2>.
16. Теренина Н.К., Владыкин Б.А. Развитие зон контакта с основными народами Урало-Поволжья на протяжении XIX века // Псковский регионологический журнал. 2023. Т. 19, №3. С. 90–107. <https://doi.org/10.37490/S221979310027007-0>.
17. Тхамокова И.Х. Этническая граница: русские и украинцы в Кабардино-Балкарии // Историческая и социально-образовательная мысль. 2013. №1. С. 40–44.
18. Фазлыева Р.А. Особенности межэтнических браков в России и Республике Башкортостан // Дневник науки. 2020. №12 (48). С. 17.
19. Magomedkhanov M.M. linguistic assimilation and the weakening of ethnic identity in Dagestan // Studia Uralica Upsaliensia. 2009. Vol. 8. P. 239–244.
20. Population statistics of Eastern Europe & former USSR. URL: <http://pop-stat.mashke.org/russia-ethnic2021.htm> (дата обращения: 23.09.2023).
21. Soroko E. How the methods of natural sciences can help in the studies of ethnically mixed families? // Journal of Physics: Conference. Ser. 2: Computer Simulations in Physics and Beyond, CSP 2017. 2018. P. 012035.

#### Об авторе

Наталья Константиновна Теренина – канд. геогр. наук, доц., Псковский государственный университет, Россия.

E-mail: [brazelon@yandex.ru](mailto:brazelon@yandex.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-5288-9409>

*N. K. Terenina*

### EXPERIENCE OF ASSESSING THE ETHNIC CONTRAST OF THE BORDERS OF THE REPUBLICS OF THE URAL-VOLGA REGION

Pskov State University, Pskov, Russia

Received 3 September 2023

Accepted 8 October 2023

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-3

**To cite this article:** Terenina N.K. 2023, Experience of assessing the ethnic contrast of the borders of the republics of the Ural-Volga region, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 40–50. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-3.



The experience of determining the ethnic contrast of the borders of the republics in the Ural-Volga region is presented based on a methodology that relies on assessing interethnic marriage rates between the titular nations of the republics and the Russian population. To achieve this, the study introduces an indicator called the Ethnic Contrast Coefficient, or the Soroko coefficient. The calculation of the coefficient is based on the assessment of «interethnic distances» defined by E. L. Soroko for pairs of major ethnic groups represented in the Ural-Volga region. The research revealed that the most ethnically contrasting borders in the region are those of Bashkortostan (excluding the section with Tatarstan), while the least contrasting are the borders of Udmurtia, Chuvashia, and Mordovia with neighboring Russian regions. The primary factor influencing the ethnic contrast of the borders between the republics of the Ural-Volga region is the religious factor, with the highest Soroko coefficient observed at the border between Chuvashia and Tatarstan.

50

**Keywords:** ethnicity, interethnic marriages, ethnic identity, assimilation, ethnic contrast ratio

The study was supported by the Russian Science Foundation within project № 23-17-00005 «Ethnic contact zones in the post-Soviet space: genesis, typology, conflict potential».

#### The author

Dr Natalia K. Terenina, Pskov State University, Russia.

E-mail: brazelon@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5288-9409>

*Р. А. Гресь*

**РАЗВИТИЕ СЕТЕВЫХ БИЗНЕС-СТРУКТУР  
В ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННОМ КЛАСТЕРЕ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ – ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ –  
КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ КАК ИНСТРУМЕНТ  
МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

Балтийский федеральный университет им. И. Канга, Калининград, Россия

Поступила в редакцию 05.08.2023 г.

Принята к публикации 13.09.2023 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-4

51

**Для цитирования:** Гресь Р. А. Развитие сетевых бизнес-структур в пространственно распределенном кластере Санкт-Петербург – Ленинградская область – Калининградская область как инструмент межрегионального взаимодействия // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канга. Сер. Естественные и медицинские науки. 2023. №3. С. 51 – 62. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-4.

*В современных условиях повышения геополитической напряженности и волатильности мировой экономики в качестве источника экономического роста для регионов России все чаще принимается развитие межрегионального взаимодействия. Однако изучение такого взаимодействия должно включать не только анализ торговых потоков, но и анализ сетевого взаимодействия, попытка осуществить который представлена в данной работе. В статье приведены результаты исследования по анализу представленности петербургских компаний, имеющих собственные бренды, на территории Калининградской области. Исследованием были охвачены 33 компании из Санкт-Петербурга. Было установлено, что на территории Калининградской области региональные представительства, офисы, филиалы, собственные магазины или дилерские центры имеют только восемь петербургских компаний, считая организации федерального уровня, пять – без учета организаций федерального уровня. Наиболее представленной оказалась отрасль финансовых услуг, наименее представленными – IT-индустрия, фармацевтика, пищевая промышленность и АПК. Все это происходит на фоне расширения присутствия петербургского бизнеса в регионах РФ за пределами СЗФО РФ.*

**Ключевые слова:** межрегиональное взаимодействие, товарные потоки, сетевые структуры, география поставок, экономическая безопасность, Северо-Запад России, Балтийский регион

### **Введение**

Последнее десятилетие для российской экономической и географической мысли ознаменовалось поиском новых источников экономического роста страны и ее регионов. Высказываются различные идеи: от приоритизации на перспективных отраслях или формирования цир-



кулярной экономики до создания дополнительных «точек роста» или фокусирования на развитии ключевых агломераций. В этом ряду неоднократно звучат предложения о развитии межрегионального взаимодействия как инструменте обеспечения социально-экономического развития России. Аксиоматически принимается, что развитие такого сотрудничества не является антагонистической игрой (в отличие от взаимодействий в глобальном мире) и воспринимается как исключительное благо. Согласимся с данной установкой.

Несмотря на то что межрегиональное сотрудничество неоднократно упоминается учеными и экспертами исключительно в позитивном ключе, практических моделей для его реализации и «лучших практик» не так много. Регионы России и их управленческие команды скорее находятся в парадигме межрегиональной конкуренции, соперничая за федеральные ресурсы и средства инвесторов. Такая позиция косвенно прослеживается и в системе стратегического планирования. В региональных стратегиях социально-экономического развития не часто упоминаются те или иные сюжеты межрегионального взаимодействия. Это касается и стратегий регионов СЗФО РФ. Если о межрегиональном взаимодействии и говорится, то преимущественно в общем виде или же упоминаются те инициативы, которые реализуются на федеральном уровне.

Сложившуюся практику абстрактной и теоретизированной имплементации сюжетов межрегионального взаимодействия как в стратегических документах, так и в научной литературе [8] нельзя назвать правильной. При рассмотрении подобных вопросов в большинстве случаев необходима конкретизация с указанием форматов взаимодействия, действующих сторон (акторов), потенциальных интересантов, механизмов развития сотрудничества. Кто, с кем и зачем должен осуществлять межрегиональное сотрудничество — часто эти вопросы оставлены без ответа.

### Торговая связанность регионов РФ

В каждом конкретном случае показатели межрегиональной торговли в пределах России на сегодняшний день оказались значительно сниженными, в том числе и по причине отсутствия проработанного стратегического видения развития межрегионального взаимодействия в стратегических документах. Как отмечают В.Л. Макаров, А.И. Агеев, А.Р. Бахтизин и др. со ссылкой на расчеты А.Б. Гусева, торговая связанность федеральных округов по данным 2009 г. характеризовалась значительной неоднородностью с доминированием Центрального и Приволжского федеральных округов. Эти два округа и определяют целостность экономического пространства страны, концентрируя основные потоки. Торговая связанность большинства других федеральных округов между собой, напротив, оказалась минимальна [4, с. 27, 29].

Согласно расчетам А.В. Котова по показателям центральности регионов по собственному вектору существуют два выраженных полюса межрегиональных экономических взаимодействий (Московская и Пе-



тербургская агломерации). Неплохие показатели отмечаются в старопромышленных Приволжском и Уральском федеральных округах. Наихудшим образом здесь выделяются Сибирский и Дальневосточный федеральные округа [3, с. 49].

Недостаточный уровень развития межрегиональной торговли показывает в целом проблему экономической связанности и целостности страны. Торговый баланс региона в существующей модели национального государства акцептирует на себя внимание с точки зрения обеспечения национального суверенитета на территории. Социально-экономическое развитие региона, экономика которого тесно связана с экспортно-импортными потоками, становится крайне зависимо от любых глобальных или макрорегиональных процессов. Трансформации внешних факторов превращаются в вызовы резильентности социально-экономических систем. Поэтому межрегиональное сотрудничество может пониматься как некоторая более стабильная альтернатива ориентации на глобальный рынок.

По мнению Г.М. Федорова, в современных геополитических условиях для таких геостратегических регионов, как Калининградская область, Санкт-Петербург и Ленинградская область, особенно важна межрегиональная кооперация в рамках создания пространственно распределенного кластера [7, с. 34]. Первым признаком существования такого кластера можно назвать развитую межрегиональную торговлю. К сожалению, на текущий момент объемы внутренней торговли в СЗФО РФ явно недостаточны. Из материалов исследования М.А. Сидорова следует, что большинство регионов Северо-Запада РФ практически не торгуют друг с другом. Так, составленная автором матрица торговых потоков показывает, что Калининградская область в СЗФО РФ торгует только с Санкт-Петербургом, Ленинградской, Мурманской и Новгородской областями. Показатели торговли с другими регионами СЗФО близки к нулю [5, с. 107]. Данная ситуация характерна не только для Калининградской области, похожая картина наблюдается в Псковской и Новгородской областях.

Также нужно отметить, что включенность Калининградской области в межрегиональные взаимодействия на национальном уровне оказалась многократно выше, чем в рамках СЗФО РФ [5, с. 102]. Косвенно эти данные подтверждают К.Ю. Волошенко и А.А. Новикова. Касательно Калининградской области они отмечают, что происходит «переключение на географические центры межрегиональных торговых потоков, сокращение импортных потоков из стран со сложной геополитической ситуацией, усиление мер в части развития собственного потенциала региона» [1, с. 12]. Сказанное можно интерпретировать и как дальнейшую задачу для реализации поставленной стратегической цели социально-экономического развития региона. Такая задача должна включать мероприятия по развитию межрегионального взаимодействия. Оценка выполнения задачи может строиться на показателях, отражающих уровень товарных потоков, взаимных инвестиций, сетевого взаимодействия.



## Товарные потоки

Товарные потоки достаточно основательно закрепились в качестве источника для анализа в экономических и экономико-географических исследованиях. Основные подходы эмпирического анализа межрегиональных взаимодействий базируются на гравитационных или балансовых моделях, которые опираются на измерение товарных потоков. Подробный анализ применения гравитационных моделей для оценки межрегиональной торговли изложен в [6]. Дополняет гравитационное и балансовое моделирование метод графов [3, с. 46], который также предполагает изучение товарных потоков. Также необходимо отметить модель Г.М. Федорова и Т.Р. Гареева, включающую оценку торговых потоков международного и межрегионального уровней [2].

Товарные потоки действительно представляют собой некие универсальные данные для анализа экономических межрегиональных взаимодействий за счет своей сравнимости и наличия статистического учета. Однако с помощью таких данных крайне сложно сделать релевантные выводы о наличии всех видов и форм взаимодействий между конкретными регионами, сложно описать взаимодействие в перспективных формирующихся отраслях четвертичного сектора и дать оценку наличия намерений по реализации совместных проектов. Товарные потоки описывают некоторую фактическую ситуацию без ее фундаментальной экспликации и только крайне ограниченно могут позволить сделать оценку перспективам развития сотрудничества.

Таким образом, товарные потоки должны дополняться данными о перекрестных инвестициях, финансовых потоках, трудовой миграции, объемах транспортной работы, количестве совместных инициатив на региональном и муниципальном уровнях, деловых контактов, рекламных интеграций и т.д. Недостаток статистических данных по указанным показателям представляет собой серьезное ограничение для выхода за пределы изучения товарных потоков. Например, количество деловых контактов в макрорегиональном масштабе раскрывает перспективы кооперации при получении одним из экономических акторов крупного подряда, а также создания каналов сбыта и поставок. То есть, говоря о нетоварных потоках, логичным образом нужно поставить вопрос о скрытом за ними существовании и развитии сетевых структур.

## Сетевые структуры

Особенно важным в межрегиональном взаимодействии представляется создание и развитие сетевых структур, закладывающих и реализующих структуру этого взаимодействия. Сетевая модель взаимодействия приобретает особое значение в логике коммуникационной теории М. Кастельса. Наличие сетевой структуры на языке общей теории систем позволяет уменьшить время отклика системы на внешние воздействия и ускорить адаптивные процессы (геоадаптацию) за счет распределенного управления и развитой системы горизонтальных связей.



Важным маркером развития межрегиональных сетевых структур является прямое присутствие бизнеса в других регионах: присутствие собственных точек сбыта, представительств, филиалов, центров управления, сервисных центров и т.д. Передача некоторых управленческих функций будет напрямую свидетельствовать о наличии сетевой структуры. Конечно, многие из компаний демонстрируют скорее вертикальную интеграцию, чем горизонтальную (сетевую), но само по себе наличие бизнес-интересов в другом регионе уже проявляет существование потенциальной выгоды и ниши для создания сетевых структур. В этом смысле актуальной задачей представляется проведение анализа бизнес-присутствия петербургских компаний с собственными брендами на рынке Калининградской области.

*Цель исследования* — определить степень развитости сетевых бизнес-структур в пределах пространственно распределенного кластера Санкт-Петербург — Ленинградская область — Калининградская область на примере представленности компаний-брендов Санкт-Петербурга в Калининградской области.

*Задачи исследования:*

1) составить перечень зарегистрированных в Санкт-Петербурге компаний, имеющих товарный, корпоративный бренд или бренд услуги. Выбрать наиболее известные петербургские компании в потребительской среде;

2) распределить компании по группам в зависимости от их отраслей, ранжировать компании по финансовым показателям (по выручке);

3) установить по материалам открытых источников и официальных сайтов компаний наличие какой-либо экономической деятельности в соответствии с двумя категориями (производства/офисы и магазины/дилерские центры) на территории Калининградской, а также Ленинградской области и Москвы (для сравнения);

4) сформировать выводы относительно представленности петербургских компаний-брендов на территории Калининградской области, а также о степени развитости сетевых структур.

*Методы исследования:* сравнительно-географический, картографический, статистический, аналитический, метод синтеза, методы аналогии, абдукции, формализации, конкретизации.

*Материалы исследования.* Источниками данных для исследования послужили официальные сайты компаний (разделы про сбыт продукции, региональные представительства, дилерские центры и центры продаж, филиалы), а также интернет-платформы с открытыми данными юридических лиц: «СПАРК», «РБК Компании». Дополнительно собиралась информация о наличии региональных представительств, офисов, фирменных торговых точек и т.п. с помощью открытых интернет-ГИС («Яндекс.Карты», «2ГИС», «Google Карты») в случае, если информация на сайтах компаний была недостаточной или неверифицируемой.



## Результаты исследования и их обсуждение

О развитии межрегионального сотрудничества в СЗФО РФ говорится давно. Актуальность вопроса прямо пропорциональна возрастающему геополитическому напряжению в Балтийском регионе, что формирует для приграничных регионов РФ на Балтике необходимость обеспечения экономической безопасности. Развитие внутренней торговли в пространственном распределенном кластере Санкт-Петербург — Ленинградская область — Калининградская область видится одним из инструментов обеспечения экономической безопасности. Стремление подтверждается объективными возможностями, сфер для сотрудничества достаточно: от судостроения и судоремонта до инжиниринга и архитектуры. Потенциал развития торговли далеко не исчерпан. Однако не все крупные и известные компании в Санкт-Петербурге вовлечены в процессы развития межрегионального сотрудничества.

Некоторые петербургские компании, продукция которых широко представлена в регионах России, вообще не осуществляют отгрузки в Калининградскую область. Например, фармацевтическая компания «Эркафарм» имеет долю на рынке Санкт-Петербурга 50 %, в Ленинградской области — 14,2 %, в Псковской области ее доля уже составляет 3,9 %. В остальные регионы СЗФО РФ компания не осуществляет поставки. При этом доля компании в Новосибирской области достигает 13,9 %, в Москве — 15 % [9]. Другая компания, в сфере пищевой промышленности, — «Балтийский берег» в пределах СЗФО РФ (не считая Ленинградской области) осуществляет поставки в Псков, Петрозаводск, Костомукшу, Мурманск, Архангельск, Нарьян-Мар, Вологду, Котлас, Сыктывкар, Печору, Инту, Воркуту. Города Калининградской области в географии поставок не представлены [12].

К сожалению, многие другие петербургские компании открыто не публикуют данные о географии своих поставок. Но даже пример «Эркафарма» и «Балтийского берега» демонстрирует возможность петербургского бизнеса работать на удаленных от Санкт-Петербурга территориях (Ненецкий АО, Новосибирская область, Красноярский край и др.), при работе на которых возникают достаточно высокие логистические издержки. Таким образом, присутствие петербургских компаний в Калининградской области более чем возможно. Однако нужно учитывать и фактор конкурентной среды, логично предположить, что петербургским компаниям сложно выйти на рынок Калининградской области при наличии высокорентабельного местного бизнеса. Конкуренция должна уступить место взаимовыгодному сотрудничеству. Здесь необходимо проводить большую комплексную работу с участием всех ключевых акторов для создания равных конкурентных возможностей при сохранении региональных производств и эффективного малого и среднего бизнеса. Приход новых петербургских компаний не должен привести к разрушению региональной экономики и росту безработицы, наоборот, важно добиться синергетического эффекта, а не идемпотентности.

Говоря более широко не просто о торговле, а обо всем комплексе экономических взаимоотношений, стоит вновь упомянуть о сетевых структурах, выступающих объектом данного исследования. Сетевая



бизнес-структура может включать в себя региональные представительства, филиалы, отделения с разной степенью автономности. Даже наличие любого реализуемого проекта на территории другого региона показывает возможное зарождение сетевой структуры. С другой стороны, непосредственное наличие товаров из Петербурга на полках магазинов не может в данном случае быть релевантным показателем, товары появляются благодаря большому количеству посредников, что исключает какую-либо целевую направленность и заинтересованность самого производителя.

В данной статье сделана попытка оценить уровень представленности петербургских компаний с товарными, корпоративными брендами или брендами услуг на рынке Калининградской области через анализ наличия представительств, фирменных магазинов, филиалов, дилерских центров, отделений в Калининградской области. Результаты представлены в таблице.

#### Представленность петербургских компаний-брендов на территории Калининградской, Ленинградской областей и в Москве

Тип бренда*	Юридическое лицо	Выручка, млрд руб., 2022 г.**	Форма представленности в регионе***	Представленность в регионе		
				Ленинградская область	Калининградская область	Москва
ТБ, КБ	ПАО «Газпромнефть»	3000	М	+	+	+
<i>Строительство и торговля строительными товарами</i>						
ТБ, КБ	ООО «СТД "Петрович"»	98	М	+	-	+
ТБ, КБ	ООО «Сэтл строй»	58	П	+	+	-
ТБ, КБ	ООО «ЛСР. Недвижимость-СЗ»	52	П	+	-	+
ТБ	ООО «Пеноплэкс СПб»	28	П	+	-	+
ТБ, КБ	ООО «Максидом»	27	М	-	-	+
ТБ, КБ	АО «Эталон ЛенспецСМУ»	16	П	-	-	+
<i>Связь и телекоммуникации</i>						
БУ, КБ	ПАО «Ростелеком»	351	М	+	+	+
БУ, КБ	ОАО «Мегафон»	321,8	М	+	+	+
<i>IT-индустрия</i>						
БУ, КБ	ООО «В Контакте»	97,8	П	-	-	+
БУ	АО «Нэксайн» (NEXIGN)	9,2	П	-	-	+
БУ	ООО «Сигма»	4,68	П	-	-	+
БУ	ООО «Геоскан»	0,8	П	-	-	+
<i>Финансовые услуги</i>						
БУ	ООО «Балтийский лизинг»	77	М	-	+	+
БУ, КБ	ПАО «Банк «Санкт-Петербург»»	45,8	М	+	+	+



Окончание табл.

Тип бренда*	Юридическое лицо	Выручка, млрд руб., 2022 г.**	Форма представленности в регионе***	Представленность в регионе		
				Ленинградская область	Калининград- ская область	Москва
<i>Фармацевтика</i>						
ТБ	АО «Биокад»	93	П	-	-	+
ТБ	АО «Эркафарм»	19	М	+	-	+
ТБ	ООО «Вертекс»	14	П	-	-	+
<i>Машиностроение и иная промышленная продукция</i>						
ТБ	АО «Группа «Илим»	180	П	+	-	-
ТБ	АО «Петербургский тракторный завод»	27	М	-	+	+
ТБ	ООО «Свеза-лес»	14	П	-	-	+
ТБ, КБ	АО «Императорский фарфоровый завод»	2,7	М	-	-	+
<i>Пищевая промышленность и АПК</i>						
ТБ, КБ	ООО «Лента»	496	М	+	-	+
ТБ, КБ	ООО «О'кей»	156	М	+	-	+
ТБ, КБ	ООО «Пивоваренная компания «Балтика»	83	П	-	-	-
ТБ	ООО «ТК "Благо"»	38	П	-	-	-
ТБ	ООО «ТД «Балтийский берег»	18	П	+	-	+
ТБ	ООО «Агро-Альянс»	16	П	-	-	+
ТБ	ООО «Виола»	8	П	+	-	+
ТБ	ООО «Север-Метрополь»	1,9	М	+	-	+
ТБ	ООО «Кондитерская фаб- рика им. Н. К. Крупской»	1	М	-	-	-
<i>Легкая промышленность и fashion-индустрия</i>						
ТБ	АО «Мэлон фэшн груп» (BeFree)	37	М	+	+	+
ТБ	АО «БТК групп» (Urban Tiger)	29,6	М	-	-	+

Примечание:

\* ТБ – товарный бренд; БУ – бренд услуги; КБ – корпоративный бренд.

\*\* При отсутствии данных за 2022 г. указывались имеющиеся значения за предыдущий период.

\*\*\* П – производства, офисы и объекты; М – магазины, дилерские центры, точки сбыта.

Источник: составлено автором с использованием официальных сайтов компаний, интернет-ГИС, агрегаторов финансовой информации.



