

ISSN 2500-3208

**БФУ** БАЛТИЙСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ИММАНУИЛА КАНТА

**IKBFU** 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  
2024

12+

**Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта.**  
Сер.: Естественные и медицинские науки. — 2024. — №3. — 140 с.

*Редакционная коллегия*

*И. С. Гуменюк*, канд. геогр. наук, БФУ им. И. Канта (главный редактор);  
*С. С. Антипов*, д-р биол. наук, проф., Воронежский государственный университет; *А. Г. Архипов*, д-р биол. наук, Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО»; *Е. И. Голубева*, д-р биол. наук, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова; *В. А. Гриценко*, д-р физ.-мат. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *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; *Е. Г. Кропинова*, д-р геогр. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *С. 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; *Т. Пальмовский*, д-р географии, проф., Гданьский университет; *А. Разбадаускас*, проф., Клайпедский университет; *И. В. Реверчук*, д-р мед. наук, д-р психол. наук, проф., Самаркандский государственный медицинский университет, АНО ДПО «Биоинститут охраны соматопсихического здоровья»; *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; *С. А. Сухих*, д-р техн. наук, доц., БФУ им. И. Канта; *Г. Н. Чупахина*, д-р биол. наук, проф., БФУ им. И. Канта

*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.



Дата выхода в свет ??.10.2024 г.

© БФУ им. И. Канта, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

### *Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география*

<i>Лачининский С. С., Сорокин И. С.</i> Факторы, влияющие на трансформацию функциональной и пространственной структуры Санкт-Петербургской агломерации в 2020-е годы .....	5
<i>Гресь Р. А.</i> Этнокультурные аспекты арктической специфики в стратегиях социально-экономического развития регионов и муниципалитетов Арктической зоны Российской Федерации .....	23
<i>Кононенко Д. С.</i> Динамика численности русской диаспоры в Прибалтийских республиках в 2018 – 2023 годах .....	43

### *Физическая география, геоэкология и океанология*

<i>Сивков В. В., Гуцин А. В., Данченков А. Р., Шаламов А. Ю.</i> Донные ландшафты на подводном береговом склоне у мыса Таран (юго-восточное побережье Балтийского моря) .....	58
<i>Бубнова Е. С., Ефимова К. А., Волков С. Д.</i> Взвешенное вещество в Гданьской впадине в кислородных и бескислородных условиях в 2018 – 2023 годах .....	69

### *Биология, биотехнология и экология*

<i>Тихонов С. Л., Тихонова Н. В.</i> Разработка и прогнозирование токсичности нового антитромбоцитарного пищевого пептида .....	81
<i>Бурова Н. В., Дюкова Е. А.</i> Эколого-географические предпосылки выбора технологических решений для проведения биологической рекультивации техногенно нарушенных территорий .....	89
<i>Попова Е. А., Пунгин А. В., Пантюхина А. П.</i> Повышение биосинтеза вторичных метаболитов в каллусных культурах <i>Hyssopus officinalis</i> L. ....	102
<i>Дедков В. П., Петрова Н. Г., Харитонов Л. А., Яковлева Т. А., Яковлева С. А.</i> Биоразнообразие растений коллекционного фонда Ботанического сада БФУ им. И. Канта .....	127

## CONTENTS

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

<i>Lachininskii S. S., Sorokin I. S.</i> Factors influencing the transformation of the functional and spatial structure of St. Petersburg agglomeration in the 2020-s .....	5
<i>Gres R. A.</i> Ethno-cultural aspects of arctic specificity in socio-economic development strategies of regions and municipalities of the Russian Federation Arctic Zone .....	23
<i>Kononenko D. S.</i> Dynamics of the Russian diaspora in the Baltic republics in 2018 – 2023 .....	43

### *Physical geography, geoecology and oceanology*

<i>Sivkov V. V., Gushin A. V., Danchenkov A. R., Shalamov A. J.</i> Bottom landscapes on the underwater coastal slope at Cape Taran (south-eastern coast of the Baltic Sea)	58
<i>Bubnova E. S., Efimova K. A., Volkov S. D.</i> Total suspended matter in the Gdansk deep at oxygenated / anoxic conditions in 2018 – 2023 .....	69