Как следует из таблицы, представленность петербургских компаний в Калининградской области сильно сужена по сравнению с аналогичной представленностью в Москве и Ленинградской области. Только 8 петербургских компаний из 33 исследованных работают в Калининградской области. В Ленинградской области аналогичный показатель — 16 компаний, в Москве — 28. То, что Ленинградская область уступает здесь Москве, весьма объяснимо за счет эффекта централизации. Бизнес не считает нужным создание каких-то полупериферийных структур, когда все функции можно сосредоточить в центре (в Санкт-Петербурге) и не нести дополнительные издержки, клиенты в пределах агломерации будут охвачены этими центральными офисами. Высокая степень представленности петербургских брендов в Москве дополнительных комментариев не требует: большая емкость рынка, размещение органов власти, высокий человеческий потенциал, общероссийский коммуникативный и логистический центр.

Достаточно нетривиально выглядит ситуация при рассмотрении представленности петербургских компаний в Калининградской области по отраслям. Так, ни одна из петербургских компаний в сферах АПК и пищевой промышленности, IT-индустрии, фармацевтики не присутствует в Калининградской области. Полностью представлены из исследованных организаций только компании в сфере связи и коммуникаций: «Ростелеком» и «Мегафон», а также в сфере продажи продуктов нефтепереработки — «Газпромнефть». Но здесь нужно сказать о федеральном статусе этих компаний и принадлежности первых двух к «большой четверке сотовых операторов». Их присутствие вертикально интегрировано. Интересна и полная представленность в Калининградской области финансовых учреждений из Петербурга — «Банк «Санкт-Петербург» и «Балтийский лизинг».

В области строительства и торговли строительными товарами в Калининградской области представлен только «Setl Group», имеющий в регионе реализованные и реализуемые проекты [11]. Остальные крупные застройщики из Санкт-Петербурга не осуществляют профильную деятельность на территории Калининградской области и ориентируются на другие регионы. Например, «ЛСР» реализует ряд проектов в Москве и Екатеринбурге, а «Эталон ЛенСпецСМУ» — в Москве, Омске, Тюмени, Казани, Екатеринбурге.

Из отрасли машиностроения в Калининградской области представлен только «Петербургский тракторный завод», имеющий один дилерский центр в Черняховске [10]. Говоря о легкой промышленности и fashion-индустрии, нужно отметить «Мэлон фэшн груп», имеющую собственные магазины в Калининградской области. Таким образом, если исключить из выборки петербургские компании с федеральным статусом, то в Калининградской области окажутся представленными только пять известных петербургских компаний, что свидетельствует о начальной стадии развития сетевых бизнес-структур в пространственно распределенном кластере Санкт-Петербург — Ленинградская область — Калининградская область.



## Выводы

Проведение данного исследования позволило выявить крайне низкую степень представленности петербургских брендов и компаний в Калининградской области. Свои магазины, производства, офисы, представительства или дилерские центры в Калининградской области имеют только пять известных петербургских компаний, не считая компаний федерального уровня: «Setl Group», «Банк «Санкт-Петербург», «Балтийский лизинг», «Петербургский тракторный завод», «Мэлон фэшн груп». По рассматриваемому показателю Калининградская область значительно уступает Ленинградской области и Москве. В Москве представлено 28 из 33 исследованных петербургских компаний с собственными брендами. Сложившаяся ситуация диссонирует с тем фактом, что ряд петербургских компаний осуществляет свою деятельность в других регионах России за пределами СЗФО РФ.

Полученные результаты позволяют говорить только о начальной стадии развития сетевых бизнес-структур в пространственно распределенном кластере Санкт-Петербург – Ленинградская область – Калининградская область. Полученный вывод согласуется с низкими показателями развития межрегиональной торговли в СЗФО РФ, установленными в ряде других исследований [3–5]. С учетом имеющегося потенциала, низкой базы и необходимости развития межрегионального взаимодействия в Балтийском регионе формируется окно возможностей для реализации различных совместных инициатив, в том числе на коммерческой основе. Проработка конкретных идей со стороны бизнеса и органов власти – актуальная задача сегодняшнего дня, от решения которой зависит экономическая безопасность прибалтийских регионов. Данная задача должна быть отражена в соответствующих документах стратегического планирования.

Полученные в ходе исследования данные могут быть использованы при проведении более глубинного изучения сетевого взаимодействия в СЗФО РФ с применением метода графов. Подтвердить или опровергнуть полученные выводы можно путем реализации дополнительных аналогичных перекрестных исследований по изучению представленности брендов Калининградской области в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, брендов Ленинградской области в Калининградской области и Санкт-Петербурге. Исследовательское поле может быть расширено на все регионы СЗФО РФ.

*Статья подготовлена при финансовой поддержке проекта РНФ №22-27-00289 «Обоснование реструктуризации международных связей и мер обеспечения военно-политической безопасности российских регионов на Балтике в условиях углубления геополитических противоречий».*

## Список литературы

1. Волошенко К.Ю., Новикова А.А. Экономико-географический подход к оценке торговых потоков приграничного региона // Региональные исследования. 2020. №4. С. 4–18. <https://doi.org/10.5922/1994-5280-2020-4-1>.
2. Гареев Т.Р., Жданов В.П., Федоров Г.М. Новая экономика Калининградской области // Вопросы экономики. 2005. №2. С. 23–39.



3. Котов А. В. Асимметрия межрегиональных экономических связей в России: синтез гравитационного и сетевого подходов // Межтерриториальное неравенство: проблема или драйвер развития : материалы VI Междунар. симпозиума по региональной экономике. Екатеринбург, 2021. С. 45–51.

4. Макаров В. Л. и др. Матрица финансовых потоков – инструмент реализации экономической политики страны // Экономические стратегии. 2021. Т. 23, №4. С. 22–35.

5. Сидоров М. А. Рынки сбыта продукции регионов Северо-Запада России: количественное измерение // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2022. Т. 15, №3. С. 91–112. <https://doi.org/10.15838/esc.2022.3.81.5>.

6. Томаев А. О., Павлов П. Н., Каукин А. С. Внутренняя торговля России: применение гравитационной модели // Экономическая политика. 2020. Т. 15, №5. С. 60–89. <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2020-5-60-89>.

7. Федоров Г. М. Экономика регионов России на Балтике: уровень и динамика развития, структура, внешнеторговые партнерства // Балтийский регион. 2022. Т. 14, №4. С. 20–38. <https://doi.org/10.5922/2079-8555-2022-4-2>.

8. Чепурина Е. О., Щебарова Н. Н. Инструменты развития межрегиональной торговли Мурманской области как фактора роста валового регионального продукта // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Сер.: Экономика и Право. 2021. №3. С. 55–57.

9. География. Группа компаний Эркафарм. URL: <https://erkapharm.com/компания/география/> (дата обращения: 01.08.2023).

10. Карта дилеров. Петербургский тракторный завод. URL: <https://kirovets-ptz.com/buy/dealers/> (дата обращения: 01.08.2023).

11. Новостройки от Setl Group в Калининграде. Setl Group. URL: <https://setlgroup.ru/projects/kaliningrad-city> (дата обращения: 01.08.2023).

12. О нас. Балтийский берег. URL: [https://www.baltbereg.com/about\\_us/](https://www.baltbereg.com/about_us/) (дата обращения: 01.08.2023).

#### Об авторе

Роберт Андреевич Гресь – аспирант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: Robert.a.gres@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5502-1074>

**R. A. Gres**

### DEVELOPMENT OF NETWORK BUSINESS STRUCTURES IN THE SPATIALLY DISTRIBUTED CLUSTER ST. PETERSBURG – LENINGRAD REGION-KALININGRAD REGION AS A TOOL OF INTER-REGIONAL INTERACTION

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 5 August 2023

Accepted 13 September 2023

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-4

**To cite this article:** Gres R. A. 2023, Development of network business structures in the spatially distributed cluster St. Petersburg-Leningrad region-Kaliningrad region as a tool of inter-regional interaction, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 51–62. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-4.



*In the current conditions of increasing geopolitical tension and volatility in the global economy, the development of interregional interaction is increasingly seen as a source of economic growth for Russian regions. However, the study of such interaction should not only include an analysis of trade flows but also an analysis of network interaction, an attempt to carry out which is presented in this work. The article presents the results of a study analyzing the presence of Saint Petersburg companies with their own brands in the Kaliningrad region. The research covered 33 companies from Saint Petersburg. It was found that in the Kaliningrad region, only eight Saint Petersburg companies, including federal-level organizations, have regional representations, offices, branches, own stores, or dealer centers. Excluding federal-level organizations, this number is five. The financial services sector turned out to be the most represented, while the least represented were the IT industry, pharmaceuticals, food industry, and agriculture. All of this is happening against the backdrop of the expansion of the presence of Saint Petersburg businesses in the regions of the Russian Federation beyond the Northwestern Federal District.*

**Keywords:** interregional interaction, commodity flows, network structures, geography of deliveries, economic security, North-West of Russia, Baltic region

#### The author

Robert A. Gres, PhD Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.  
E-mail: Robert.a.gres@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-5502-1074>

УДК 504.43:504.422

*Г. С. Михневич, Е. А. Якимова*

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ  
ОБНАРУЖЕНИЯ СУБМАРИННОЙ РАЗГРУЗКИ  
В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ И ОПЫТ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

63

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия  
Поступила в редакцию 12.08.2023 г.  
Принята к публикации 15.09.2023 г.  
doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-5

**Для цитирования:** *Михневич Г. С., Якимова Е. А.* Перспективные методы обнаружения субмаринной разгрузки в Балтийском море и опыт их применения // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер. Естественные и медицинские науки. 2023. №3. С. 63–77. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-5.

Субмаринная разгрузка подземных вод (СРПВ) – это гидрологический процесс, который обычно происходит в прибрежных районах и определяется как подводный приток пресных и солоноватых подземных вод континента в море. Разгрузка вод, резко отличающихся по составу от морских, приводит к формированию в придонном горизонте гидрохимических аномалий, изменяет состав донных осадков. В различных региональных условиях сток может осуществляться в виде сфокусированного потока по трещинам в карстовых и жильных породах, в виде рассеянного потока в рыхлых отложениях или в процессе рециркуляции морской воды в донных отложениях. В силу этого важно учитывать местные геологические и гидрогеологические условия, так как они могут существенно влиять на характер и распространение подземных вод и, соответственно, на возможность субмаринной разгрузки и вероятность ее обнаружения. Несмотря на повсеместность процесса СРПВ в шельфовой зоне, ее практическое обнаружение в большинстве случаев представляет сложную задачу. Цель исследования – выявить подходы, наилучшим образом позволяющие зафиксировать явление субмаринной разгрузки подземных вод в юго-восточной части Балтийского моря. Обнаружение субмаринной разгрузки в Балтийском море имеет весомое значение как для понимания процессов, происходящих в акватории, так и для оценки экологической ситуации. В работе рассмотрены различные методы обнаружения СРПВ: расчетно-аналитический, геофизический, радиоизотопный, химический и биологический, характеризуется опыт их применения в акватории юго-восточной Балтики, позволивший выделить участки, на которых происходит субмаринная разгрузка подземных вод юрских и меловых горизонтов. Сделан вывод о том, что для эффективного обнаружения очагов субмаринной разгрузки необходимо использование комплексного подхода, включающего в себя различные методы исследования.

**Ключевые слова:** субмаринная разгрузка, подземные воды, Балтийское море, индикаторы, методы, аномалии



## Введение

Методы обнаружения субмаринной разгрузки подземных вод (СРПВ) (газогеохимический, гидрохимический, радиоизотопный, геохимический и биологический) обычно направлены на выявление основных индикаторов (маркеров), которые характеризуют разгрузку и создают разнообразные аномалии морской среды. Анализ опубликованных работ показывает, что основными используемыми методами, направленными на обнаружение СРПВ в Балтийском море, можно считать расчетно-аналитические, геофизические, химические, радиологические, биологические.

64

Каждый из районов Балтики характеризуется спецификой геологических условий: в ЮВ-секторе Балтики разгрузка подземных вод будет осуществляться преимущественно в виде рассеянного потока из осадочных рыхлых и сцементированных образований или по тектоническим нарушениям; вероятен совместный выход подземных вод и метана в покмарках [16].

Исследования субмаринной разгрузки в Балтийское море начались около полувека назад [6; 10; 11]. На настоящий момент экспериментальным способом доказано ее существование в различных бассейнах Балтики (бухта Эккернфёрде, Пуцкая бухта, Гданьский и Финский заливы, Лахолм-Бей и др.). Для обнаружения СРПВ применялись разнообразные методы, но чаще всего — химические. Гидрохимические методы также были положены в основу морских гидрогеологических исследований советского сектора Балтики в 80-е гг. прошлого века [10; 11].

**Расчетно-аналитические методы** направлены на исследование количественных характеристик СРПВ с помощью гидрогеологических значений, полученных на суше, то есть в области питания и формирования подземных вод, разгружающихся в море. В группу расчетно-аналитических методов входят данные мониторинга объема атмосферных осадков, испарения, а также уровня расхода разгружающихся вод в самом море, в скважинах, находящихся в области формирования на суше, речных вод [5; 15].

**Геофизические методы** включают исследование аномалий в рельефе, определение мощности осадочного чехла, зон тектонических деформаций, исследование трещиноватости и состава горных пород, температурных условий и насыщенности взвешенными веществами выходящих подземных вод; они предполагают обнаружение СРПВ по непрерывному сейсмоакустическому профилированию, вычисление оценки разницы в радиоактивности подземных и морских вод (радоновая и радиометрическая съемки). **Радиоизотопный метод** по сути является геофизическим и основывается на регистрации радиоактивного излучения в растворенных веществах в подземных водах и донных отложениях [3].

Геофизические методы — одни из главных источников информации при выполнении гидрогеологической съемки шельфа, особенно в глубоководной части шельфа и на бровке континентального склона [9; 14].



**Химические методы** направлены на выявление нехарактерных для морской воды и донных отложений макро- и микрокомпонентов (газов, биогенных элементов, солей и пр.). Химические методы подразделяются на геохимические, гидрохимические, газогеохимические.

Геохимический метод основан на анализе донных отложений и поровых вод на различных глубинах. Анализируются концентрации кремния, кальция, магния, калия, натрия, железа, тяжелых металлов (в минеральной компоненте осадка), главных ионов, хлоридов, сульфатов, фосфатов, азота аммонийного, сероводорода, растворенного неорганического и органического углерода (в поровых водах осадков) [17; 18; 20; 23].

Газогеохимический метод используется для определения выходов подземных вод в морскую среду, сопровождающихся попутным выделением газов, например метана [16; 18].

Гидрохимическая идентификация разгрузки основана на анализе распределения и изменений концентраций различных элементов (в основном таких же, как и при геохимическом методе) по горизонтам водной толщи. Для анализа химического состава вод необходимо определить площадь исследования, предположительно охватывающую область СРПВ, на всем протяжении, заложить линии гидрохимических профилей и точки станций. Далее проводится обор проб на каждой станции на различных горизонтах по вертикали [3; 13; 14].

Для локализации гидрохимических аномалий, которые могут быть вызваны разгрузкой подземных вод, используются специальные коэффициенты, основанные на соотношении главных ионов: натрия, хлора, магния и др., а также их пропорции. Коэффициенты различаются для положительной и отрицательной аномалий солёности [11].

После долгого перерыва первые попытки выявления СРПВ с помощью гидрохимического метода были реализованы с 2011 по 2013 г. в рамках экспедиционных исследований мелководной акватории, прилегающей к Калининградскому полуострову. Оработана методика обнаружения признаков субмаринной разгрузки с использованием гидрохимических методов. Для этого применялось STD-зондирование, измеряющее на станциях электропроводность (солёность), температуру, кислород, рН; также проводилась эхолотная съёмка. На участке предполагаемой СРПВ устанавливались гидрохимические станции, производился отбор проб морской воды на разных горизонтах (0, 10 м, дно); выявлены аномалии ионного состава морских вод. По итогам исследований сделано заключение о том, что гидрохимический метод приемлем для выявления очагов разгрузки подземных вод в Юго-Восточной части Балтийского моря [13].

**Биологические методы.** Изменения химического состава донных отложений и придонных вод, происходящие в результате СРПВ, отражаются на условиях обитания морских организмов. Это проявляется в изменении параметров донных экологических сообществ. Наиболее очевидным приемом фиксации изменений является определение общей численности и плотности различных видов организмов как в придонном слое, так и в верхних горизонтах донных осадков. Изменения в структуре экологических сообществ отмечались в случае разгрузки подземных вод и на мелководье, и в глубокой части Гданьского залива

[18]. Состав сообществ прокариотических организмов донных отложений определяется долей преобладающих классов, которые зависят от условий окружающей среды, таких как содержание кислорода, железа, метана и наличие сульфатредукции, а их изменение контролируется субмаринной разгрузкой [18].

### Материалы и методы

В 2019–2023 гг. был выполнен комплекс работ, направленных на обнаружение признаков субмаринной разгрузки подземных вод и оценку ее влияния на донные отложения Гданьской впадины. Предварительно был проведен анализ факторов, способствующих субмаринной разгрузке (разломная тектоника, сейсмическая активность, проницаемость горных пород, палеоврезы, покмарки), была составлена гидрогеологическая схема российского сектора Юго-Восточной Балтики [9], что позволило выделить три участка дна для дальнейших исследований: первый расположен в северо-восточной части Гданьского бассейна, характеризуется наличием нескольких перспективных для субмаринной разгрузки факторов, прежде всего покмарка и разлома, второй лежит на продолжении Бакалинской разрывной зоны, третий — на продолжении Прегольской зоны разломов (рис. 1).

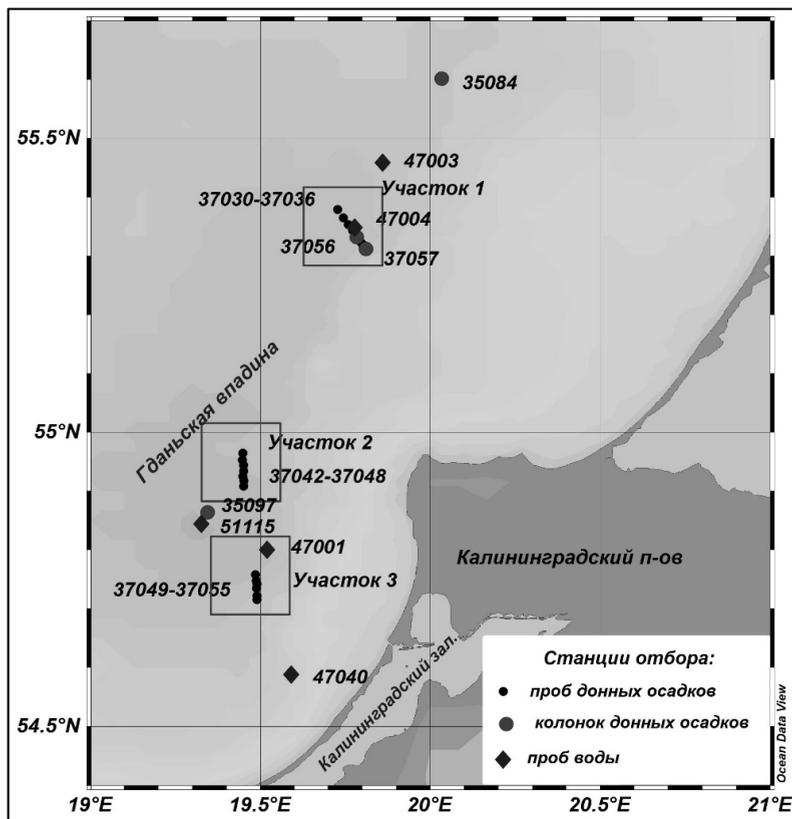


Рис. 1. Карта расположения отбора проб донных отложений и придонных вод



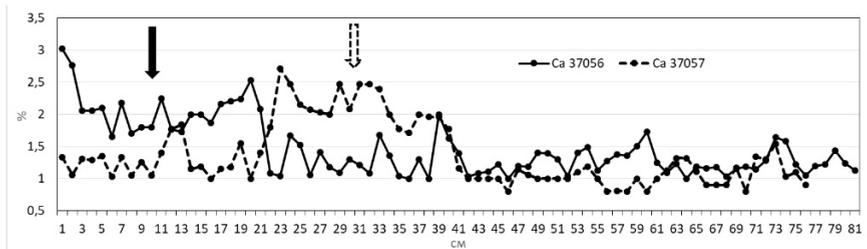
Произведены отбор проб и исследование химического состава придонных вод и донных отложений, углеводородных газов, содержащихся в осадках и придонных водах на нескольких ключевых полигонах, осуществлены геоакустические исследования донной поверхности и верхнего слоя осадков (табл., рис. 1).

#### Фактический материал, использованный в работе

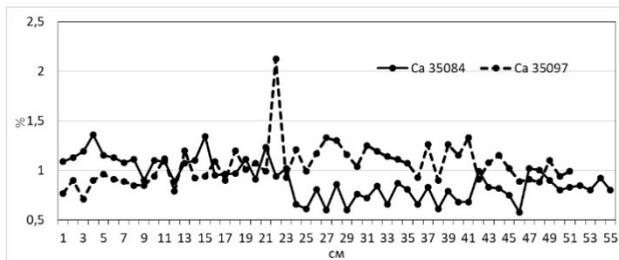
Компонент морской среды	Количество и характер проб	Анализируемые компоненты
Донные отложения	4 колонки донных отложений длиной от 56 до 81 см (дискретность отбора проб – 1 см)	Fe, Mn, K, Na, Ca, Mg, Ti, Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Cd, Pb, As
	21 проба из поверхностного слоя донных отложений (0–5 см)	
Поровые и придонные воды	4 гидрохимические станции: отбор проб на горизонтах 2 м от дна, дно и вода из трубки Ниемисте (поровые воды донных отложений)	Кислород, сероводород, диоксид углерода, общ. щелочность, кальций, железо, хлорид-ион.
	1 гидрохимическая станция: отбор проб на стандартных гидрологических горизонтах: верхний квазиоднородный слой, холодный подповерхностный слой, дно +5 м, дно +2 м, дно, вода из трубки Ниемисте (поровые воды донных отложений)	
Углеводородные газы придонных и поровых вод	5 станций, общее количество проб – 70	Метан, пропан, изомеры бутана, изомеры пентана

#### Результаты

Исследования состава донных отложений, проведенные в 2019–2020 гг. на первом выделенном перспективном участке в северо-восточной части Гданьского бассейна (колонки 37056, 37057, рис. 1), позволили установить аномалии в распределении химических элементов в вертикальном разрезе в сравнении с фоновыми колонками (колонки 35084, 35097) [20]. Было установлено, что в колонках, расположенных в зоне разлома, в среднем содержание основных макроэлементов (K, Na, Ca, Mg) было выше, чем на фоновых участках (рис. 2). Так, для колонок 37056 и 37057 (зона газонасыщенных отложений, покмарка и разлома) содержание K было на 20 % выше, чем в колонках 35084 и 35097 (фоновые участки), Na – на 23 %, Ca и Mg – на 46 %. Тяжелые металлы (Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Cd, Pb), наоборот, в зоне разломов показали отрицательную динамику, что, возможно, связано с их изъятием из осадка под воздействием биологических процессов либо с вымыванием недонасыщенными этими элементами подземными водами [20].



а



б

Рис. 2. Изменение концентрации кальция в донных отложениях:  
а — колонки 37 056 и 37 057, расположенные в зоне разлома и покмарка;  
б — фоновые колонки 35 084 и 35 097

*Примечание.* В колонке 37 056 в интервале 0–3 см концентрация Ca — более 2 %, до 20 см — около 2 % и ниже по колонке резко сокращается до 1–1,5 %. В колонке 37 057 наблюдается противоположное распределение Ca по вертикали: от 0 до 22 см — 1–1,5 %, ниже 22 см до 44 см — рост до 2–2,5 %. В фоновых колонках содержание Ca составляет менее 1 %.

При этом содержание Fe во всех колонках было сходным и в среднем отличалось на 2 %, что лежит в пределах погрешности метода определения. Это обстоятельство позволило использовать Fe в качестве нормирующего элемента [23]. Нормализация химических элементов к природному маркеру (агенту), накапливающемуся относительно однородно, позволяет сравнивать образцы с различным гранулометрическим составом и выявлять в осадочной толще маркеры поступления СРПВ.

Повышения нормализованных значений K, Na, Ca, Mg к Fe для зоны разлома и фоновых точек в общем повторяли натуральные соотношения (K — 23 %, Na — 27 %, Ca — 51 %, Mg — 42 %). В вертикальном распределении нормализованных значений особого внимания заслуживают повышенные значения K и Mg в колонке 37 056 на глубине 25–40 см, а также Mg и Ca в колонке 37 057, что может свидетельствовать об эндогенном привнесении.

Для исследования подобия между концентрациями всех 15 изученных химических элементов в слоях образцов отложений был использован иерархический кластерный анализ. По результатам кластерного анализа в колонках, расположенных в зоне покмарков и разломов, а также за их пределами, были выделены существенные различия в группировке слоев. В районе покмарка (колонка 37 056, слой 22–84 см) обнаружено несогласованное (чередующееся) группирование слоев по распределению элементов с укорачиванием кластерных связей между



элементами-маркерами (Ca, Mg, K, Na), что является одним из признаков поступления подземных вод в осадочную толщу. В остальных колонках данная группа не прослеживается и связи более размыты.

Также было проведено сравнение геохимических условий, что позволило выявить особенности в содержании некоторых элементов в поверхностном слое донных отложений на участках 1–3. Станции отбора проб были сосредоточены на трех разрезах, расположенных на участках с различными геолого-геоморфологическими условиями (рис. 1).

На участке 1 с покмарком и разломом зафиксированы максимальные средние значения Na и Ca (на 10–15% больше, чем на других участках). Ожидаемо высокими оказались значения стандартного отклонения, что объясняется очень сложными геологическими условиями участка. Эти данные хорошо согласуются с полученными на первом этапе результатами, согласно которым содержание макроэлементов (K, Na, Ca, Mg) в колонках 37056 и 37057, расположенных в зоне разлома и покмарка, было выше, чем в фоновых колонках [19; 20].

Зона разлома на участке 1 характеризуется уменьшением концентрации Fe до 3,7% (рис. 3). Зона станции 37056 (разлом) характеризуется локальным увеличением концентрации Na до 2,5% и значительным резким скачком Ca – до 2,4%, при этом концентрации Na и Ca имеют хорошую взаимную корреляцию (0,7), что может свидетельствовать об общем источнике этих элементов. Концентрация Mg в зоне разлома уменьшается до 1%, K – до 1,7% (рис. 3). Mg имеет обратную связь с Ca (–0,7). Зона разлома характеризуется аномальным взаимным соотношением маркерных элементов: концентрации Ca многократно превышают Mg, концентрация Na больше K (за счет резкого уменьшения последнего) (рис. 3). Обычные распределения имеют противоположный характер [7].

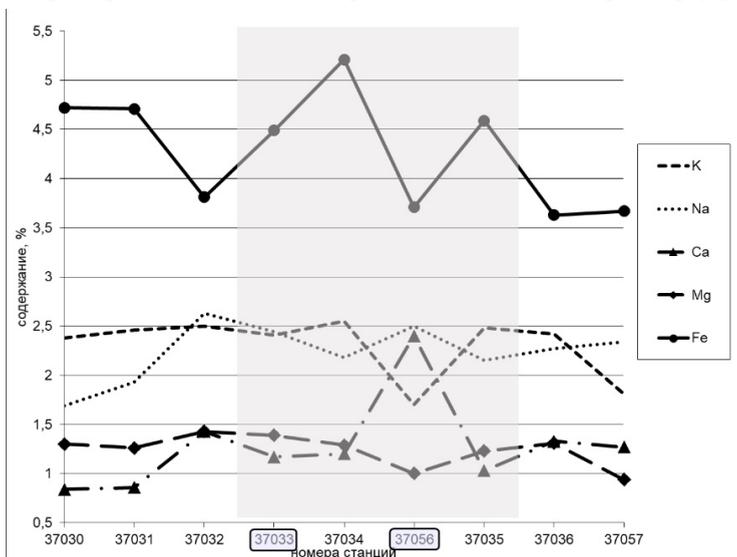


Рис. 3. Распределение концентраций Fe, K, Na, Mg, Ca в донных отложениях по разрезу на участке 1, %

*Примечание.* Станции 37033–37035, 37056 расположены в области газонасыщенных отложений (станция 37033 расположена близ покмарка, станция 37056 – близ разлома).



Участок 2 характеризуется прежде всего максимальными средними значениями Fe, Mg и K, а также микроэлементов. Несмотря на наличие разлома, аномальных скачков концентраций элементов и их соотношений не наблюдалось. Это может говорить о том, что разломная зона не служит «каналом» разгрузки подземных вод (и/или других флюидов) [7].

На участке 3 большинство элементов принимали в целом минимальные средние значения в сравнении с другими участками. Близ разлома концентрации Na имеют локальные увеличения (до 2,2–2,3 %); Ca имеет подобное Na распределение значений с максимумами близ разломов; коэффициент корреляции между Na и Ca составляет 0,6. Mg демонстрирует уменьшение содержания до 1 % в районе разлома (станция 37054). На станции 37054 в зоне разлома фиксируется явное преобладание Ca над Mg; на станции 37052 отмечается превышение концентрации Na над K, отмечавшееся ранее только на профиле участка 1 в зоне разлома [7].

Проведенные в 2021 г. исследования состава морской воды и поровых вод имели целью верифицировать и дополнить данные, полученные геохимическим методом [8]. Наиболее информативные данные были получены для первого участка.

Наряду с ожидаемыми характеристиками распределения кислорода (уменьшение концентрации ко дну, минимальные значения в поровых водах, зависимость абсолютных значений от глубины отбора проб), сероводорода (присутствие кислорода в придонном горизонте препятствуют появлению сероводорода, отмечающегося только на станции 47004 в условиях покмарка) и диоксида углерода (увеличением значений в придонном горизонте и поровых водах), а также резкого увеличения щелочности в придонном горизонте на станциях, расположенных в покмарковых структурах, наблюдалось аномальное распределение концентрации ионов кальция [8].

Нормальная концентрация **кальция** в придонных водах Гданьской впадины изменяется в пределах 80–130 мг/дм<sup>3</sup> [12], в поровых водах — 120–140 мг/дм<sup>3</sup> [17]. На станции 43003 Ca<sup>2+</sup> имеет нормальные значения (около 100 мг/дм<sup>3</sup>). Наибольшие концентрации Ca<sup>2+</sup> в придонном горизонте наблюдались на станциях 47001 и 47004 (около 150 мг/дм<sup>3</sup>). На станции 47001 концентрация кальция на горизонте 2 м от дна и у дна составила 145,2 и 145,4 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. На станции 47004 (участок 1) наблюдается резкий рост концентраций кальция в придонном горизонте на 50 % (до 155 мг/дм<sup>3</sup> с величины 99,3 мг/дм<sup>3</sup>) [8].

Содержание **хлор-иона** имеет нормальные для морских вод значения и демонстрирует зависимость от глубины бассейна. Концентрации Cl<sup>-</sup> на горизонте 2 м от дна и у дна меняются незначительно. В пробах на станции 47001 наблюдается слабый рост концентраций с 4707,8 до 4803,5 мг/дм<sup>3</sup>; на станции 47003 — с 4236,3 до 4378,1 мг/дм<sup>3</sup>, на станции 47040 — с 2977,8 до 3101,9 мг/дм<sup>3</sup>. На станции 47004 наблюдаются практически равные значения у дна и на горизонте 2 м (4679,4 и 4697,1 мг/дм<sup>3</sup> соответственно) [8]. Согласно [12] содержание Cl<sup>-</sup> в придонных водах



Гданьской впадины составляет от 4000 до 5100 мг/дм<sup>3</sup>. Увеличение содержания Cl<sup>-</sup> до значений 4300–4500 мг/дм<sup>3</sup> и более может рассматриваться как локальные зоны обогащения придонного слоя минерализованными растворами подземных вод. Эти зоны приурочены к различным тектоническим (в том числе и нефтеперспективным) структурам [12].

**Газогеохимические исследования.** В 2022 г. было проведено исследование качественного и количественного состава углеводородных газов на первом участке в районе предполагаемой субмаринной разгрузки подземных вод (в Гданьской впадине Балтийского моря). Колонки АИ60146-048 были отобраны непосредственно в покмарке, АИ61044-045 – в газонасыщенных илах.

Вертикальное распределение метана во всех изученных колонках достаточно однородно за исключением колонки АИ610046, отобранной в южной части участка (рис. 4). Концентрации метана изменяются от 0,270 до 463 мкмоль/дм<sup>3</sup>. В колонках АИ61044, 045, 047, 048 можно выделить верхний слой 0–20 см, в котором концентрации метана во всех колонках минимальны. Далее на горизонте от 20 до 60–70 см происходит рост концентраций, достигая максимума 303–463 мкмоль/дм<sup>3</sup> на горизонте 60–70 см. Нижний опробованный горизонт характеризуется снижением концентраций.

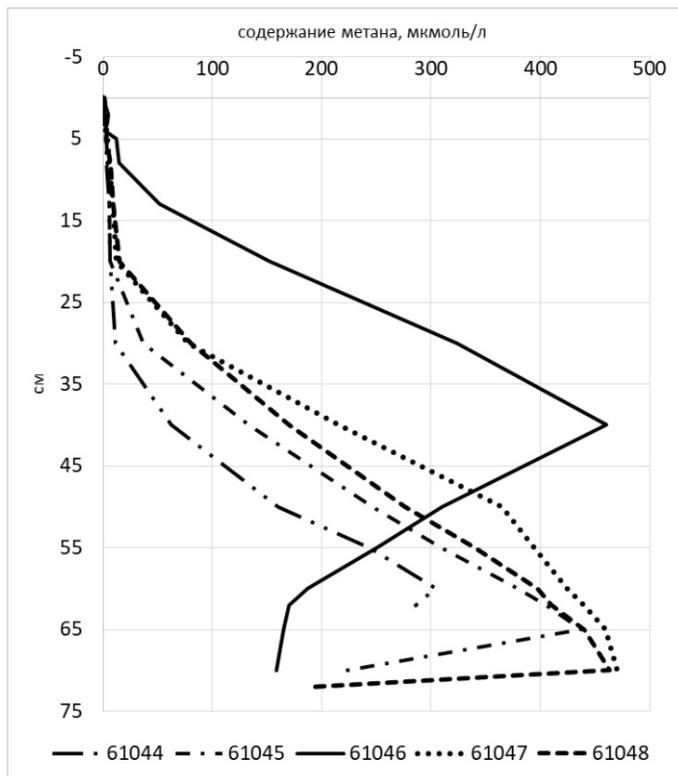


Рис. 4. Вертикальное распределение концентраций метана в колонках донных осадков станций 61 044–61 048



Колонка АИ61046 имеет следующие особенности: увеличение концентрации метана начинается ближе к поверхности — с горизонта 5 см — и пик концентрации ( $460 \text{ мкмоль/дм}^3$ ) приходится на горизонт 30–40 см, глубже происходит резкое уменьшение до  $200 \text{ мкмоль/дм}^3$  и далее уменьшение становится более плавным (рис. 4). Следует отметить, что колонка АИ61046 располагается в той же части покмарка, где ранее были выявлены аномалии состава придонных вод и донных отложений.

Концентрация метана в **придонной воде** изменялась от 0,23 до  $1,91 \text{ мкмоль/дм}^3$ , максимальная концентрация измерена на станции АИ61046, которая располагается в южной части покмарка.

Таким образом, на станции 61 046, расположенной на участке, выделенном в качестве перспективного для обнаружения признаков субмаринной разгрузки, было установлено максимальное содержание метана в придонной воде, аномальное его вертикальное распределение в толще донных отложений. Достоверно установить генезис метана не удалось, однако, учитывая аномалии в составе придонных вод и донных отложений, можно предположить его эндогенное или комплексное (бактериальное + эндогенное) происхождение.

### Обсуждение результатов

Выполненные работы позволили выделить аномалии состава донных отложений, придонных вод и растворенных газов на двух перспективных участках — первом (в северо-восточной части Гданьского бассейна) и третьем (на продолжении Прегольской зоны разломов).

**Участок 1.** По результатам многолучевой батиметрической съемки на участке 1 обнаружены покмарки вытянутой вдоль склона формы длиной 2,3–3,7 км и относительной глубиной до 3 м [22]. Покмарки и акустическая аномалия расположены над системой разломов. Разрывные нарушения, простирающиеся в зоне акустических аномалий северо-восточной части Гданьской впадины, сочленяются со структурным уступом верхнего мела [2]. Корни аномалий уходят в триасово-юрские отложения, в которых регистрируются подводящие каналы, часто заканчивающиеся в голоценовых отложениях «газовыми подушками». На участке 1 были обнаружены признаки поступления по таким трещиноватым каналам совместно с газом подземных вод [8; 9; 20]. В районе участка 1 можно ожидать разгрузку оксфорд-титонского водоносного горизонта [1].

Вертикальное распределение химических элементов и уровень взаимосвязей элементов позволяет утверждать, что в районе станции 37056 существуют дополнительные факторы, влияющие на седиментогенез. Вероятно, трещиноватая структура осадочной толщи и наличие тектонических нарушений способствуют поднятию к поверхности совместно с газовыми флюидами вод оксфорд-титонского горизонта.

Характер вертикального распределения химических параметров (кальция и хлора) на станции 47004 имеет ряд особенностей, позволя-



ющих говорить о возможном влиянии не только газовых (метановых) эманаций, но и субмаринной разгрузки подземных вод, как это было обнаружено в других частях Гданьской впадины [16]. Вертикальная седиментация не может объяснить аномально высокое содержание кальция в придонных водах, потому что точки пробоотбора расположены в сходных природных условиях под галоклином; поступление дополнительного  $\text{Ca}^{2+}$  с осадочным веществом и детритом и растворение его в районе покмарка выглядят маловероятными. Резкие изменения концентрации хлора в сторону ее увеличения или уменьшения также могут рассматриваться как следствие поступления подземных вод [12; 14; 16; 18].

Уменьшение в придонных водах концентрации кислорода до критических значений, появление сероводорода, увеличение концентрации кальция, значения общей щелочности, высокие концентрации хлора — все это может свидетельствовать о разгрузке верхнеюрского (оксфорд-титонского) водоносного горизонта, характеризующегося хлоридным анионным и натриевым, кальциево-натриевым катионным составом и минерализацией 12–17 г/дм<sup>3</sup>. Сходная общая минерализация придонных, подземных вод и подповерхностной зоны смешения не позволяет определить конкретные воды в придонном слое по результатам STD-зондирования.

**Участок 3** имеет много общего и в геологических условиях (разлом, газонасыщенные отложения), и в поведении элементов в районе разлома (доминирование кальция над магнием, натрия — над калием), однако располагается в поле развития апт-сеноманского водоносного горизонта, как и участок 2. Трассой, по которой происходит подъем и разгрузка подземных вод, вероятно, является разлом. Воды апт-сеноманского горизонта характеризуется невысокой минерализацией (2–4 г/дм<sup>3</sup>), по составу — гидрокарбонатно-хлоридные, натриевые. Подобного типа воды разгружаются в южной части Гданьской впадины в пределах польской ИЭЗ на глубине около 88 м [18]. Субмаринная разгрузка там сопряжена с покмарком и оба флюида (подземные воды и газ) используют один канал подъема, происхождение которого связывается с разрывными дислокациями [18].

### Заключение

Вследствие распространения четвертичных отложений на дне Балтийского моря на дне невозможно использовать датчики-расходомеры для обнаружения очагов и измерения их интенсивности, как это происходило в Черном море (близ полуострова Крым), Адриатическом море или близ Багамских островов. Методы непосредственного прямого обследования СРПВ также не эффективны из-за наличия сосредоточенной разгрузки подземных вод только по линиям тектонических разломов или в желобообразных углублениях дна. Использование данных дистанционного зондирования также спорно из-за высокой мутности



прибрежных вод и рассеянного характера субмаринной разгрузки. STD-зондирование также не эффективно в юго-восточной Балтике — илистая суспензия в придонном слое вод не позволяет с достоверностью произвести измерение зондом непосредственно у твердой границы, где датчики зондов заиливаются и показывают заведомо ошибочные значения.

Наиболее перспективными для выявления очагов субмаринной разгрузки в юго-восточной части Балтийского моря будут методы исследования состава и свойств донных отложений и придонного слоя вод. Геохимические исследования должны дополняться гидрохимическими данными о составе придонных вод. Отклонение содержания макрокомпонентов в придонных и поровых водах, изменения их соотношения могут рассматриваться как признак разгрузки. В случае совпадения аномалий состава отложений и придонных вод можно уверенно фиксировать очаг разгрузки. Данный подход позволил подтвердить неслучайный характер обнаруженных аномалий состава донных отложений. Газохимические исследования, направленные на выявление качественного и количественного состава углеводородных газов, позволяют определить их вероятную катагенетическую природу, что может быть дополнительным признаком субмаринной разгрузки.

Комплексирование различных методов позволяет получить более точные данные. Подход к комплексированию методов и интерпретации должен быть тщательным и учитывать мировой и отечественный опыт проведения морских гидрогеологических исследований. В этом плане химические методы должны дополняться, а в какой-то степени и базироваться на результатах детальной съемки рельефа дна и акустической структуры осадочного слоя. Применение указанных приемов на практике позволило обнаружить участки субмаринной разгрузки предположительно оксфорд-титонских и апт-сеноманских водоносных горизонтов в юго-восточной части Балтийского моря.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Калининградской области в рамках проекта №19-45-390007 р\_а «Влияние субмаринной разгрузки подземных вод на формирование донных осадков в Гданьской впадине Балтийского моря».*

### Список литературы

1. Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря / гл. ред. О.В. Петров. СПб. : ВСЕГЕИ, 2010.
2. Блажчишин А.И. Палеогеография и эволюция позднечетвертичного осадконакопления в Балтийском море. Калининград : Янтарный сказ, 1998.
3. Вивенцова Е.А. Методика оценки подземного стока в Финский залив // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2003. №4. С. 107 — 111.
4. Воронов А.Н., Вивенцова Е.А. Характеристика подземного стока в Финский залив // Водные ресурсы. 2004. Т. 31, №6. С. 651 — 660.
5. Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М. : Научный мир, 2001.



6. Зекцер И. С., Куделин Б. И. К вопросу о подземном стоке в Балтийское море // Труды ГТИ. 1965. Вып. 122. С. 82–86.

7. Михневич Г. С., Кречик В. А., Крек А. В. и др. Региональные особенности химического состава поверхностного слоя донных отложений Гданьской впадины Балтийского моря // Сборник трудов VI Международной конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития» имени Л. Н. Карлина. СПб. : Перо, 2022. С. 152–156.

8. Михневич Г. С., Крек А. В., Данченков А. Р. Особенности химического состава придонных вод как индикатор субмаринной разгрузки подземных вод // Морские исследования и образование (MARESEDU)-2022 : тр. XI Междунар. науч.-практ. конф. Тверь : ПолиПРЕСС, 2022. Т. 2. С. 87–91.

9. Михневич Г. С. Геологические предпосылки возникновения субмаринной разгрузки подземных вод в Юго-Восточной Балтике // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2021. №1. С. 42–53.

10. Мокрик Р. В. Гидрогеология побережья Советской Прибалтики (районирование, формирование подземных вод, подземный водообмен суши и моря) : автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. М. : ВСЕГИНГЕО, 1990.

11. Мокрик Р. В., Грегораускас М. М., Вазнонис А. А. Способ выявления очагов субмаринной разгрузки подземных вод. Описание изобретения №1474570. Государственный комитет по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР. 1988.

12. *Опытно-производственные работы по геологической съемке масштаба 1:500000 в юго-восточной части Балтийского моря.* Научно-технический отчет. ВНИИМОРГЕО, Балтийская Морская Геолого-геофизическая Экспедиция, 1978.

13. Тупейко О. А. Использование гидрохимического метода обнаружения участков субмаринной разгрузки подземных вод в Балтийское море // Шаг в науку : сб. ст. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2012. Вып. 2. Естественные науки, Гуманитарные науки. С. 32–39.

14. Юровский Ю. Г. Подземные воды шельфа. Задачи и методы изучения. Симферополь: ДиАйПи, 2013.

15. Юровский Ю. Г., Байсарович И. М. Гидрогеология прибрежной зоны Симферополь: ДиАйПи, 2005.

16. Bussmann I., Suess E. Groundwater seepage in Eckernförde Bay (western Baltic Sea): effect on methane and salinity distribution of the water column // Cont. Shelf Res. 1994. Vol. 18. P. 1795–1806.

17. Carman R., Rahm L. Early diagenesis and chemical characteristics of interstitial water and sediments in the deep deposition bottoms of the Baltic proper // J. Sea Res. 1997. Vol. 37. P. 24–47.

18. Idczak J., Brodecka-Goluch A., Łukawska-Matuszewska K. et al. A geophysical, geochemical and microbiological study of a newly discovered pockmark with active gas seepage and submarine groundwater discharge (MET1-BH, central Gulf of Gdansk, southern Baltic Sea) // Science of the Total Environment. 2020. Vol. 742. P. 140306.

19. Krek A., Danchenkov A., Mikhnevich G. Morphological and chemical features of submarine groundwater discharge zones in the south-eastern part of the Baltic Sea // Russ. J. Earth. Sci. 2022. Vol. 22, iss. 4. ES4004. doi:10.2205/2021ES000776.

20. Krek A., Krechik V., Danchenkov A. et al. The role of fluids in the chemical composition of the upper holocene sediment layer in the russian sector of the South-East Baltic // Russian Journal of Earth Sciences, 2020. Vol. 20. ES6006. doi: 10.2205/2020ES000719.

21. Pimenov N. V., Ulyanova M. O., Kanapatsky T. A. et al. Microbially mediated methane and sulfur cycling in pockmark sediments of the Gdansk Basin, Baltic Sea // Geo-Mar Lett. 2010. Vol. 30 (3/4). P. 439–448. doi: 10.1007/s00367-010-0200-4.

22. Ulyanova M., Sivkov V., Kanapatskiy T. et al. Methane fluxes in the southeastern Baltic Sea // Geo-Mar Lett. 2012. Vol. 5 (32). P. 535–544.



23. Uścińowicz Sz., Szefer P., Sokotołowski K. Trace Elements in the Baltic Sea Sediments // Geochemistry of Baltic Sea surface sediments. Warsaw, 2011. P. 214 – 274.

### Об авторах

Галина Сергеевна Михневич – канд. геогр. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: GMikhnevich@kantiana.ru

Екатерина Анатольевна Якимова – аспирант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: EAYakimova1@gmail.com

76

*G. S. Mikhnevich, E. A. Yakimova*

## PROMISING METHODS FOR DETECTING SUBMARINE GROUNDWATER DISCHARGE IN THE BALTIC SEA AND EXPERIENCE OF THEIR APPLICATION

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 12 August 2023

Accepted 15 September 2023

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-5

**To cite this article:** Mikhnevich G.S., Yakimova E.A, 2023, Promising methods for detecting submarine groundwater discharge in the Baltic sea and experience of their application, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 63 – 77. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-5.

*Submarine discharge of groundwater (SDGW) is a hydrological process that typically occurs in coastal areas and is defined as the underwater inflow of fresh and brackish groundwater from the continent to the sea. The discharge of waters with a composition sharply different from seawater leads to the formation of hydrochemical anomalies in the near-bottom horizon and alters the composition of bottom sediments. Under different regional conditions, discharge can occur as a focused flow through cracks in karst and fissured rocks, as a diffuse flow in loose deposits, or through the recirculation of seawater in bottom deposits. Therefore, it is essential to consider local geological and hydrogeological conditions, as they can significantly influence the character and distribution of groundwater and, consequently, the possibility of submarine discharge and the likelihood of its detection. Despite the ubiquity of the SDGW process in the continental shelf zone, practical detection is often a challenging task. The aim of this study is to identify approaches that best allow for documenting the phenomenon of submarine discharge of groundwater in the southeast part of the Baltic Sea. Detecting submarine groundwater discharge in the Baltic Sea is crucial for understanding the processes in the water body and evaluating the ecological situation. The study examines various methods for detecting SDGW: computational-analytical, geophysical, radioisotopic, chemical, and biological. The experience of their application in the southeastern Baltic Sea is characterized, allowing for the identification of areas where submarine discharge of groundwater from Jurassic and Cretaceous horizons occurs. The conclusion is drawn that for effective detection of submarine discharge foci, a comprehensive approach involving various research methods is necessary.*

**Keywords:** submarine discharge, groundwater, Baltic Sea, indicators, methods, anomalies



**The authors**

Dr. Galina S. Mikhnevich, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: GMikhnevich@kantiana.ru

Ekaterina A. Yakimova, PhD student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: EAYakimova1@gmail.com

С. В. Александров<sup>1, 2</sup>, А. В. Сташко<sup>3</sup>**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА  
С УЧЕТОМ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА И ЭВТРОФИРОВАНИЯ ВОД**<sup>1</sup> Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва, Россия<sup>2</sup> Балтийский федеральный университет им. И. Канга, Калининград, Россия<sup>3</sup> Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО», Калининград, Россия

Поступила в редакцию 02.09.2023 г.

Принята к публикации 12.10.2023 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-6

**Для цитирования:** Александров С. В., Сташко А. В. Экологическое состояние Вислинского залива с учетом параметров качества и эвтрофирования вод // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канга. Сер. Естественные и медицинские науки. 2023. №3. С. 78–91. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-6.

*Вислинский залив – трансграничная лагуна Балтийского моря, которая подвержена значительному загрязнению и эвтрофированию вод. Проведена оценка экологического состояния залива на основе расчета современных российских и зарубежных индексов загрязненности вод за период 2007–2022 гг. Проанализирована многолетняя изменчивость данных параметров как для залива в целом, так и отдельно для четырех районов, характеризующихся специфическими условиями. Наибольший уровень загрязнения вод характерен для восточного района и Приморской бухты. Нормируемый для оценки вод в России индекс УКИЗВ и широко используемый в мире индекс качества вод ССМЕ WQI демонстрировали схожую сезонную и многолетнюю изменчивость. Запуск современных очистных сооружений в 2016 г. привел к значительному снижению загрязнения Приморской бухты, однако в последние годы наблюдается рост загрязнения в восточном районе, куда поступает основной речной сток (с р. Преголи) и где находится новый выпуск очистных сооружений Калининграда. На величину рассчитанных индексов загрязненности вод (УКИЗВ и ССМЕ WQI) влияет уровень эвтрофирования и обилия фитопланктона (по концентрации хлорофилла). Наибольшие величины были в период «цветения» вод залива. Вселение моллюска-фильтратора и вызванные этим изменения в планктоне Вислинского залива отразились на снижении величин индексов загрязненности вод.*

**Ключевые слова:** Вислинский залив, индекс загрязненности, качество воды, эвтрофирование, хлорофилл, очистные сооружения

**Введение**

Вислинский залив – одна из крупнейших (838 км<sup>2</sup>) лагун Балтийского моря, характеризующаяся небольшими глубинами (в среднем 2,7 м) и солоноватоводными условиями (до 5–6‰) [8; 11]. Залив относится к трансграничным водоемам, большая его часть (496 км<sup>2</sup>, 61%) расположена в пределах России (Калининградская область). Водосборная территория залива (23 870 км<sup>2</sup>) находится в густонаселенном районе с раз-



витыми сельским хозяйством и промышленностью. Большие объемы биогенных элементов поступают в восточную часть залива с водосборной площади р. Преголи (в пределах Калининградской области и Варминско-Мазурского воеводства Республики Польша). Значительное загрязняющее влияние оказывает нахождение в восточной части залива Калининградской агломерации с населением >800 тыс. человек [3]. Существенное антропогенное загрязнение залива ранее также определялось отсутствием современных очистных сооружений Калининграда, из-за чего сточные воды, подвергаемые только механической очистке, поступали по коллектору в Приморскую бухту, вследствие этого ряд гидрохимических показателей там устойчиво демонстрировал повышенные уровни в сравнении с остальными гидрологическими районами. Природные условия и многолетнее загрязнение биогенными элементами обусловили формирование в Вислинском заливе эвтрофно-гипертрофной экосистемы, в которой в отдельные периоды наблюдается «цветение» вод [1; 4; 17], а также выраженную пространственную неоднородность гидрохимических и биологических показателей между районами залива [9]. Повышенный уровень загрязнения и эвтрофирования вод Вислинского залива может оказывать влияние на акваторию Балтийского моря, что прослеживается на расстоянии 20–30 км [2].

Мониторинговые исследования загрязнения водных объектов, основанные на определении гидрохимических условий, связаны, как правило, с обработкой крупных массивов данных, полученных за многолетний период для разнотипных районов. С целью получения комплексной оценки применяются индексы загрязненности вод, которые позволяют учитывать несколько индивидуальных гидрохимических параметров в оценке состояния водного объекта. До 2002 г. основным индексом, используемым для оценки состояния поверхностных и морских вод в Российской Федерации, был индекс загрязненности воды (ИЗВ), а с 2002 г. применяют удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) [6]. В других странах также разработаны и применяются гидрохимические индексы, одним из которых является канадский индекс качества воды (Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index, CCME WQI), введенный в 2001 г. [10]. Данный индекс широко используется для оценки состояния речных и озерных экосистем, прибрежных зон и лагун [15; 16; 19; 20]. В отличие от УКИЗВ расчет индекса CCME WQI позволяет использовать не только гидрохимические показатели, имеющие пределы допустимой концентрации (ПДК), но и другие нормативы, выбор которых зачастую обусловлен специфическими потребностями исследования.

В условиях многофакторного антропогенного воздействия и разнотипных последствий, связанных с эвтрофированием вод Вислинского залива, расчет индексов загрязненности вод способен упростить оценку экологического состояния водоема, которая ранее выполнялась по отдельным гидрохимическим показателям относительно ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Большой массив ежемесячных данных по комплексу гидрохимических показателей дает возможность оценить применимость индексов

загрязненности для характеристики качества и эвтрофирования вод в условиях значительных изменений антропогенного воздействия и трансформации биологических сообществ, наблюдавшихся в Вислинском заливе за последние 15 лет.

### Материалы и методы

Массив проанализированных данных был получен в ходе ежемесячного мониторинга Вислинского залива, проводимого в АтлантНИРО с 2007 по 2022 г. Пробы воды отбирали в подповерхностном слое (0–0,5 м) на протяжении безледного периода (март-апрель – ноябрь-декабрь) на 9 стандартных станциях, охватывающих всю российскую акваторию залива. Полученные на мониторинговых станциях значения были усреднены для четырех районов: восточного (станции №1–3), прибалтийского (станции №5, 9, 10), центрального (станции №6, 7) и Приморской бухты (станция №4), которые отличаются физико-географическими и гидрологическими особенностями (рис. 1). Гидрохимические исследования состава вод выполнялись стандартными методами [7].

80

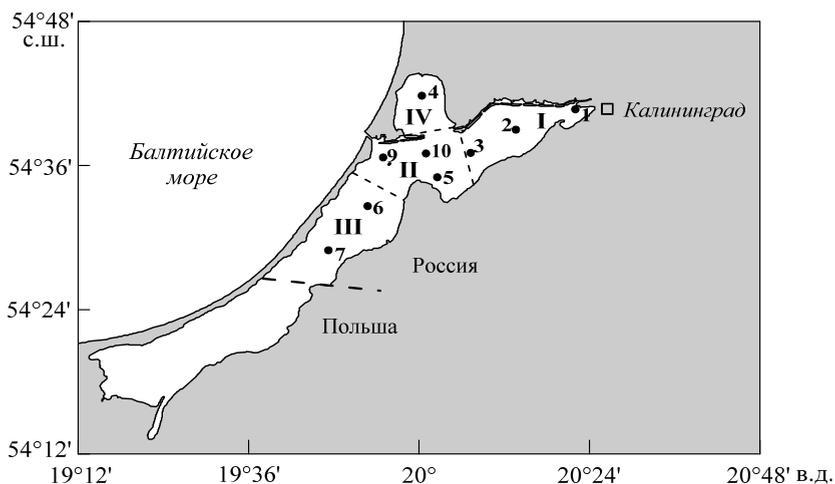


Рис. 1. Расположение станций отбора проб в Вислинском заливе, районы: I – восточный, II – прибалтийский, III – центральный, IV – Приморская бухта

Расчет удельного комбинаторного индекса загрязненности и индекса ССМЕ WQI [6; 10] проводили по следующим показателям: растворенный кислород, биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>), фосфор фосфатов и аммонийный азот. По этим показателям в Вислинском заливе периодически наблюдалось превышение предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах объектов рыбохозяйственного значения согласно Приказу Минсельхоза РФ от 13.12.2016 №552. Величины ПДК были использованы в качестве пороговых уровней для расчета индексов. Дополнительно на всех станциях определяли хлорофилл «а» экстракционным спектрофотометрическим методом согласно ГОСТ 17.1.04.02-90 [7].



Основными компонентами метода комплексной оценки, используемыми при расчете значений УКИЗВ, являются уровень загрязненности, определяемый по реальным концентрациям загрязняющих веществ и соответствующим им нормативам, а также частота обнаружения превышающих нормативы уровней. Их сочетание (обобщенный оценочный балл) характеризует долю загрязненности, вносимую каждым ингредиентом в общее качество воды, а сумма оценочных баллов, в свою очередь, соответствует значению комбинаторного индекса загрязненности воды (КИЗВ).

Удельный комбинаторный индекс математически определяется как

$$S'_j = \frac{S_j}{N_j}$$

где  $S'_j$  – удельный комбинаторный индекс загрязненности воды в  $j$ -м створе,  $S_j$  – комбинаторный индекс загрязненности воды в  $j$ -м створе, а  $N_j$  – число учитываемых в оценке ингредиентов [6].

Расчетные значения УКИЗВ позволяют отнести воды к определенному классу качества (табл.).

Значения индекса CCME WQI получают путем комбинации трех факторов: объема, частоты и амплитуды, что математически определяется как

$$CCME\ WQI = 100 - \left( \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2} \div 1,732 \right),$$

где объем  $F_1$  равен проценту параметров, которые не соответствуют нормативу как минимум один раз в течение рассматриваемого временного интервала относительно общего числа используемых в расчете значений индекса параметров, частота  $F_2$  – процент индивидуальных измерений, которые не соответствуют нормативу относительно общего числа измерений; амплитуда  $F_3$  соответствует величине, на которую вне-нормативные измеренные значения не соответствуют нормативу [10].

Делитель 1,732 нормализует полученные значения к диапазону от 0 до 100, в котором 0 соответствует наихудшему качеству воды, 100 – наилучшему. Остальные значения индекса также позволяют отнести воды к соответствующим категориям качества (табл.).

#### Характеристика загрязненности вод согласно индексам

Диапазон значений	Характеристика загрязненности / качества воды
<i>Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ)</i>	
≤ 1	1-й класс, условно чистая
> 1 – 2	2-й класс, слабо загрязненная
> 2 – 3	3-й класс, разряд «а», загрязненная
> 3 – 4	3-й класс, разряд «б», очень загрязненная
<i>Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI)</i>	
94 – 100	excellent (отличное)
80 – 94	good (хорошее)
65 – 79	fair / satisfactory (удовлетворительное)
45 – 64	marginal / bad (низкое / плохое)

Многолетнюю динамику УКИЗВ и ССМЕ WQI исследовали путем вычисления значений индекса на основании данных для района (или в среднем на акватории) в течение одного года. Сезонную изменчивость рассчитывали, включая в формулу величины показателей, характеризующие конкретный месяц периода 2007–2022 гг.

### Результаты и обсуждение

Для удельного комбинаторного индекса загрязненности воды среднегодовые значения в период 2007–2022 гг. в разных районах Вислинского залива варьировались от 1,46 до 3,64. Наиболее высокие величины отмечены в Приморской бухте (1,84–3,64, в среднем 2,37). В других районах величины УКИЗВ были ниже и наблюдалась меньшая изменчивость, которая снижалась последовательно в восточном районе (1,60–2,99, в среднем 2,07), прибалтийском (1,55–2,79, в среднем 1,97) и центральном (1,46–2,12, в среднем 1,86).

УКИЗВ характеризовал состояние вод в разных районах в отдельные годы от «слабо загрязненного» (2-й класс) до «очень загрязненного» (3-й класс, разряд «б») уровней (рис. 2, табл.). В прибалтийском и центральном районах значения преимущественно соответствовали «слабо загрязненным» водам, а в Приморской бухте — «загрязненным». Однократно в 2008 г. в Приморской бухте отмечено «очень загрязненное» состояние (3-й класс, разряд «а»). В среднем за многолетний период в Приморской бухте классифицируемое состояние вод было «загрязненное» (3-й класс, разряд «а»), в прибалтийском — «слабо загрязненное» (2-й класс), в восточном и центральном районах было близким к пограничному между «загрязненным» и «слабо загрязненным» состоянием.

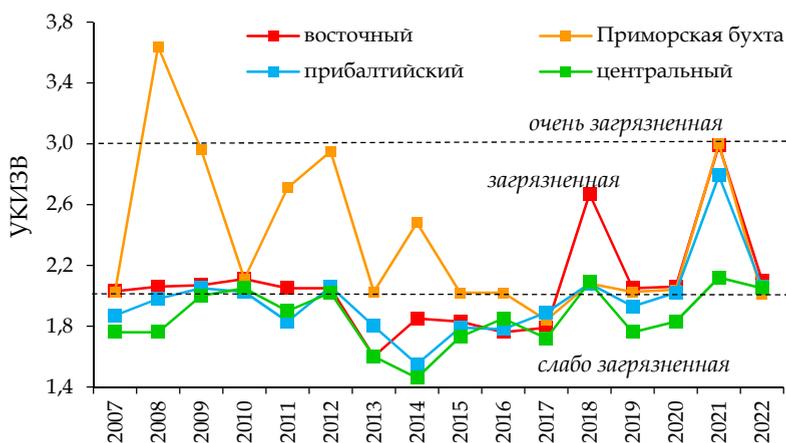


Рис. 2. Многолетняя динамика удельного комбинаторного индекса загрязненности воды в районах Вислинского залива

Особенностью межгодовой динамики значений УКИЗВ в разных районах залива были высокие величины в Приморской бухте в отдель-



ные годы до 2014 г., связанные с поступлением в бухту загрязненных вод слабой очистки из Калининграда до ввода современных очистных сооружений в 2016 г., и, соответственно, периодическое превышение ПДК для аммонийного азота и фосфора фосфатов. Отмеченные пиковые уровни УКИЗВ в центральном и в особенности прибалтийском районах были обусловлены существенным ростом значений БПК<sub>5</sub> в условиях «гиперцветения» вод, а также ростом концентраций минерального фосфора на большей части акватории до уровня выше ПДК. В целом без учета «гиперцветения» летом 2021 г. межгодовая динамика в заливе имела выраженную тенденцию к снижению УКИЗВ в Приморской бухте при сохранении близкого уровня загрязнения в других районах.

Для канадского индекса качества воды (ССМЕ WQI) среднегодовые значения в период 2007–2022 гг. в разных районах Вислинского залива варьировались от 49 до 81. Наибольший диапазон межгодовой изменчивости был в Приморской бухте (от 49 до 81, в среднем 71). В других районах наблюдался меньший диапазон межгодовой изменчивости, а величины ССМЕ WQI возрастали, что соответствует улучшению качества вод от восточного района (от 62 до 79, в среднем 74) до прибалтийского (от 63 до 80, в среднем 76) и центрального (от 73 до 80, в среднем 78) (рис. 3).

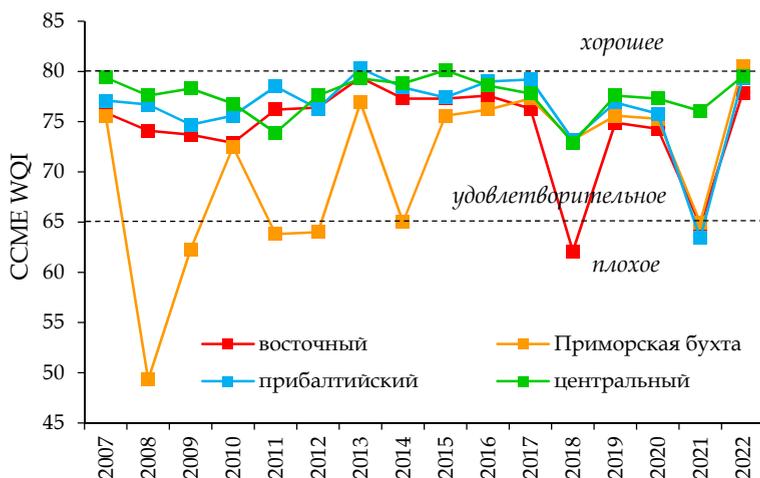


Рис. 3. Многолетняя динамика индекса ССМЕ WQI в районах Вислинского залива

В период исследований ССМЕ WQI характеризовал качество вод на российской акватории залива преимущественно как «удовлетворительное». Только в 2008 г. в Приморской бухте качество вод было «плохим», а также в отдельные годы (2018, 2021) отмечалось пограничное состояние между «плохим» и «удовлетворительным» в Приморской бухте и восточном районе (табл., рис. 3).

Особенностью межгодовой динамики значений ССМЕ WQI в разных районах Вислинского залива было их значительное снижение в Приморской бухте в отдельные годы до 2014 г. В других районах наблюдалась гораздо более сглаженная динамика с близкими величина-

ми. В целом межгодовая динамика данного индекса имела выраженную тенденцию к увеличению в Приморской бухте, что соответствует улучшению качества вод (рис. 3).

Многолетняя динамика значений обоих рассматриваемых показателей состояния вод (УКИЗВ и ССМЕ WQI) в разных районах Вислинского залива характеризовалась сходством межгодовых изменений (рис. 4). Индексы УКИЗВ и ССМЕ WQI хорошо отражали кратковременное локальное загрязнение вод, так как при расчете учитываются показатели, значения которых находятся выше пороговых уровней. В частности, в Приморской бухте, куда до 2016 г. поступали сточные воды слабой очистки из Калининграда и где регистрировались нерегулярные превышения ПДК по аммонийному азоту и фосфатам, отмечался «пиковый» режим индексов УКИЗВ и ССМЕ WQI, то же наблюдали в бухте и в других районах в 2021 г. в условиях летнего «гиперцветения» вод (рис. 2–4). Оба индекса демонстрировали схожую динамику для средних величин, поскольку единственным гидрохимическим показателем, для которого в течение всего многолетнего периода наблюдалось устойчивое превышение средних на акватории значений, было БПК<sub>5</sub> (рис. 4).

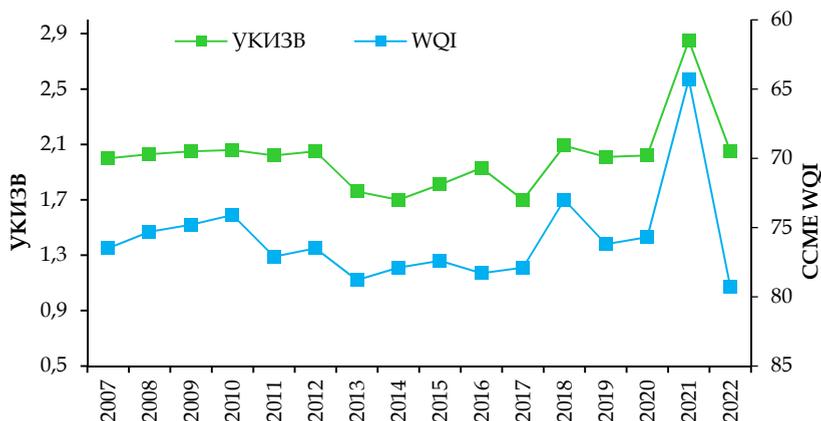


Рис. 4. Динамика индексов УКИЗВ и ССМЕ WQI на российской акватории Вислинского залива в 2007–2022 гг.

Важным фактором многолетнего пространственного распределения биогенной нагрузки на Вислинский залив стал запуск в 2016 г. новой системы очистки сточных вод из Калининграда. Ранее выпуск сточных вод низкой степени очистки был в Приморской бухте, с чем были связаны повышенные концентрации биогенных элементов (с периодическим превышением ПДК по минеральному фосфору, аммонийному азоту) и высокие в сравнении с остальной акваторией индексы загрязненности вод. После ввода очистных сооружений состояние вод по всем исследованным показателям значительно улучшилось и величины УКИЗВ и ССМЕ WQI в Приморской бухте существенно не отличались от остальной акватории (рис. 2, 3).

После периода низких значений в 2018 г. отмечено повышение, которое отразилось на индексах УКИЗВ и ССМЕ WQI, особенно в восточном районе (рис. 2–4); такой пик был связан прежде всего с локальным



загрязнением аммонийным азотом. В последние годы (2019–2022) в заливе вновь наблюдается рост величин УКИЗВ и ССМЕ WQI по сравнению с 2013–2017 гг. Возможно, эта тенденция отражает повышение уровня антропогенного загрязнения при интенсификации сельского хозяйства и промышленности на водосборной территории Вислинского залива (в пределах Калининградской области и Варминско-Мазурского воеводства Республики Польша). Согласно современным оценкам и сценариям хозяйственной деятельности, на водосборе р. Преголи возможно удвоение биогенной нагрузки от антропогенных источников [3]. Такое антропогенное воздействие должно сказаться прежде всего на восточном районе, куда поступает основной речной сток (с р. Преголи) и где с 2016 г. находится выпуск очистных сооружений Калининграда.

Кроме антропогенного загрязнения на индексы загрязненности и качества вод существенное влияние оказывают происходящие сезонные и многолетние изменения в обилии и продуктивности фитопланктона, жизнедеятельность которого отражается на всех учитываемых нами гидрохимических показателях: прежде всего на БПК<sub>5</sub>, а также на концентрациях биогенных элементов и растворенного кислорода в воде.

Значения УКИЗВ и ССМЕ WQI и концентрации хлорофилла «а» (как показателя обилия фитопланктона) в Вислинском заливе демонстрировали схожую сезонную изменчивость в период с марта по декабрь 2007–2022 гг. (рис. 5). Их внутригодовая динамика характеризовалась двумя пиками, приходящимися на апрель и июль-август, а также улучшением состояния осенью. Весенний пик соответствует периоду половодья, в результате которого поступление большого количества биогенных элементов приводит к росту их концентраций в самом заливе. Также весной наблюдается весенний пик вегетации фитопланктона из-за отсутствия лимитирования по биогенным элементам, следствием чего является увеличение содержания легкоокисляемых органических соединений в воде (БПК<sub>5</sub>).

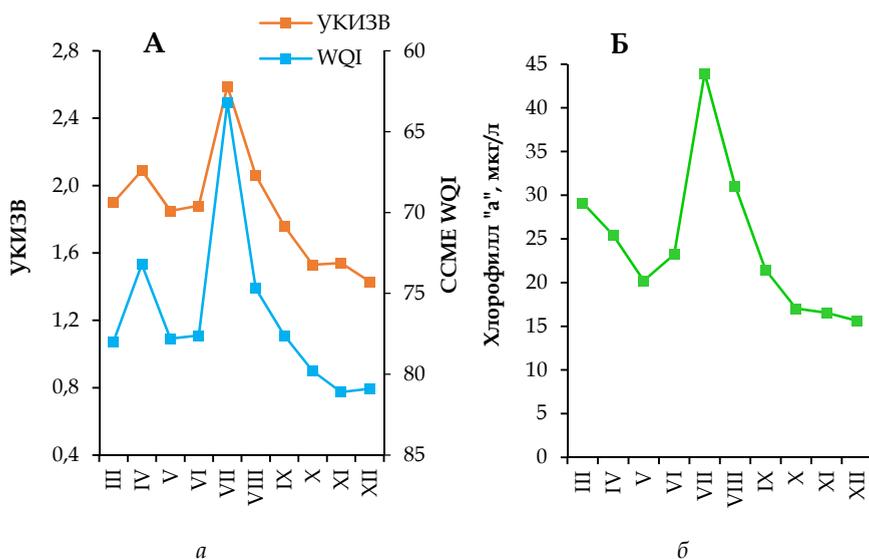


Рис. 5. Сезонная динамика величин УКИЗВ и ССМЕ WQI (а) и хлорофилла «а» (б) на российской акватории Вислинского залива в 2007–2022 гг.



Летом происходит массовое развитие фитопланктона, прежде всего сине-зеленых водорослей, в отдельные годы до уровня «цветения» вод [4; 12; 13]. Концентрация хлорофилла «а» в июле и августе, осредненная за период 2007–2022 гг., составляла 44 и 31 мкг/л, что соответствует эвтрофному состоянию вод (25–75 мкг/л) согласно классификации [18]. В отдельные годы развитие сине-зеленых водорослей может обуславливать «гиперцветение» воды, а концентрация хлорофилла «а» в воде достигать максимальных для водных экосистем величин (до 163 мкг/л в июле 2021 г.). Эвтрофный уровень обилия фитопланктона способствует значительному возрастанию БПК<sub>5</sub> как показателя содержания органического вещества в воде, включая биомассу водорослей. Интенсивная минерализация органического вещества в донных осадках и водной толще в условиях сильного прогрева и ветровое перемешивание ведут к росту концентраций минерального фосфора [9; 11]. В этот период величины УКИЗВ (в среднем 2,59 в июле и 2,06 в августе) соответствовали «загрязненному» состоянию вод. Величина показателя ССМЕ WQI в июле также характеризовалась резким снижением до пограничного (63 в период 2007–2022 гг.) состояния между «удовлетворительным» и «плохим» качеством вод. Осенью обилие и продуктивность фитопланктона значительно снижаются (16–21 мкг/л), что ведет к уменьшению величин БПК<sub>5</sub>. В этот период показатели УКИЗВ и ССМЕ WQI демонстрировали значительное снижение загрязненности вод до «слабо загрязненного» уровня и улучшение качества вод до пограничного между «удовлетворительным» и «хорошим» уровнями состояния (рис. 5).

Многолетние гидробиологические и гидрохимические данные, в том числе величины хлорофилла «а», первичной продукции и биогенных элементов, характеризуют Вислинский залив как эвтрофный, а в отдельные годы – гипертрофный водоем [1; 17]. Согласно классификации, широко используемой для оценки трофического состояния вод [18], в 2007–2022 гг. средние за вегетационный период (март – ноябрь) концентрации хлорофилла «а» (29–37, в среднем 34 мкг/л) как показателя обилия фитопланктона в Вислинском заливе соответствовали гипертрофному уровню (>25 мкг/л в среднем) (рис. 6). Такой максимальный для водных экосистем уровень эвтрофирования вод отражал интенсивное развитие фитопланктона (в том числе «цветение» вод летом) в условиях большого поступления и содержания биогенных веществ в воде в этой лагунной экосистеме, что, в частности, отражали индексы УКИЗВ и ССМЕ WQI.

Вселение и массовое развитие моллюска-фильтратора *Rangia cuneata* в 2011 г. оказало сильное воздействие на экосистему Вислинского залива [5; 21]. При увеличении биомассы бентоса до 30 раз (до 800 г/м<sup>2</sup>) средняя за вегетационный период концентрация хлорофилла «а» в российской части уменьшилась почти в 2 раза (10–27, в среднем 20 мкг/л в 2011–2020 гг.) (рис. 6). Снижение «цветения» сине-зеленых водорослей и концентраций хлорофилла, общего азота и фосфора также наблюдалось в польской части залива [12]. Вселение моллюска-фильтратора повлияло на снижение величин УКИЗВ и ССМЕ WQI в 2013–2017 гг., в том числе из-за значительного уменьшения величин БПК<sub>5</sub> (рис. 4).

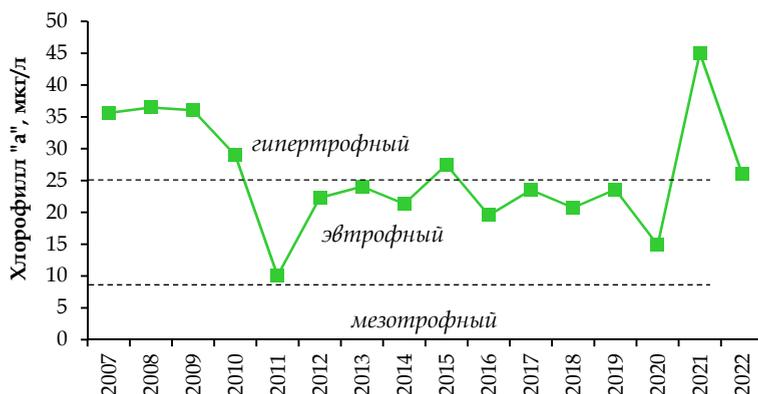


Рис. 6. Динамика хлорофилла «а» на российской акватории Вислинского залива в 2007–2022 гг.

В последние годы в Вислинском заливе вновь наблюдается значительное увеличение количества фитопланктона, в том числе под влиянием климатических условий и, вероятно, из-за снижения бионвазии моллюска *Rangia cuneata*. Исследования хлорофилла «а» показали максимальную за многолетний период величину в июле 2021 г., соответствующую «гиперцветению» вод, которое отразилось на гидрохимических показателях: многократном увеличении БПК<sub>5</sub>, концентраций фосфора фосфатов и аммонийного азота [9] и стало следствием максимальных величин УКИЗВ и ССМЕ WQI за период 2007–2022 гг. Влияние «гиперцветения» вод в июле 2021 г. на годовые значения УКИЗВ и ССМЕ WQI свидетельствует о значительной зависимости индексов загрязненности и качества вод от функционирования биологических компонентов (фитопланктон, зообентос) в лагунной экосистеме Вислинского залива.

Повышенный уровень загрязнения и эвтрофирования вод Вислинского залива может оказывать значимое влияние на прилегающую акваторию Гданьского бассейна Балтийского моря. В условиях интенсивного водообмена через морской пролив часть образованного фитопланктоном избыточного органического вещества и поступающих в залив загрязняющих веществ выносятся в прибрежную акваторию Балтийского моря, способствуя ее загрязнению и эвтрофикации. Согласно спутниковым наблюдениям, интенсивный вынос вод Вислинского залива с повышенным содержанием взвеси и хлорофилла «а» распространяется в море на расстояние до 20–30 км [2]. Такой вынос, в частности, был зарегистрирован в июле 2021 г., когда в Вислинском заливе наблюдалось максимальное за последние годы «гиперцветение» воды из-за развития сине-зеленых водорослей, которое также было хорошо отображено на снимках спутникового сканера Sentinel [2]. Как указывалось выше, в этот период в заливе происходило многократное увеличение величин хлорофилла «а» до гипертрофного уровня и ухудшение показателей УКИЗВ до «загрязненного» состояния и ССМЕ WQI до



«плохого» качества вод. В открытой акватории Балтийского моря концентрация хлорофилла «а» была на порядок меньше, чем в Вислинском заливе, но увеличивалась в этот период до 8 мкг/л, что близко к максимальным летним величинам, соответствующим эвтрофному состоянию морских вод. Гданьский бассейн, который подвергается влиянию загрязненного стока из Вислинского залива и Вислы, относится к наиболее эвтрофированным районам Балтийского моря [14].

### Заключение

88

Вислинский залив — трансграничная лагуна Балтийского моря, которая подвержена значительному загрязнению из различных антропогенных источников, включая Калининградскую агломерацию, и характеризуется высоким уровнем эвтрофирования и периодическим «цветением» вод. По данным ежемесячных исследований АтлантНИРО в 2007–2022 гг. выполнен расчет индексов загрязненности (УКИЗВ) и качества (ССМЕ WQI) вод на всей российской акватории и отдельно для четырех районов (восточного, прибалтийского, центрального и Приморской бухты), отличающихся условиями среды и загрязнением вод. Индексы УКИЗВ и ССМЕ WQI хорошо отражают кратковременное локальное загрязнение с превышением ПДК, в частности, это было показано для Приморской бухты, куда ранее (до 2016 г.) поступали малоочищенные сточные воды Калининграда.

Нормируемый для оценки вод в России индекс УКИЗВ и широко используемый в мире индекс качества вод ССМЕ WQI демонстрировали схожую сезонную и многолетнюю изменчивость, что свидетельствует о потенциальной сравнимости оценок, получаемых в России, с другими странами.

Запуск современных очистных сооружений в 2016 г. привел к значительному снижению загрязнения Приморской бухты, однако в последние годы наблюдается рост уровня загрязнения в восточном районе, куда поступает основной речной сток (с р. Преголи) и где находится новый выпуск очистных сооружений Калининграда.

На величину рассчитанных индексов загрязненности (УКИЗВ и ССМЕ WQI) влияет уровень эвтрофирования вод и обилия фитопланктона (по концентрации хлорофилла). Сезонная динамика характеризовалась двумя пиками, приходящимися на апрель и июль-август, что во многом связано с интенсивным развитием водорослей в этот период. Многолетняя динамика параметров загрязненности и качества вод (УКИЗВ и ССМЕ WQI) характеризуется повышенными величинами в период наиболее эвтрофного состояния и «цветения» вод, в частности, резкое ухудшение состояния отмечено в период летнего «гиперцветения» вод залива в 2021 г. Вселение моллюска-фильтратора и вызванные этим изменения в планктоне Вислинского залива отразились на снижении величин УКИЗВ и ССМЕ WQI в 2013–2017 гг. Как следствие, при оценке экологического состояния лагунной экосистемы Вислинского



залива необходимо учитывать влияние функционирования биологических компонентов (планктон, бентос) на параметры, характеризующие загрязнение и качество вод.

*Исследования многолетней динамики выполнены в рамках госзадания Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН (тема № FMWE-2021-0012), оценка влияния биопродуктивности вод – госзадания БФУ им. И. Канта FZWM-2023-0004.*

### Список литературы

1. Александров С. В., Горбунова Ю. А. Продукция фитопланктона и содержание хлорофилла в эстуариях различного типа // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2012. №1. С. 90–98.
2. Буканова Т. В., Бубнова Е. С., Александров С. В. Дистанционный мониторинг морской площадки карбонового полигона «Росянка» (Балтийское море): первые результаты // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19, №6. С. 234. doi: 10.21046/2070-7401-2022-19-6-234-247.
3. Горбунова Ю. А., Чубаренко Б. В., Домнин Д. А. Биогенная нагрузка на водосборный бассейн реки Преголи от антропогенных источников // Известия КГТУ. 2017. №47. С. 34–45.
4. Дмитриева О. А., Семенова А. С. Сезонная динамика и трофические взаимоотношения фито- и зоопланктона в Вислинском заливе Балтийского моря // Океанология. 2012. Т. 52, №6. С. 851.
5. Науменко Е. Н., Рудинская Л. В., Гусев А. А. Влияние видов-вселенцев на структуру зоопланктона и зообентоса в Вислинском заливе Балтийского моря // Региональная экология. 2014. №1–2 (35). С. 21–28.
6. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.
7. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. М. : ВНИРО, 2003.
8. Сенин Ю. М., Смыслов В. А., Хлопников М. М. Общая характеристика Вислинского залива // Закономерности гидробиологического режима водоемов разного типа. М. : Научный мир, 2004. С. 17–18.
9. Сташко А. В., Александров С. В. Пространственное распределение и сезонная динамика гидрохимических условий в Вислинском заливе Балтийского моря в 2020–2022 гг. // Океанологические исследования. 2023. №51 (1). С. 71–90. doi: 10.29006/1564-2291.JOR-2023.51(1).4.
10. CCME Water Quality Index user's manual 2017. Update. URL: <https://ccme.ca/en/res/wqmanualen.pdf> (дата обращения: 20.09.2023).
11. Chubarenko B., Margoński P. The Vistula lagoon // Ecology of Baltic coastal waters. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2008. P. 167–195. doi: 10.1007/978-3-540-73524-3\_8.
12. Kownacka J., Całkiewicz J., Kornijów R. A turning point in the development of phytoplankton in the Vistula Lagoon (southern Baltic Sea) at the beginning of the 21<sup>st</sup> century // Oceanologia. 2020. Vol. 62, №4. P. 538–555. doi: 10.1016/j.oceano.2020.08.004.
13. Kruk M., Jaworska B., Jablonska-Barna I., Rychter A. How do differences in the nutritional and hydrological background influence phytoplankton in the Vistula Lagoon during a hot summer day? // Oceanology. 2016. Vol. 58, №4. P. 341–352. doi: 10.1016/j.oceano.2016.05.004.
14. Kudryavtseva E. A., Aleksandrov S. V. Hydrological and Hydrochemical Underpinnings of Primary Production and Division of the Russian Sector in the Gdansk Basin of the Baltic Sea // Oceanology. 2019. Vol. 59, №1. P. 49–65. doi: 10.1134/S0001437019010077.



15. Lumb A., Halliwell D., Sharma T. Application of CCME Water Quality Index to monitor water quality: A case study of the Mackenzie River Basin, Canada // Environmental Monitoring and assessment. 2006. №113. P. 411–429. doi: 10.1007/s10661-005-9092-6.
16. Miyittah M.K., Tulashie S.K., Tsyawo F.W. et al. Assessment of surface water quality status of the Aby Lagoon System in the Western Region of Ghana // Heliyon. 2020. Vol. 6, №7. P. e04466. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04466.
17. Nawrocka L., Kobos J. The trophic state of the Vistula Lagoon: an assessment based on selected biotic and abiotic parameters according to the Water Framework Directive // Oceanologia. 2011. Vol. 53 (3). P. 881. <https://doi.org/10.5697/oc.53-3.881>.
18. OECD: Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. P., 1982.
19. Panagopoulos Y., Alexakis D.E., Skoulikidis N.T. et al. Implementing the CCME water quality index for the evaluation of the physicochemical quality of Greek rivers // Water. 2022. Vol. 14, №17. P. 2738. doi: 10.3390/w14172738.
20. Teshome F.B. Seasonal water quality index and suitability of the water body to designated uses at the eastern catchment of Lake Hawassa // Environmental science and pollution research. 2020. Vol. 27, №1. P. 279–290. doi: 10.1007/s11356-019-06794-4.
21. Warzocha J., Drgas A. The alien gulf wedge clam (*Rangia cuneata* G.B. Sowerby I, 1831) (Mollusca: Bivalvia: Mactridae) in the Polish part of the Vistula Lagoon (SE. Baltic) // Folia Malacologica. 2013. №21 (4). P. 291. <https://doi.org/10.12657/folmal.021.030>.

#### Об авторах

Сергей Валерьевич Александров — канд. биол. наук, доц., зав. лабораторией, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Россия.

E-mail: hydrobio@mail.ru

Андрей Владимирович Сташко — ст. инженер, Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО», Россия.

E-mail: hidanstashko@gmail.com

*S. V. Aleksandrov*<sup>1,2</sup>, *A. V. Stashko*<sup>3</sup>

#### THE ECOLOGICAL STATE OF THE VISTULA LAGOON USING INDICATORS OF WATER QUALITY AND EUTROPHICATION

<sup>1</sup> Shirshov Institute of Oceanology, RAS, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

<sup>3</sup> Atlantic branch of the “VNIRO”, Kaliningrad, Russia

Received 2 September 2023

Accepted 12 October 2023

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-6

**To cite this article:** Aleksandrov S. V., Stashko A. V., 2023, The ecological state of the Vistula lagoon using indicators of water quality and eutrophication, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 78–91. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-5.



*The Vistula Lagoon is a transboundary lagoon of the Baltic Sea that is subject to significant pollution and water eutrophication. An assessment of the ecological condition of the lagoon was conducted based on the calculation of modern Russian and foreign water pollution indices for the period 2007–2022. The long-term variability of these parameters was analyzed for the lagoon as a whole and separately for four regions characterized by specific conditions. The highest level of water pollution is characteristic of the eastern region and the Primorskaya Bay. The Russian Water Quality Index (SCWPI) and the widely used world index, the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI), demonstrated similar seasonal and long-term variability. The launch of modern treatment facilities in 2016 led to a significant reduction in pollution in the Primorskaya Bay. However, in recent years, an increase in pollution has been observed in the eastern region, where the main river runoff (from the Pregolya River) enters and where the new discharge of Kaliningrad's treatment facilities is located. The level of eutrophication and phytoplankton abundance (chlorophyll concentration) influences the calculated water pollution indices (SCWPI and CCME WQI). The highest values were observed during the period of "water bloom" in the lagoon. The introduction of filter-feeding mollusks and the resulting changes in the plankton of the Vistula Lagoon have contributed to the reduction of water pollution indices.*

**Keywords:** Vistula Lagoon, pollution index, CCME WQI, water quality, eutrophication, chlorophyll, wastewater treatment facility

#### The authors

Dr Sergey V. Aleksandrov, Head of the Laboratory, Shirshov Institute of Oceanology RAS, Russia.

E-mail: hydrobio@mail.ru

Andrey V. Stashko, Atlantic Branch of the FSBSI «VNIRO», Russia.

E-mail: hidanstashko@gmail.com

УДК 574/577, 553.041

*М. А. Осинцева*

**ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА  
КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ – КУЗБАССА**

92

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

Поступила в редакцию 23.06.2023 г.

Принята к публикации 15.08.2023 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-7

**Для цитирования:** *Осинцева М. А.* Почвенные ресурсы и структура почвенного покрова Кемеровской области – Кузбасса // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер. Естественные и медицинские науки. 2023. №3. С. 92 – 105. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-7.

*Кемеровская область располагается в Центральной лиственный-лесной, лесостепной и степной почвенно-биоклиматической области Суббореального умеренного почвенно-биоклиматического пояса. Исследуемая территория Казаченского автоотвала, расположенная в пределах угольного разреза восточной части Кемеровской области, в соответствии с данными почвенно-географического районирования располагается на стыке двух почвенно-географических округов – Кемерово-Прокопьевского и Кузнецко-Алтауского. На исследуемом техногенном ландшафте выделены участки, которые характеризуются наличием техногенных комплексов с формирующимися молодыми почвенными образованиями. На поверхности отвала отмечаются признаки начального почвообразования. Восстановление почвенного покрова находится на начальном этапе, присутствуют только молодые почвоподобные тела – эмбриоземы. Почвы Кемеровской области – Кузбасса диагностируются по следующим морфологическим признакам: мощность гумусового горизонта до 30 см, четко выраженная комковато-зернистая структура, тяжелосуглинистый; переходный горизонт неравномерно окрашен, с признаками оглеения, тяжелосуглинистый; присутствие небольшого количества песчаных фракций по всему профилю; почвообразующая порода; слоистые опесчаненные суглинки или супеси.*

**Ключевые слова:** почва, структура, растительный покров, биота, потенциально дренаж, Талдинский угольный разрез

**Введение**

Структура почвы – пространственное расположение отдельных частиц, их агрегатов и пор – играет ключевую, многогранную роль в факторах, определяющих продуктивность сельскохозяйственных культур



тур и растительности [1]. Эти факторы включают не только физические и физико-химические процессы и эффекты биологической активности, взаимодействующие с землепользованием и погодой, но и методы управления (пахота, дренаж, орошение, внесение удобрений и мульчирование), предназначенные для создания и/или поддержания оптимальных условий для появления, укоренения и поглощения воды и питательных веществ [2].

К строению почвы относятся процессы ее формирования биологическими и физическими силами, процессы, связанные с ее устойчивостью при изменении погоды и почвенных условий влажности, а также с экологическим и гидравлическим влиянием на перенос и хранение тепла, газа, воды и питательных веществ, а также влиянием на продуктивность сельскохозяйственных культур и растительности в различных системах землепользования. Взаимосвязь между структурой почвы, текстурой почвы, биотой почвы, органическим веществом почвы и урожайностью была резюмирована в [3], где подчеркнута важность количественного определения распределения пор по размерам, популяций микробов и фауны, а также динамики углерода и азота. Р. Данкер и соавт. [4] рассмотрели методологию исследования переноса газа, воды и растворенных веществ в почву и через почву в экосистемах пахотных земель.

Структура почвы не статична, а постоянно изменяется в результате различных процессов. Погода оказывает большое влияние на разрушение или дезагрегацию конструкции при увлажнении и растрескиванию при высыхании. На возделываемых сельскохозяйственных почвах культивация фрагментирует почву с образованием пашни, которая может быстро меняться в зависимости от стабильности почвы. Обычное измерение стабильности почвы оценивает разрушение заполнителей из-за создаваемых в лаборатории напряжений быстрого или медленно смачивания, или механических возмущений [5].

Почвенная биота: корни растений, дождевые черви, термиты, муравьи и др. — способна изменить поровое пространство при исследовании почвы в поисках ресурсов и защиты. Этот процесс перемешивания, называемый биотурбацией, является основным фактором динамики структуры почвы. В почвах обитает популяция дождевых червей, составляющая около 100 кг/га, что создает несколько тонн ежегодного опада на гектар [6]. Корни растений и почвенная фауна косвенно влияют на структуру почвы и повышение ее стабильности за счет высвобождения органических соединений и физического связывания корнями, гифами и растительными остатками. Почвенный углерод, вызванный этими органическими добавками, часто положительно коррелирует со структурной стабильностью почвы, когда землепользование и управление почвой были стабильны в течение длительных периодов времени, например при сплошном лесе, пастбище или одном и том же типе обработки почвы. Затем почвы переходят в состояние, при кото-



ром стабилизация структуры за счет органоминеральных ассоциаций и стабилизация органического вещества за счет физической защиты внутри структуры почвы достигают равновесия. Для данного типа управления почвой корреляция между органическим веществом и структурной устойчивостью может сильно зависеть от почвы, при этом главную роль играет текстура. Во многих случаях необходим определенный пороговый уровень органического вещества, прежде чем структура почвы начнет стабилизироваться [7].

Целью данной работы было изучение почвенных ресурсов и структуры почвенного покрова техногенно нарушенных земель Кемеровской области – Кузбасса.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются почвы и почвенный покров в пределах угольного разреза, расположенного на востоке Кемеровской области, на экспериментальном участке и сопредельных территориях.

Почва – один из главных компонентов всех наземных экосистем. Биосферное значение почвы обусловлено тем, что она представляет собой сложное многофункциональное природное тело. При изучении состояния почвенного покрова и его антропогенной трансформации в условиях хозяйственного использования информативны признаки морфологического строения почвы, в первую очередь верхних органо-генных горизонтов, которые испытывают более активный антропогенный прессинг, чем внутрипочвенные горизонты, приводя к существенным изменениям их физико-химических показателей. Происходят изменения почвенно-экологических функций, связанные с изменением физических и химических параметров почвы, обуславливающих изменение ее плодородия, поэтому при характеристике почвенного покрова обязательно изучение всего комплекса их свойств (морфологических, агрохимических и физико-химических параметров). Для выявления признаков трансформации почв под влиянием антропогенного фактора необходима информация по почвам, сохранившим естественное сложение [8].

При выполнении работы руководствовались требованиями федеральных нормативных документов природоохранительного и санитарного законодательства РФ и субъектов Федерации, государственными стандартами, ведомственными природоохранными и санитарными нормами и правилами. При анализе структуры почвенного покрова района исследований руководствовались различными методическими указаниями и рекомендациями, которые необходимо учитывать при изучении морфологии почв и их физико-химическом анализе, фондовыми материалами, были использованы морфологические и аналитические данные из собственных дополнительных исследований, поэтому в отчете могут быть приведены собственные данные [6].



В процессе исследования был изучен фоновый почвенный покров угольного разреза на сопредельной территории горнодобывающего предприятия Кузбасса, расположенного на востоке области. В 2022 г. была заложена опорная точка в юго-западном направлении от разреза, на значительном удалении от экспериментального участка и в южном направлении от поселка Прокопьевского района Кемеровской области – Кузбасса, которая рассматривается как контроль и/или фон (рис. 1).

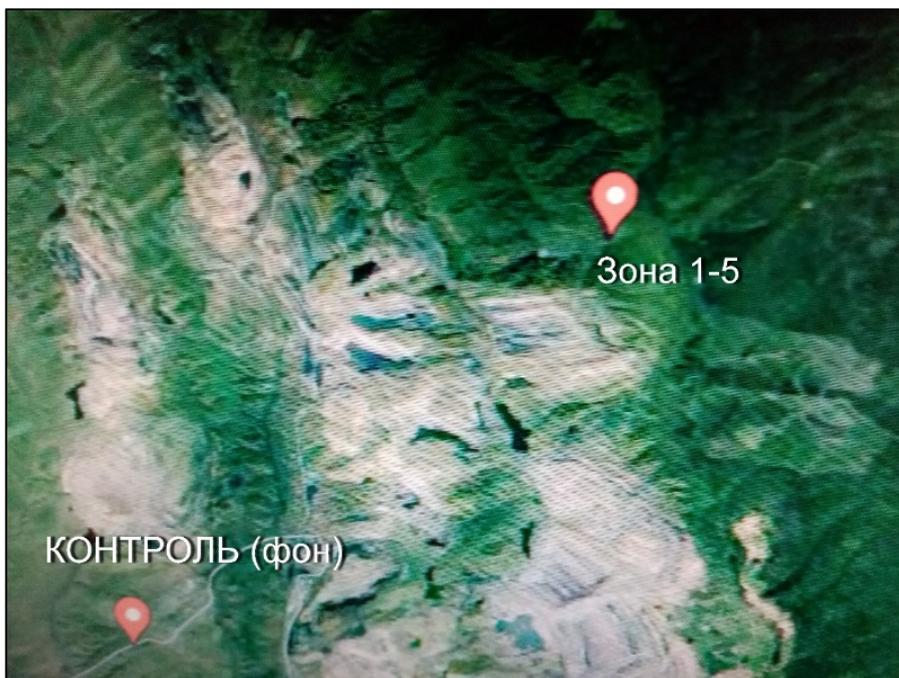


Рис. 1. Общий вид исследуемой территории и местоположение опорной точки (контроль и/или фон) и точек отбора проб на экспериментальном участке (зона 1–5)

Изучен почвенный покров экспериментального участка угольного разреза, расположенного в пределах Казаченковского автоотвала, который находится в северо-восточном направлении от контрольной точки (рис. 1).

На техногенном участке были заложены опорные точки, обозначенные при отборе зонами 1–5, где были отобраны почвенные образцы (рис. 2).

Отбор проб в точках производился в соответствии с общепринятыми методиками и нормативами по ГОСТ 17.4.4.02-84, 28168-89, 4.3.01-83.

Координаты мониторинговых точек (или зон) и контрольной фоновой точки приведены в таблице 1.



а



б

Рис. 2. Общий вид экспериментального участка и расположение зон отбора почвенных образцов (а); расположение зон или точек отбора почвенных образцов, относительно друг друга (б)



Таблица 1

### Координаты точек мониторинга

№ точки	Широта	Долгота
Зона 1	54.2434986	87.1897222
Зона 2	54.2439241	87.1888958
Зона 3	54.2443254	87.1890057
Зона 4	54.2442427	87.1899606
Зона 5	54.2442411	87.1906731
Контроль (фон)	54.154779	87.041202

97

Методика проведения исследований почвенного покрова на сопредельной территории определена документами, регламентирующими осуществление аналогичных работ на территории Российской Федерации. Оценка состояния почв на экспериментальном участке и сопредельных территориях угольного разреза проводилась путем апробирования образцов почв на мониторинговых участках, которые расположены на различных элементах ландшафта и определены программой проекта и техническим заданием.

В полевых условиях общепринятыми методами отбирались образцы на химические анализы для оценки качественного состояния почв по содержанию гумуса, его подвижных элементов, водородному показателю и ряду других показателей с основой на ряде нормативных документов: ФЗ «Об охране окружающей среды», ГОСТ 17.4.3.04-85, 17.4.4.02-84, 17.4.3.06-86, 28168-89, МУ 2.1.7.730-99. Классы опасности установлены нормативными документами ГОСТ 17.4.1.02-83.

Аналитические работы по определению этих параметров в пробах, отобранных в точках экспериментального участка, проводились в аккредитованном испытательном центре федерального государственного бюджетного учреждения Центр агрохимической службы «Кемеровский» (ФГБУ ЦАС «Кемеровский») в соответствии с ГОСТами, которыми руководствуется испытательный центр.

### Результаты и их обсуждение

Расположение Кемеровской области между двумя обширными геоморфологическими провинциями — равнинными пространствами Западно-Сибирской низменности и горными сооружениями Кузнецко-Алатаусской горной области — определило разнообразное геоморфологическое строение современного рельефа, особенности микроклимата и различную биологическую продуктивность природных комплексов (от горных тундр и сухих каменистых степей до высокотравных луговых степей и черневых лесов), что повлияло на формирование весьма сложной структуры почвенного покрова [8].

Естественный почвенный покров области на основании данных разных авторов на равнинной территории представлен 11 типами, 33 подтипами, более чем 100 родами и более чем 1500 видами, а в пределах горных территорий — 6 типами и 18 подтипами почв.



Согласно Единому государственному реестру почвенных ресурсов России на территории Кемеровской области выделены 25 типов и/или подтипов почв, которые в совокупности составляют почвенный фонд области. Перечень почвенных типов и подтипов представлен в таблице 2.

Таблица 2

## Почвенный фонд Кемеровской области

Наименование почвы	Доля площади, %
Подбуры темнотундровые	1,4
Дерново-подзолистые преимущественно глубокоподзолистые	15,0
Дерново-подзолистые преимущественно сверхглубокоподзолистые	0,8
Дерново-подзолистые со вторым гумусовым горизонтом глубокоглеватые преимущественно глубокие	0,3
Дерново-подзолистые поверхностно-глеватые преимущественно глубокие и сверхглубокие	21,0
Дерново-подзолистые глубокоглеватые (в том числе поверхностно-глеватые) преимущественно глубокие	1,5
Дерново-подзолисто-глеевые со вторым гумусовым горизонтом	0,3
Буротаежные (буроземы грубогумусовые)	0,3
Бурые лесные кислые	11,3
Бурые лесные кислые оподзоленные	0,5
Светло-серые лесные	1,7
Серые лесные	12,4
Темно-серые лесные	7,2
Боровые пески	0,1
Черноземы оподзоленные	6,8
Черноземы выщелоченные	11,7
Черноземы языковатые и карманистые выщелоченные	1,6
Черноземы солонцеватые	0,5
Лугово-черноземные	0,2
Торфяные болотные низинные	0,1
Луговые	0,7
Солончаки типичные	<0,1
Пойменные кислые	4,6
Горно-луговые дерновые	0,1
Горные лесолуговые	<0,1
Каменистые россыпи	2,0

Согласно экспликации почвенной карты Кемеровской области в структуре почвенного покрова области выделены следующие типы: дерново-подзолистые, серые лесные оподзоленные, черноземные, лугово-черноземные, луговые, лугово-болотные, солонцы, солончаки, солоди, аллювиальные, болотные, горные почвы.

Выбранный для исследований участок представляет собой техногенное образование, представленное смесью вскрышных пород, отсыпанных в ходе производственного процесса угольного разреза. Сложен



грубообломочной смесью алевролитов, песчаников и аргиллитов. Микрорельеф поверхности отвала — бугристый, местами выровненный, но неравномерный. Склоны имеют различную крутизну. Отвал не рекультивирован, оставлен под самозарастание. Растительный покров разрежен. Восстановление почвенного покрова находится на начальном этапе, присутствуют молодые почвоподобные тела — эмбриоземы инициальные и эмбриоземы органо-аккумулятивные, которые в системе современной почвенной классификации России относятся к техногенным поверхностным образованиям (ТПО).

Классы опасности, в которых обозначена принадлежность контролируемых химических веществ к определенному классу, представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Классы опасности химических веществ, попадающих в почву  
из выбросов, сбросов, отходов**

Класс опасности	Токсичные элементы
1	Ртуть, мышьяк, кадмий, бенз(а)пирен, свинец, цинк, фтор, селен
2	Никель, молибден, кобальт, бор, сурьма, хром, медь
3	Стронций, вольфрам, марганец, ванадий, ацетофенол, барий

Климатически зональной растительностью является березовая лесостепь с хорошо развитым травостоем. Наибольшее распространение получили биогеоценозы парковых и колочных осиново-березовых разнотравных лесов с общей биологической продуктивностью в северной лесостепи предгорий 160–220 т/га и лесостепи Кузнецкой котловины от 60 до 130 т/га. Различия в биологической продуктивности повлияли на особенности гумусообразования. Морфологическими особенностями серых лесных почв является тяжелосуглинистый и глинистый гранулометрический состав по всей почвенной толще, значительная мощность гумусового горизонта, слабая выраженность подзолистого процесса, залегание карбонатов с глубины более 1 м либо их отсутствие [9].

Структура почвы также будет влиять на движение воды вниз по профилю после инфильтрации. Хорошо структурированная почва будет относительно быстро дренироваться после сильного дождя или полива, что сведет к минимуму проблему временного заболачивания. Несмотря на свободный дренаж, тяжелая, но хорошо структурированная почва по-прежнему будет удерживать достаточное количество воды, доступной для корней растений. Плохо структурированная почва может препятствовать росту и развитию растений из-за переувлажнения, что ограничивает развитие корневой системы растений [10].

Основные типы структур заполнителя: зернистые, глыбовые, призматические и массивные. При наличии в верхнем слое почвы массивной структуры она блокирует вход воды, а прорастание семян затруднено из-за плохой аэрации. С другой стороны, если верхний слой почвы зернистый, вода поступает легко и семена лучше прорастают.



При призматической структуре движение воды в почве преимущественно вертикальное и поэтому снабжение водой корней растений обычно плохое. В отличие от текстуры структура почвы непостоянна. С помощью агротехнических приемов (вспашка, окучивание и т.д.) пытаются получить зернистую структуру верхнего слоя почвы для сельскохозяйственных целей.

Черноземные почвы, занимаемая площадь которых составляет 1415 тыс. га, или 14 % от площади области, характеризуются более высоким плодородием в сравнение с серыми лесными почвами. Они находятся в условиях полной распаханности и испытывают значительное антропогенное воздействие.

По мощности гумусового горизонта и содержанию гумуса черноземы делятся на:

- мощные ( $> 60$  см);
- среднемощные (40–60 см);
- маломощные ( $< 40$  см);
- тучные ( $> 9–10$  %);
- среднегумусные (6–10 %);
- малогумусные (около 6 %).

Все черноземы Кузнецкой лесостепи характеризуются довольно высоким содержанием гумуса (9–14 %) в верхнем горизонте, которое значительно снижается с глубиной. Групповой состав гумуса характеризуется преобладанием гуминовых кислот над фульвокислотами, что характерно для почв черноземного типа. Реакция почвенной среды в верхней части профиля слабокислая или близка к нейтральной в нижних карбонатных горизонтах [11].

По запасам подвижного калия черноземы Кемеровской области относятся к средне- и высокообеспеченным 17–20 мг/100 г почвам. Характерны высокие валовые запасы фосфора, но подвижность его соединений незначительна, на долю кислотно-растворимых форм приходится от 3 до 14 % от его общего содержания. Количество подвижного азота достаточно высоко и составляет 12–18 мг/100 г почвы. Однако растения прежде всего испытывают недостаток азота [12]. Эта особенность обусловлена медленным прогреванием почвы в весенний период, микробиологические процессы, в том числе нитрификация, становятся интенсивными лишь во второй половине мая. В связи с этим все культуры ранних сроков сева испытывают азотное голодание, поэтому эффективно припосевное и предпосевное внесение азотных удобрений. Водный режим в основном непромывной или периодически промывной, грунтовые воды находятся на глубине более 10 м [13].

Черноземы области являются самыми плодородными почвами, так как способны обеспечить нормальный рост и развитие естественных и культурных растений. Однако условия плодородия не только зависят от природных свойств почв, но и создаются в процессе использования земли как средства производства.



Ценным в агропроизводственном отношении является тип аллювиальных почв. На территории области установлены следующие подтипы и разновидности аллювиальных почв: дерновые кислые, луговые насыщенные, луговые насыщенные засоленные, лугово-болотные, болотные иловато-перегнойно-глеевые, болотные иловато-торфяно-глеевые, болотные иловато-торфяные. Перечень почв дан согласно экспликации почвенной карты Кемеровской области и опубликованным данным [14].

Почвы диагностируются по следующим морфологическим признакам:

- 1) мощность гумусового горизонта до 30 см, четко выраженной комковато-зернистой структуры, тяжелосуглинистый;
- 2) переходный горизонт и горизонт В неравномерно окрашены, с признаками оглеения, тяжелосуглинистый;
- 3) присутствие небольшого количества песчаных фракций по всему профилю;
- 4) почвообразующая порода – слоистые опесчаненные суглинки или супеси.

Для аллювиальных луговых почв характерны содержание гумуса 6–9%, реакция почвенного раствора колеблется в пределах 5,8–6,2, достаточные запасы азота, фосфора и калия, благоприятная для водно-воздушного режима комковато-зернистая структура [15]. Несмотря на оптимальные агрофизические показатели, использование затрудняется в связи с периодическим затоплением во время весеннего паводка и тальми водами. Затопление сопровождается отложениями на поверхности почвы песков, супесей и наилка различной мощности от 3 до 50 см. Поймы с кратковременным затоплением и небольшим по мощности наилком являются благоприятными для освоения под пашню.

Если избыточное увлажнение постоянное, обусловленное близким залеганием к поверхности грунтовых вод или застоём атмосферной влаги в замкнутых понижениях, то формируется болотный тип почв. На территории области этот тип представлен следующими подтипами и разновидностями: лугово-болотные иловатые, перегнойные, карбонатные и засоленные; болотные низинные и верховые торфянистые или торфянисто-глеевые на мелких, средних и глубоких торфах. Общая площадь распространения составляет 326 га. Болотного типа почвы наиболее распространены на севере Кемеровской области, в южной части области они занимают меньшую площадь и приурочены к поймам рек. В целом почвы болотного типа характеризуются развитием процессов в анаэробных условиях (при недостатке кислорода), подавленной микробиологической деятельностью, преобладанием низких температур за счет слабого прогревания, слабым разложением органических остатков, которые накапливаются в виде торфа, развитием гидрогенно-аккумулятивных процессов и оглеения [16].

Наиболее широко распространены в лесостепной зоне лугово-болотные почвы. Они приурочены к пониженным элементам рельефа – нижним частям склонов и днищам логов.



Как уже указывалось, зональными типами нативного почвенного покрова территории района исследований на основании картографических данных и опубликованных материалов являются:

1) серые лесные почвы, которые по степени проявления гумусонакопления подразделяются на три подтипа: темно-серые, серые и светло-серые, а по степени оподзоленности на виды: слабо-, средне- и сильнооподзоленные, имеющие приуроченность к определенным геоморфологическим элементам;

2) черноземные почвы, имеющие, как и во всей почвенно-географической провинции, «островное» распространение; по своеобразию налагающих процессов почвообразования подразделяются на оподзоленный и выщелоченный подтипы; черноземы оподзоленные приурочены к плоским водораздельным пространствам, их северным и восточным пологим склонам, а также к микропонижениям на водоразделах; черноземы выщелоченные залегают на открытых ровных водоразделах и их пологих склонах и имеют преимущественное распространение в западной и юго-западной части от пос. Большая Талда;

3) лугово-болотные почвы, приуроченные к пониженным элементам рельефа (нижним частям склонов и днищам логов), распространены в комплексе с черноземными почвами, но формируются в условиях переувлажнения, возникающего за счет временного скопления влаги поверхностного стока, подпитывающегося почвенно-грунтовыми водами.

Данные почвы в районе исследования являются наиболее распространенными и поэтому целесообразно перечислить их наименования из других классификационных систем (табл. 4).

Таблица 4

**Наименование почв в различных классификационных системах**

Название типа почв (индекс на почвенной карте)	Название типа почв по Гостреестру, 2014	Название в системе WRB, 2006	Название в системе FAO, 1988
Светло-серые лесные (Л <sub>1</sub> )	Светло-серые лесные	Greyic Phaeozems Albic	Eutric Podzoluvisols
Серые лесные (Л <sub>2</sub> )	Серые лесные	Greyic Phaeozems Albic	Haplic Greyzems
Темно-серые лесные (Л <sub>3</sub> )	Темно-серые лесные	Greyic Phaeozems Albic	Haplic Greyzems
Чернозем выщелоченный (Чв)	Чернозем выщелоченный	Voronic Chernozems Pachic	Haplic Chernozems
Чернозем оподзоленный (Чо)	Чернозем оподзоленный	Luvic Phaeozems Albic	Luvic Phaeozems
Лугово-болотные (Бл)	Лугово-болотные	Haplic Gleysols Dystric	Mollic Gleysols



Пространственная дифференциация почв и структура почвенного покрова являются результатом деятельности факторов-почвообразователей, а также развития комплекса элементарных почвообразовательных процессов. Каждый генетический тип почвы характеризуется определенным сочетанием элементарных почвообразовательных процессов. Наибольшее распространение получили следующие процессы: подзолистый, дерновый, пойменный, гумусонакопление, выщелачивание, оглеение, деформация [13].

На исследуемом техногенном ландшафте выделены участки, которые характеризуются наличием техногенных комплексов с формирующимися молодыми почвенными образованиями — эмбриоземами, с сингенетичными им растительными группировками, находящимися на определенной стадии сукцессии [6]. На поверхности отвала отмечаются признаки начального почвообразования, присутствуют только молодые почвоподобные тела — эмбриоземы инициальные и эмбриоземы органо-аккумулятивные, которые в системе современной почвенной классификации России [15] относятся к техногенным поверхностным образованиям (ТПО) и отличаются от субстрата отвалов лишь единичными начальными признаками почвообразования и фрагментарным органогенным горизонтом.

### Заключение

Таким образом, изучены почвенные ресурсы и структура почвенного покрова Кемеровской области — Кузбасса угольного месторождения на востоке области. При выполнении работы руководствовались требованиями федеральных нормативных документов природоохранительного и санитарного законодательства РФ и субъектов Федерации, государственными стандартами, ведомственными природоохранными и санитарными нормами и правилами. На исследуемом техногенном ландшафте выделены участки, которые характеризуются наличием техногенных комплексов с формирующимися молодыми почвенными образованиями — эмбриоземами, с сингенетичными им растительными группировками, которые находятся на определенной стадии сукцессии.

Установлено наличие светло-серых лесных, серых лесных, темно-серых лесных почв, черноземов выщелоченных, черноземов оподзоленных и черноземов лугово-болотных.

*Работа ведется в рамках Распоряжения Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. №1144-р, комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» («Чистый уголь — зеленый Кузбасс»), мероприятие 3.1 «Экополигон мирового уровня технологий рекультивации и ремедиации» (соглашение №075-15-2022-1200 от 28.09.2022 г.).*



## Список литературы

1. Marschner P., Rengel Z. Nutrient Availability in Soils. Mineral Nutrition of Higher Plants (third edition). Academic Press, 2012. P. 315–330. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00012-1>.
2. Rengel Z. Cakmak I., White P.J. Marschner's Mineral Nutrition of Plants (fourth edition). Academic Press, 2023. P. 499–522. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819773-8.00003-4>.
3. Schlüter S., Koestel J. Soil structure. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Elsevier, 2022. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822974-3.00134-8>.
4. Dhanker R., Goyal S., Kumar K., Hussain T. Bacterial community response to pesticides polluted soil. Academic Press, 2021. P. 339–355. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822098-6.00010-0>.
5. Cotrufo M.F., Lavalley J.M. Soil organic matter formation, persistence, and functioning: A synthesis of current understanding to inform its conservation and regeneration. Academic Press, 2022. №172. P. 1–66. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.11.002>.
6. Chang T., Feng G., Paul V. et al. Soil health assessment methods: Progress, applications and comparison. Academic Press, 2022. P. 129–210. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.10.002>.
7. Xu S., Arai Y. Competitive sorption and accumulation of organic phosphorus in phosphate-rich soils and sediments. Academic Press, 2022. P. 337–374. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2022.02.006>.
8. Космаков В.И., Бадмаева С.Э., Бакач А.А. Этапы лесохозяйственной рекультивации земель, нарушенных при открытой добыче полезных ископаемых // IACJ. 2021. №6. <https://doi.org/10.24412/2588-0209-2021-10430>.
9. Rogova N. Features of reclamation of oil-contaminated lands in the conditions of the Middle Ob. // E3S Web of Conferences. 2020. №217. P. 04004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021704004>.
10. Gordienko O., Balkushkin R., Kholodenko A., Ivantsova E. Influence of ecological and anthropogenic factors on soil transformation in recreational areas of Volgograd (Russia) // Catena. 2022. №208. 105773. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105773>.
11. Басов Ю.В. Агроэкологические аспекты рекультивации нарушенных земель // Вестник ОрелГАУ. 2018. №2 (71). <http://dx.doi.org/10.15217/48484>.
12. Крыщенко В.С., Рыбнянец Т.В., Бирюкова О.А., Беседина О.А. Матричные черты гумус-гранулометрических отношений в полидисперсной системе почв. Ч. 2 // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Сер.: Естественные науки. 2003. №4. С. 93–96.
13. Chadwick M.J., Highton N.H., Lindman N. 2 – Land Disturbance and Reclamation after Mining // Environmental Impacts of Coal Mining & Utilization. Pergamon, 1987. P. 29–46. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-031427-3.50011-6>.
14. Boruoka L., Kozák J., Mühlhanselová M. et al. Effect of covering with natural topsoil as a reclamation measure on brown-coal mining dumpsites // Journal of Geochemical Exploration. 2012. №113. P. 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2011.11.004>.
15. Sokolov D.A., Androkhonov V.A., Abakumov E. V. Soil formation in technogenic landscapes: trends, results, and representation in the current classifications (Review) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2021. №56. С. 6–32. <https://doi.org/10.17223/19988591/56/1>.



16. Pauletto E., Stumpf L., Pinto L. et al. Reclamation of a Degraded Coal-Mining Area with Perennial Cover Crops // Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2016. №40. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcscs20150482>.

#### Об авторе

Мария Алексеевна Осинцева — канд. техн. наук, Кемеровский государственный университет, Россия.

E-mail: k1marial@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4045-8054>

*M. A. Osintseva*

105

### SOIL RESOURCES AND SOIL COVER STRUCTURE KEMEROVO REGION – KUZBASS

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Received 23 June 2023

Accepted 15 August 2023

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-7

**To cite this article:** Osintseva M. A., 2023, Soil resources and soil cover structure Kemerovo region – Kuzbass, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 92–105. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-7.

*The Kemerovo Region is situated in the Central deciduous-forest, forest-steppe, and steppe soil-bioclimate regions of the Subboreal temperate soil-bioclimate zone. The researched territory of the Kazachensky motor dumping site, which is within the Taldinsky coal mine, according to the soil-geographic zoning data, is located at the intersection of two soil-geographic districts – Kemerovo-Prokopyevsky and Kuznetsko-Alatausky. On the studied technogenic landscape, identified areas are characterized by the presence of technogenic complexes with young soil formations. On the surface of the dumping site, signs of initial soil formation are observed. The restoration of the soil cover is at an initial stage, where only young soil-like bodies, embryosols, are found. The soils of the Kemerovo Region, Kuzbass, are identified on the following morphological features: the thickness of the humus horizon is up to 30 cm, a clearly expressed crumbly-granular structure, heavy loamy; the transitional horizon is unevenly colored, with signs of gleying, heavy loamy; the presence of a small amount of sandy fractions throughout the profile; soil-forming rock; stratified sandy loam or loam.*

**Keywords:** soil, structure, vegetation cover, biota, potential drainage, Taldinsky coal mine

#### The author

Dr Maria A. Osintseva, Federal state budgetary educational institution of higher education «Kemerovo State University», Russia.

E-mail: k1marial@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4045-8054>

С. Л. Тихонов<sup>1, 2</sup>, Н. В. Тихонова<sup>2</sup>, Е. А. Улитина<sup>2</sup>

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НАТИВНЫХ И СИНТЕЗИРОВАННЫХ ПЕПТИДОВ

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К. А. Тимирязева

<sup>2</sup> Уральский государственный аграрный университет

Поступила в редакцию 10.09.2023 г.

Принята к публикации 11.10.2023 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-8

106

**Для цитирования:** Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., Улитина Е. А. Сравнительная оценка биологического действия нативных и синтезированных пептидов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер. Естественные и медицинские науки. 2023. №3. С. 106–117. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-8.

*Биологически активные пептиды рассматриваются как средства профилактики и лечения различных заболеваний. Из-за высокой стоимости и трудоемкости процесса выделения нативных пептидов в составе лекарственных препаратов, биологически активных добавок все чаще используются синтезированные пептиды. Цель исследования – подтверждение сходства и биологической активности синтезированных и нативных пептидов. В качестве объектов исследования использованы синтезированные и нативные пептиды молозива коров с условным названием Т1.1 и трТ2. Синтез пептидов проводили твердофазным методом. Пептид Т1.1 сходен с пептидом «POSSUM\_01-POSSUM-C-EMBRYO-2KB», биологическая активность которого не исследована. Пептид трТ2 имеет сходство с антидиабетическим пептидом «LL-16 Alytes obstetricans». Доказано, что синтезированные пептиды по физико-химическим характеристикам не отличаются от природных. Синтезированный и природные пептиды не токсичны. Доказано противодиабетическое действие природного и синтезированного пептида трТ2 на животных с индуцированным сахарным диабетом 2-го типа и антиоксидантная активность синтезированного и природного пептида Т1.1.*

**Ключевые слова:** пептиды молозива коров, синтезированные пептиды, молекулярная масса, аминокислотная последовательность, цитотоксичность, антигипергликемическое действие, антиоксидантная активность

### Введение

Пептиды – это вещества органической природы, которые состоят из двух и более аминокислот, соединенных связями  $-C(O)NH-$ . Впервые о существовании пептидов заявил в 1900 г. немецкий химик Г. Э. Фишер. Он предположил, а затем в 1902 г. доказал, что пептиды состоят из аминокислот, соединенных специальным типом связи. В 1905 г. он смог



синтезировать пептид. По определению Ф. Энгельса, «жизнь – это способ существования белковых тел...» Возможно, данное определение послужило более глубокому исследованию пептидов. В 1950-х гг. ученые предположили, что пептиды могут обладать регуляторными функциями в живом организме и назвали их биологически активными пептидами (БАП) [1].

Профилактический и лечебный эффекты биоактивных пептидов формируются за счет антиоксидантного, антигипертензивного, антиромботического, иммуномодулирующего, противомикробного, противоаллергического, противовоспалительного и других действий [2]. Получают БАП, как правило, в результате гидролиза белка, сохраняя комбинацию биологически активных аминокислотных последовательностей [3].

Вместе с тем получение нативных пептидов методом протеолиза белка различного происхождения процесс трудоемкий и дорогостоящий.

Одним из наиболее распространенных способов создания пептидов является трехфазный синтез, который впервые был осуществлен R. V. Merifield в 1963 г. [4]. Трехфазный синтез включает присоединение линкера к смоле, затем присоединение к линкеру C-концевых иммобилизованных аминокислот и т.д. Аминокислоты присоединяются к линкеру для удлинения пептидной цепи, обеспечивая необходимый пептид с высоким выходом и чистотой. В этом процессе каждая аминокислота добавляется последовательно, что позволяет модулировать, повышать биологическую активность и изучать взаимосвязи «структура – активность» [5]. Получение пептидов трехфазным синтезом устраняет необходимость в выделении промежуточных продуктов, что позволяет сократить производственные циклы и обладает преимуществом большей автоматизации и масштабируемости процесса [6].

Возникает вопрос, будут ли синтезированные пептиды обладать такой же биологической активностью, как их нативные предшественники. Так как предполагается, что синтезированные пептиды должны по своим физико-химическим характеристикам соответствовать нативным, то выдвинутая гипотеза заключается в следующем: биологическая активность нативных и синтезированных пептидов не должна иметь достоверных отличий. В связи с этим целью исследований является подтверждение сходства, отсутствия цитотоксичности, антиоксидантных и антигипергликемических свойств синтезированных и нативных пептидов на примере пептидов молозива коров.

### Материал и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали природные и нативные пептиды, выделенные из молозива коров с условным названием Т1.1 и mрТ2. Нативные пептиды были получены из трипсинового гидролизата молозива коров при следующем режиме ферментации: про-



должительность гидролиза — 6 часов, степень гидролиза — 65 %, количество фермента — 1,8 %, pH — 7,8 и t — 39 °C. Предварительно перед началом гидролиза из молозива удалили жировую фракцию центрифугированием при 3900 об/мин в течение 10 минут.

Получение синтезированных пептидов проводили в компании Permics Co., Ltd (Сучжоу, Китай) стандартным твердофазным пептидным синтезом Fmoc (SPPS) с последующей очисткой методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографической колонке SHIMADZU Inertsil ODS-SP (4,6 × 250 мм × 5 мкм). Подтверждение чистоты и первичной структуры пептида проводили с помощью масс-спектрометрии на MALDI и ESI. Для синтеза была использована трифторуксусная кислота (TFA) и триизопропилсилан (Sigma-Aldrich, Сент-Луис, США), 1,3-диизопропилкарбодиимид (Fluka, Штайнхайм, Германия), 1-гидроксibenзотриазол (NovaBiochem-Merck, Дармштадт, Германия), N,N-диметилформамид (DMF) и диизопропиловый эфир (Vetec, Дуке-де-Кашиас, Бразилия), ацетонитрил (класс ВЭЖХ) (JT Baker, Сентер-Вэлли, США). Все растворители, используемые в системе высокоэффективной жидкостной хроматографии, были производства Tedia (Рио-де-Жанейро, Бразилия).

Молекулярно-массовое распределение пептида оценивали масс-спектрометрическим методом и идентифицировали методом MALDI-TOF MS Ultraflex (Bruker, Германия). Анализ масс-спектров проводили с помощью программы Mascot, опция Peptide Fingerprint (Matrix Science, США) с использованием базы данных Protein NCBI.

Score (величина достоверности для каждого совпадения) пептида рассчитывали по формуле

$$\text{Score} = \frac{50000}{M_{\text{prot}} \cdot \ln m_i'}$$

где  $M_{\text{prot}}$  — молекулярная масса для каждого совпавшего белка;  $n$  — произведение, которое рассчитывается из Mowse-матрицы весов  $M$  для каждого совпадения экспериментальных данных и масс пептидов, рассчитанных из записей в геномной базе данных Protein NCBI.

Изучение общей цитотоксичности пептидов проводили методом Neutral Red Assay при 24-часовой инкубации клеточной линии НЕК 293.

Сравнительные исследования по влиянию природного и синтезированного пептидов mPT2 на развитие сахарного диабета 2-го типа проводили на крысах-самцах линии *Wistar* в возрасте 12 недель массой  $354 \pm 7$  г, которые содержались в клетках по 5 животных в каждой, в стандартных лабораторных условиях при температуре  $20 \pm 2$  °C, со смешанной световой (12 часов) и темновой (12 часов) фаз, со свободным доступом к воде и корму. Все манипуляции с животными были осуществлены в соответствии с Директивой Совета ЕС 2010/63/EU и одобрены этическим комитетом ИИФ УрО РАН. Для эксперимента сформирова-



ли 4 группы крыс по 7 животных в каждой: 1-я группа – интактные, у крыс 2, 3-й и 4-й групп моделировали СД<sub>2</sub> после 16 часов голодания внутрибрюшинным введением раствора стрептозотоцина в цитратном буфере рН 4,5 дозой 65 мг/кг с предварительным введением раствора никотинамида в воде для инъекций дозой 110 мг/кг. Животные 3-й и 4-й групп дополнительно к основному рациону получали синтезированные и природный пептиды mpT2 ежедневно в течение 30 дней в дозе 0,9 мг/кг массы тела. Для внутривенных введений пептидов использовали зонд DE006A 18G×50 mm (Великобритания). Животные всех групп были выведены из эксперимента путем внутримышечного введения пентобарбитала натрия в дозе 40 мг/кг.

Антиоксидантную активность пептидов определяли тремя методами: по способности улавливать свободные радикалы DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) и ABTS (2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate), а также по восстанавливающей силе при взаимодействии с комплексом Fe (III)-2,4,6-трипиридил-*s*-триазин методом FRAP (ferric-reducing antioxidant power) согласно [7].

Схема исследований представлена в таблице 1.

109

Таблица 1

#### Схема проведения исследований

Этап исследования	Исследуемые показатели
Выделение и характеристика пептидов из трипсинового гидролизата молозива коров	Количество и последовательность аминокислот, молекулярная масса, идентификация по базе данных Protein NCBI, SCORE
Трехфазный синтез пептидов-аналогов	Количество и последовательность аминокислот, молекулярная масса
Сравнительная оценка цитотоксичности нативных и синтезированных пептидов	Определение жизнеспособности клеток НЕК 293 методом Neutral Red Assay
Сравнительная оценка антигипергликемического действия нативного и синтезированного пептида	Глюкоза и HbA1c в крови лабораторных животных с индуцированным сахарным диабетом 2-го типа
Сравнительная оценка антиоксидантного действия нативного и синтезированного пептида	Антиоксидантная активность <i>in vitro</i>

Степень достоверности обеспечивалась использованием современных методов исследований, статистическим анализом полученных результатов в программе GraphPad Prism 8.1 и с помощью алгоритмов one-way ANNOVA и two-way ANNOVA. Достоверным считалось различие  $p < 0,05$ .

#### Результаты

В таблице 2 представлены результаты идентификации по базе данных Protein NCBI и характеристика пептидов.

Таблица 2

**Идентификация, биофизические характеристики,  
биологическая активность пептидов, выделенных  
из трипсинового гидролизатов молозива**

Условное наименование образца пептида	Аминокислотная последовательность (количество аминокислот)	Подобный пептид по базе данных Protein NCBI	Score (оптимальный Score = 80)	Биологическое действие	Молекулярная масса, кДа
T1.1	SQKKKNCPNGTRIRVPGPGP (20)	POSSUM_01-POSSUM-C-EMBRYO-2KB, Trichosurus Vulpecula	90	Не исследована	2,1
mpT2	ILGKLLSTAAGLLSNL (16)	LL-16 Alytes obstetricans	83	Антидиабетическое	1,7

110

Пептид T1.1 близок к пептиду «POSSUM\_01-POSSUM-C-EMBRYO-2KB», биологическая активность которого не исследована, пептид mpT2 близок к пептиду «LL-16 Alytes obstetricans», обладающему антидиабетическим действием. С помощью исследований, проведенных нами ранее, установлено, что пептид T1.1 может обладать антиоксидантными свойствами. Поэтому осуществлены исследования по подтверждению биологической активности вышеуказанных природных и синтезированных пептидов.

В таблице 3 представлена информация о синтезированном пептиде mpT2с.

Таблица 3

**Информация о синтезированном пептиде mpT2с**

Показатель	Характеристика
Условное наименование пептида	mpT2с
Аминокислотная последовательность	ILGKLLSTAAGLLSNL
Номер при синтезе	PCM15527-3-0815
Теоретическая молекулярная масса, Да	1683,89
Фактическая молекулярная масса, Да	1683,60

На рисунке 1 представлена хроматограмма пептида mpT2с.

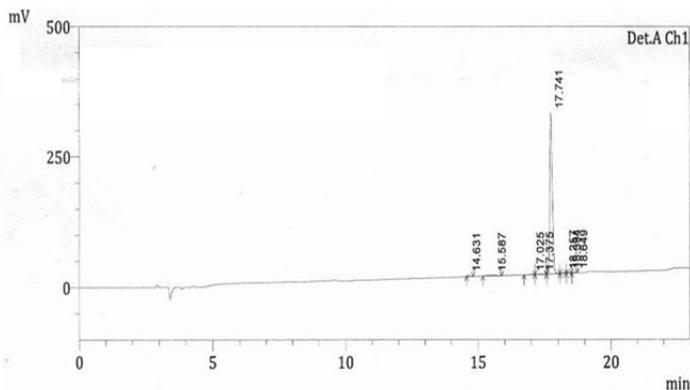


Рис. 1. Хроматограмма пептида mpT2с



На рисунке 2 представлен масс-спектр пептида  $m\Gamma 2c$ .

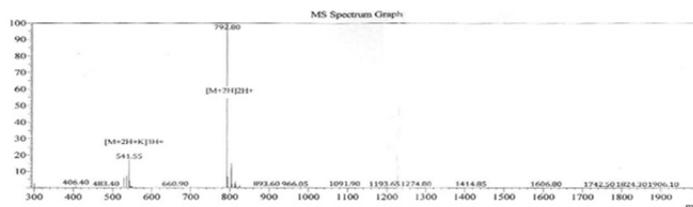


Рис. 2. Масс-спектр пептида  $m\Gamma 2c$

Из полученных данных следует, что синтезированный пептид  $m\Gamma 2c$  идентичен природному пептиду  $m\Gamma 2$ .

В таблице 4 представлены результаты исследования цитотоксичности синтезированного и природного пептида  $m\Gamma 2$ .

Таблица 4

#### Цитотоксичность синтезированного и природного пептида $m\Gamma 2$ , %

Показатель	Контроль	Синтезированный пептид	Природный пептид
Измерение 1, ед.	89 233	89 352	89 465
Измерение 2, ед.	85 678	86 784	87 483
Измерение 3, ед.	90 045	91 034	90 329
Цитотоксичность 1	—	-0,13	-0,26
Цитотоксичность 2	—	-1,29	-2,07
Цитотоксичность 3	—	-1,09	-0,32

В исследуемых образцах нативного пептида цитотоксичность составляет от  $-0,26$  до  $-2,07\%$ , у синтезированного пептида — от  $-0,13$  до  $-1,09\%$ , что свидетельствует об отрицательной цитотоксичности и согласуется с данными исследователей, говорящих о низкой цитотоксичности пептидов [8].

В таблице 5 представлены показатели развития сахарного диабета 2-го типа на фоне применения природного и синтезированного пептида  $m\Gamma 2c$ .

Таблица 5

#### Показатели развития сахарного диабета 2-го типа у крыс линии *Wistar* на фоне применения природного и синтезированного пептида $m\Gamma 2c$

Показатель	Группа			
	1 Интактные (OP)	2 $CD_2$ (OP)	3 $CD_2$ (OP + $m\Gamma 2c$ )	4 $CD_2$ (OP + синтезированный пептид $m\Gamma 2c$ )
Глюкоза, ммоль/л	$6,0 \pm 0,2$	$18,4 \pm 1,1^*$	$10,5 \pm 1,5^*$	$10,2 \pm 1,6^*$
HbA1c, %	$4,1 \pm 0,2$	$10,4 \pm 0,8^*$	$6,9 \pm 0,4^*$	$7,0 \pm 0,3^*$

Примечание. \* Различие с показателем интактной группы достоверно при  $p < 0,05$ .



Правильность выбранной модели сахарного диабета 2-го типа подтверждается развитием гипергликемии у лабораторных животных. Через 30 суток после моделирования СД<sub>2</sub> наблюдали увеличение уровня глюкозы до 18,1 ммоль/л и накопление гликированного гемоглобина до 10,3% во 2-й группе животных, что выше показателей интактной группы в 2,9 и 2,4 раза. Повышенные уровни глюкозы и гликированного гемоглобина являются основным признаком сахарного диабета, и, соответственно, у крыс с индуцированным сахарным диабетом 2-го типа была обнаружена тенденция к значительному повышению уровней этих показателей. Эти результаты согласуются с результатами исследований [9], в которых однократная инъекция стрепозотоцина вызывала повышение уровня глюкозы в крови у крыс с диабетом по сравнению с контрольными крысами.

Введение пептида mрT2 молозива диабетическим животным (3-я группа) сопровождалось менее выраженной гипергликемией. Количество глюкозы и гликированного гемоглобина выше в 1,7 и 1,6 раза по сравнению с исследуемыми показателями интактной группы. В результате исследований установлено, что синтезированный пептид mрT2с обладает антидиабетическими свойствами. Так, количество глюкозы и гликированного гемоглобина у животных 4-й группы, получавших внутрь синтезированный пептид, выше в 1,7 и 1,7 раза.

В проведенном эксперименте лечение нативным и синтезированным пептидами mрT2 индуцированного сахарного диабета 2-го типа направлено на снижение гипергликемии. Результаты исследований согласуются с данными [10], в которых показано, что  $\alpha$ -амилаза (ААМ),  $\alpha$ -глюкозидаза (АГ) и дипептидилпептидаза (DPP-IV) являются ключевыми ферментами в регуляции уровня глюкозы в крови, а ингибирование активности пептидами считается эффективной стратегией контроля СД<sub>2</sub>. Возможно, полученные результаты связаны со сходством исследуемых пептидов с глюкагоноподобным пептидом.

Полученные данные об антигипергликемическом действии пептидов на модели крыс с сахарным диабетом 2-го типа согласуются с исследованием [11], в которых доказан противодиабетический эффект гидролизатов белка верблюжьего молока *in vitro* за счет ингибирования ключевых метаболических ферментов, таких как дипептидилпептидаза-IV,  $\alpha$ -амилаза и  $\alpha$ -глюкозидаза.

В настоящем исследовании группа леченных животных показала значительно более низкие уровни глюкозы по сравнению с нелечеными. Полученные результаты также сопоставимы с результатами исследования [12], при котором повышенные уровни глюкозы в крови у крыс с индуцированным диабетом были значительно снижены после лечения гидролизатом молока. Аналогичные результаты были получены [13], когда кормление крыс с диабетом ферментированным продуктом из верблюжьего молока приводило к снижению уровня глюкозы. Наши результаты согласуются с сообщениями, демонстрирующими, что присутствие инсулиноподобных молекул в гидролизатах молока способствуют его гипогликемической активности [14]. Следовательно,



наши результаты доказали гипогликемический эффект природного и синтезированного пептида молозива коров против индуцированного сахарного диабета 2-го типа. Возможно, это связано с присутствием инсулиноподобных молекул. На молекулярном или клеточном уровне гидролизат молочного белка, возможно, оказывает прямое воздействие на функцию рецепторов инсулина и может играть роль в транспорте глюкозы в чувствительных к инсулину тканях, оказывать прямое или косвенное воздействие на секрецию инсулина  $\beta$ -клетками поджелудочной железы, а также влиять на выживание, рост и общую активность в клетках поджелудочной железы, что рассмотрено в исследовании [15]. Это также согласуется с исследованиями [16], которые указали на возможность ингибирования гидролизатами молочного белка 2 основных метаболических ферментов (дипептидилпептидазы-IV и  $\alpha$ -амилазы), регулирующих секрецию инсулина и переваривание углеводов, путем снижения уровня глюкозы в крови. В исследовании [16] установлено, что добавление белковых гидролизатов в модели сахарного диабета, индуцированного стрептозотоцином, оказывает противодиабетическое действие за счет уменьшения свободных радикалов, повышения уровня антиоксидантов и регулирования окислительно-восстановительного статуса, следовательно, восстанавливает уровень глюкозы и инсулина в крови.

Результаты исследований по снижению уровня глюкозы в крови крыс с индуцированным сахарным диабетом 2-го типа согласуются с результатами в работе [17], где доказано, что гидролизаты белка *Octopus vulgaris* обладают антигипергликемической активностью, о чем свидетельствует эффективное снижение уровня глюкозы в крови через 2 часа по сравнению с группой, получавшей негидролизованые мышечные белки осьминога, причем результаты сопоставимы с теми, которые достигаются акарбозой (стандартным противодиабетическим препаратом). Аналогичным образом показано снижение глюкозы при введении козьего, верблюжьего, коровьего и буйволиного молока у крысы с диабетом, индуцированным стрепозотоцином [18].

В таблице 6 представлена информация о синтезированном пептиде T1.1c.

Таблица 6

#### Информация о синтезированном пептиде T1.1c

Наименование пептида	T1.1c
Последовательность аминокислот	SQKKKNCPNGTRIRVPGPGP
Номер при синтезе	PCM15633-2-1224
Теоретическое значение молекулярной массы, Да	2134,49
Фактическое значение молекулярной массы, Да	2134,20

На рисунке 3 представлена хроматограмма синтезированного пептида Т1.1с.

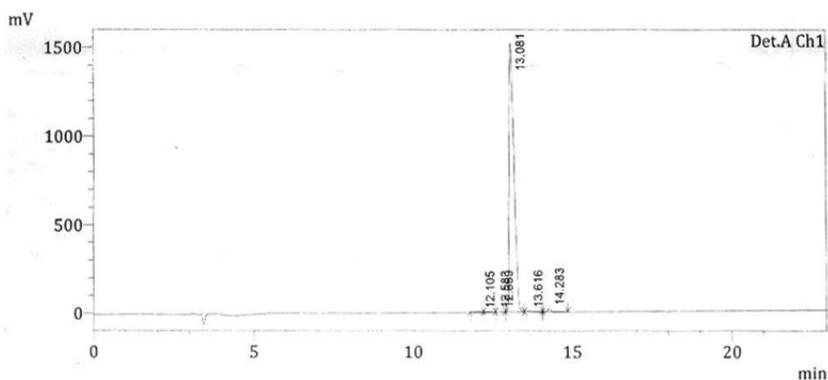


Рис. 3. Хроматограмма пептида Т1.1с

На рисунке 4 представлен масс-спектр пептида Т1.1с.

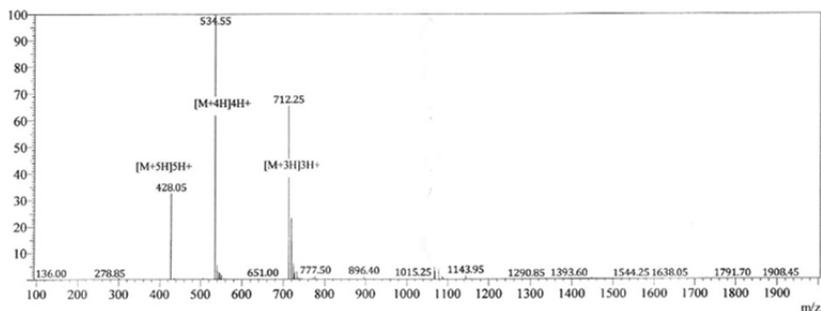


Рис. 4. Масс-спектр пептида Т1.1с

Из полученных данных следует, что синтезированный пептид Т1.1с идентичен природному пептиду Т1.1.

Изучены антиоксидантные свойства природного и синтезированного пептида Т1.1 (табл. 7).

Таблица 7

**Антиоксидантная активность природного и синтезированного пептида Т1.1**

Пептид	АОА, ммоль экв. тролокса/л		
	DPPH	ABTS	FRAP
Т1.1с	3,23 ± 0,06	4,51 ± 0,04	3,45 ± 0,08
Т1.1	3,57 ± 0,04	4,62 ± 0,07	3,19 ± 0,05
Пептид, полученный в результате ферментации молочнокислых бактерий коровьего молока [19]	2,214 ± 0,023	Не исследованы	Не исследованы



В результате исследований подтверждена антиоксидантная активность синтезированного пептида Т1.1с, которая достоверно не отличается от активности природного пептида. Количественная оценка антиоксидантной активности исследуемых пептидов согласуется с результатами исследования [19], в котором установлено, что АОА пептида, полученного при ферментации молочнокислых бактерий коровьего молока, составляет 2,214 ммоль экв. тролокса/л. Эти данные согласуются с исследованием [20], где доказано, что пептиды, выделенные из гидролизатов молочных белков, способны поглощать свободные радикалы, хелатировать металлы и восстанавливать тиоловые группы в белках.

### Заключение

115

Синтезировано два пептида, аминокислотная последовательность, молекулярная масса, количество аминокислот которых повторяла таковые у природных пептидов, полученных в процессе трипсинового гидролиза молозива. Анализ специфических свойств пептидов показал аналогичность биологического действия синтетических и природных пептидов при полном отсутствии цитотоксичности.

### Список литературы

1. Болдырева Ю.В., Лебедев И.А., Захарчук Е.В. и др. Олигопептиды как биохимически значимые молекулы // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2021. Т. 18, №2. С. 138–146. doi: 10.22138/2500-0918-2021-18-2-138-146.
2. Chernukha I.M., Mashentseva N.G., Afunasev D.A., Vostrikova N.L. Biologically active peptides of meat and meat product proteins: a review. Part 2. Functionality of meat bioactive peptides // Theory and Practice of Meat Processing. 2020. Vol. 5 (2). P. 12–19. doi: 10.21323/2414-438X-2020-5-2-12-19.
3. Duffuler P., Bhullar K.S., de Campos Zani S.C., Wu J. Bioactive Peptides: From Basic Research to Clinical Trials and Commercialization // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2022. Vol. 70 (1). P. 3585–3595. doi: 10.1021/acs.jafc.1c06289.
4. Merrifield R.B. Solid Phase Peptide Synthesis I. The Synthesis of a Tetrapeptide // Journal of the American Chemical Society. 1963. Vol. 85 (14). P. 2149–2154. doi: 10.1021/ja00897a025.
5. Palomo J. M. Solid-phase peptide synthesis: an overview focused on the preparation of biologically relevant peptides // RSC Advances. 2014. Vol. 4. P. 32658–32672. doi: 10.1039/C4RA02458C.
6. Ramesh S., de la Torre B.G., Albericio F. et al. Microwave-Assisted Synthesis of Antimicrobial Peptides // Methods in molecular biology (Clifton, N.J.). 2017. Vol. 1548. P. 51–59. doi: 10.1007/978-1-4939-6737-7\_4.
7. Feduraev P., Skrypnik L., Nebreeva S. et al. Variability of Phenolic Compound Accumulation and Antioxidant Activity in Wild Plants of Some Rumex Species (Polygonaceae) // Antioxidants. 2022. Vol. 11 (2). P. 311. doi: 10.3390/antiox11020311.
8. Gomara M.J., Perez Y., Martinez J.P. et al. Peptide Assembly on the Membrane Determines the HIV-1 Inhibitory Activity of Dual-Targeting Fusion Inhibitor // Peptides. 2019. Vol. 9 (1). P. 3257. doi: 10.1038/s41598-019-40125-4.
9. Ghanbari E., Nejati V., Khazaei M. Improvement in serum biochemical alterations and oxidative stress of liver and pancreas following use of royal jelly in streptozotocin-induced diabetic rats // Cell J. 2016. 18:362.

10. Yang S., Dai J., Aweya J.J. et al. The Antibacterial Activity and Pickering Emulsion Stabilizing Effect of a Novel Peptide, SA6, Isolated from Salt-Fermented *Penaeus vannamei* // Food Bioprocess Technology. 2023. P. 1312–1323. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03000-9>.
11. Nongonierma A.B., Cadamuro C., Le Gouic A. et al. Dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) inhibitory properties of a camel whey protein enriched hydrolysate preparation // Food Chem. 2019. 279:70–79. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.142>.
12. Ismail T., Ahmad Z., Sestili P. et al. Camel's milk concentrate inhibits streptozotocin induced diabetes // Food Biosci. 2018. 26:73–79.
13. Manaer T., Yu L., Zhang Y. et al. Antidiabetic effects of shubat in type 2 diabetic rats induced by combination of high-glucose-fat diet and low-dose streptozotocin // J. Ethnopharmacol. 2015. 169:269–274. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.04.032>.
14. Korish A.A., Abdel Gader A.G.M., A.A. Alhaider. Comparison of the hypoglycemic and antithrombotic (anticoagulant) actions of whole bovine and camel milk in streptozotocin-induced diabetes mellitus in rats // J. Dairy Sci. 2020. 103:30–41. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16606>.
15. Agrawal R.P., Jain S., Shah S. et al. Effect of camel milk on glycemic control and insulin requirement in patients with type 1 diabetes: 2-years randomized controlled trial // Eur. J. Clin. Nutr. 2011. 65:1048–1052.
16. Kamal H., Jafar S., Mudgil P. et al. Inhibitory properties of camel whey protein hydrolysates toward liver cancer cells, dipeptidyl peptidase-IV, and inflammation // J. Dairy Sci. 2018. 101:8711–8720. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14586>.
17. Salem M.A., Ezzat S.M. Nanoemulsions in food industry // Dispersed Food Systems. L., 2019. P. 1–21. doi: 10.5772/intechopen.79447.
18. Meena S., Rajput Y.S., Pandey A.K. et al. Camel milk ameliorates hyperglycaemia and oxidative damage in type-1 diabetic experimental rats // J. Dairy Res. 2016. 83:412–419. <https://doi.org/10.1017/S002202991600042X>.
19. O'Keefe M.B., Conesa C., FitzGerald R.J. Identification of angiotensin converting enzyme inhibitory and antioxidant peptides in a whey protein concentrate hydrolysate produced at semi-pilot scale // Int. J. Food Sci. Technol. 2017. 52:1751–1759. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13448>.
20. Power-Grant O., McCormack W.G., Ramia De Cap M. et al. Evaluation of the antioxidant capacity of a milk protein matrix in vitro and in vivo in women aged 50–70 years // Int. J. Food Sci. Nutr. 2016. 67:325–334. <https://doi.org/10.3109/09637486.2016.1153607>.

#### Об авторах

Сергей Леонидович Тихонов – д-р техн. наук, проф., Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия, проф., Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: tihonov75@bk.ru

ORCID: 0000-0003-4863-9834

Наталья Валерьевна Тихонова – д-р техн. наук, проф., Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: tihonov75@bk.ru

ORCID: 0000-0001-5841-1791

Елизавета Андреевна Улитина – аспирант, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: egorulitin@inbox.ru

ORCID: 0009-0006-8660-4527



S. L. Tikhonov<sup>1, 2</sup>, N. V. Tikhonova<sup>2</sup>, E. A. Ulitina<sup>2</sup>

## COMPARATIVE EVALUATION OF THE BIOLOGICAL EFFECT OF NATIVE AND SYNTHESIZED PEPTIDES

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev

<sup>2</sup> Ural State Agrarian University

Received 10 September 2023

Accepted 11 October 2023

doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-8

117

**To cite this article:** Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Ulitina E. A., 2023, Comparative evaluation of the biological effect of native and synthesized peptides, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 106–117. doi: 10.5922/gikbfu-2023-3-8.

*Biologically active peptides are considered as preventive and therapeutic agents for various diseases. Due to the high cost and complexity of isolating native peptides for use in pharmaceuticals, synthetically produced peptides are increasingly being used in dietary supplements. The aim of the research is to confirm the similarity and biological activity of synthesized peptides compared to native peptides. Synthesized and native peptides from bovine colostrum with the code names T1.1 and mpT2 were used as the objects of the study. The peptides were synthesized using the solid-phase method. Peptide T1.1 is similar to the peptide «POSSUM\_01-POSSUM-C-EMBRYO-2KB», the biological activity of which has not been studied. Peptide mpT2 is similar to the anti-diabetic peptide «LL-16 Alytes obstetricans». It has been proven that the synthesized peptides do not differ from natural ones in terms of physical and chemical characteristics. Both synthesized and natural peptides are non-toxic. The anti-diabetic effect of natural and synthesized peptide mpT2 on animals with induced type 2 diabetes and the antioxidant activity of synthesized and natural peptide T1.1 have been demonstrated.*

**Keywords:** cow colostrum peptides, synthesized peptides, molecular weight, amino acid sequence, cytotoxicity, antihyperglycemic effect, antioxidant activity

### The authors

Prof. Sergey L. Tikhonov, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Russia; Ural State Agrarian University, Russia.

E-mail: tihonov75@bk.ru

ORCID: 0000-0003-4863-9834

Prof. Natalya V. Tikhonova, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Russia; Ural State Agrarian University, Russia.

E-mail: tihonov75@bk.ru

ORCID: 0000-0001-5841-1791

Elizaveta A. Ulitina, PhD Student, Ural State Agrarian University, Russia.

E-mail: egorulitin@inbox.ru

ORCID: 0009-0006-8660-4527

## ТРЕБОВАНИЯ И УСЛОВИЯ ПУБЛИКАЦИИ СТАТЕЙ В ВЕСТНИКЕ БФУ им. И. КАНТА

Серия: Естественные и медицинские науки



### Правила публикации статей в журнале

118

1. Представляемая для публикации статья должна быть актуальной, обладать новизной, содержать постановку задач (проблем), описание основных результатов исследования, полученных автором, выводы, а также соответствовать правилам оформления.

2. Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не публиковавшимся ранее в других изданиях. При отправке рукописи в редакцию журнала автор автоматически принимает на себя обязательство не публиковать ее ни полностью, ни частично без согласия редакции.

3. Рекомендованный объем статьи — не менее 20 тыс. знаков с пробелами.

4. Все присланные в редакцию работы проходят двойное «слепое» рецензирование, а также проверку системой «Антиплагиат», по результатам которых принимается решение о возможности включения статьи в журнал. Рецензентами выступают как члены редакционной коллегии журнала, так и внешние эксперты.

5. Статьи на рассмотрение принимаются в режиме онлайн. Для этого авторам нужно зарегистрироваться на портале Единой редакции научных журналов БФУ им. И. Канта <https://journals.kantiana.ru/submit/> и следовать подсказкам в разделе «Подать статью онлайн».

6. Решение о публикации (или отклонении) статьи принимается редакционной коллегией журнала после ее рецензирования и обсуждения.

7. Автор имеет право публиковаться в одном выпуске журнала один раз; второй раз — в соавторстве (в исключительном случае и только по решению редакционной коллегии).

8. Плата за публикацию рукописей не взимается.

### Комплектность и форма представления авторских материалов

1. Статья должна содержать следующие элементы:

а) индекс УДК — должен достаточно подробно отражать тематику статьи (основные правила индексирования по УДК см.: <http://www.naukapro.ru/metod.htm>);

б) название статьи строчными буквами на русском и английском языках (*до 12 слов*);

в) аннотацию на русском и английском языках (*150–250 слов, то есть 500 печатных знаков*). Располагается перед ключевыми словами после заглавия;

г) ключевые слова на русском и английском языках (*4–8 слов*). Располагаются перед текстом после аннотации;

д) список литературы, оформленный в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. Должен включать от 15 до 30 источников, не менее 50 % которых должны представлять современные (не старше 10 лет) публикации в изданиях, рецензируемых ВАК, и (или) в международных изданиях. Оптимальный уровень самоцитирования автора — не выше 10 % от списка использованных источников;

е) сведения об авторах на русском и английском языках (ФИО полностью, ученые степени, звания, должность, место работы (организация, город, страна), e-mail, ORCID);

ж) сведения о языке текста, с которого переведен публикуемый материал.

2. Ссылки на литературу в тексте статей даются только в квадратных скобках с указанием номера источника из списка литературы, приведенного в конце статьи: первая цифра — номер источника, вторая — номер страницы (например: [12, с. 4]).

3. Рукописи, не отвечающие требованиям, изложенным в пункте 1, в печать не принимаются, не редактируются и не рецензируются.

## Общие правила оформления текста

Авторские материалы должны быть подготовлены *в электронной форме* в формате листа А4 (210 × 297 мм).

Все текстовые авторские материалы принимаются исключительно в формате *doc* и *docx* (Microsoft Office).

Подробная *информация о правилах оформления текста*, в том числе *таблиц, рисунков, ссылок и списка литературы*, размещена на сайте Единой редакции научных журналов БФУ им. И. Канта: <https://journals.kantiana.ru/vestnik/nature/rules//>.

## Порядок рецензирования рукописей статей

1. Редакционная коллегия журнала «Вестник БФУ им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки» осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензии хранятся в издательстве и в редакции издания в течение 5 лет.

2. Ответственный редактор журнала определяет соответствие статьи профилю журнала, требованиям к оформлению и направляет ее на рецензирование специалисту, доктору или кандидату наук, имеющему наиболее близкую к теме статьи научную специализацию.

3. Сроки рецензирования в каждом отдельном случае определяются ответственным редактором с учетом создания условий для максимально оперативной публикации статьи.

4. В рецензии освещаются следующие вопросы:

- а) степень интереса тематики для читателей журнала;
- б) степень оригинальности статьи;
- в) точность и адекватность представленной информации;
- г) знание существующего состояния дел по данной проблематике;
- д) стиль и манера изложения;
- е) логичность построения статьи;

5. Рецензирование проводится конфиденциально. Автор рецензируемой статьи может ознакомиться с текстом рецензии. Нарушение конфиденциальности допускается только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.

6. Если в рецензии содержатся рекомендации по исправлению и доработке статьи, ответственный редактор направляет автору текст рецензии с предложением учесть их при подготовке нового варианта статьи или аргументированно (частично или полностью) их опровергнуть. Доработанная (переработанная) автором статья повторно направляется на рецензирование.

7. Статья, не рекомендованная рецензентом к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Текст отрицательной рецензии направляется автору по электронной почте.

8. Наличие положительной рецензии не является достаточным основанием для публикации статьи. Окончательное решение о целесообразности публикации принимается редколлегией журнала.

9. После принятия редколлегией журнала решения о допуске статьи к публикации ответственный редактор информирует об этом автора и указывает сроки публикации.

10. Текст рецензии направляется автору по электронной почте.

11. Редакция журнала «Вестник БФУ им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки» направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство образования и науки Российской Федерации при поступлении в редакцию издания соответствующего запроса.

*Научное издание*

ВЕСТНИК  
БАЛТИЙСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА  
им. И. КАНТА

Серия

Естественные и медицинские науки

2023

№ 3

Редактор *Е. Т. Иванова*  
Компьютерная верстка *Г. И. Винокуровой*

Подписано в печать 24.01.2024 г.  
Формат 70×108 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Усл. печ. л. 10,5  
Тираж 300 экз. (1-й завод 40 экз.). Цена свободная. Заказ 14  
Подписной индекс 94113

Издательство Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта  
236041, г. Калининград, ул. А. Невского, 14