### *Biology, biotechnology and ecology*

<i>Tikhonov S. L., Tikhonova N. V.</i> Development and prediction of toxicity of a new antiplatelet food peptide .....	81
<i>Burova N. V., Dyukova E. A.</i> Ecological and geographical prerequisites for the selection of technological solutions for biological reclamation of disturbed lands ...	89
<i>Popova E. A., Pungin A. V., Pantyukhina A. P.</i> Increased biosynthesis of secondary metabolites in callus cultures of <i>Hyssopus officinalis</i> L. ....	102
<i>Dedkov V. P., Petrova N. G., Kharitonova L. A., Yakovleva T. A., Yakovleva S. A.</i> Plant biodiversity in the collection of Immanuel Kant Baltic Federal University's Botanical Garden .....	127

УДК 910.3

**С. С. Лачининский<sup>1</sup>, И. С. Сорокин<sup>2</sup>**

**ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ  
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ В 2020-е ГОДЫ**

5

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия; Институт проблем региональной экономики РАН, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия; Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Поступила в редакцию 11.06.2024 г.

Принята к публикации 27.07.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-1

**Для цитирования:** Лачининский С. С., Сорокин И. С. Факторы, влияющие на трансформацию функциональной и пространственной структуры Санкт-Петербургской агломерации в 2020-е годы // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №3. С. 5–22. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-1.

*Цель статьи – предложить и проиллюстрировать конкретными примерами детализированный перечень факторов, влияющих на трансформацию функциональной и пространственной структуры Санкт-Петербургской агломерации на современном этапе, рассматриваемый авторами в 2020–2024 гг. В исследовании функциональная структура городской агломерации – это экономика, структура занятости и специализации, а пространственная структура (географическая) – селитебная система, нанизанная на транспортную и инженерную инфраструктуру. Перечень факторов составлен на основе экспертной позиции авторов, обоснован количественными параметрами и подкреплен имеющимися примерами. Факторы рассмотрены на структурно-экономическом, экономико-географическом, инфраструктурном, технологическом, инновационном и социально-демографическом уровнях. Аналитической базой исследования стали стратегические документы регионального и национального уровней, возможности базы СПАРК-Интерфакс, а также ведомственные материалы.*

**Ключевые слова:** факторы трансформации, функциональная структура, пространственная структура, Санкт-Петербургская агломерация, городская агломерация, технологические уклады, платформенная экономика, сети



## Введение

Современная городская агломерация в России, как и в другой стране мира, представляет собой одновременно и уникальную, и саморазвивающуюся территориальную социально-экономическую систему, объединяющую городские поселения разнообразными связями. Это понятие, представленное в работах Г. М. Лапшю [8; 9], в дальнейшем было использовано в Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года [16]. Оно учитывает такие элементы, как: 1) совокупность компактно расположенных населенных пунктов и территорий между ними; 2) связанность совместным использованием инфраструктурных объектов; 3) объединение интенсивными экономическими, в том числе трудовыми, и социальными связями. Таким образом, в развитии городской агломерации есть две взаимосвязанные области взаимодействия – функциональная и пространственная структуры.

6

В мировой урбанистической литературе на этот счет существует некоторая содержательная и смысловая путаница, связанная с разным пониманием функций отдельных компонентов агломерации, функциональной и пространственной составляющей агломерации.

Академик РАН П. Я. Бакланов [1], опираясь на геосистемный подход, рассматривает городскую агломерацию в качестве интегральной урбанизированной геосистемы. Он указывает, что она имеет сочетание необходимых и достаточных функциональных компонентов, обеспечивающих ее нормальное функционирование и развитие, полагая, что агломерация представлена:

- 1) группами населения;
- 2) компонентами производственной (транспорт, энергетика и др.) и социальной инфраструктуры (жилье, инженерные сети и др.);
- 3) основными производственно-экономическими видами деятельности, а также компонентами сферы обслуживания населения (образование, здравоохранение, торговля, общественное питание и др.).

Таким образом, интегральная геосистема включает все пространство городской агломерации как сочетание пространственных образований социальных, производственно-экономических, природно-ресурсных и компонентов окружающей среды.

Иного подхода придерживаются авторы [17], которые увязывают функционально-территориальную структуру городской агломерации с отраслевой составляющей. Основываясь на эволюционном подходе, они считают, что городская агломерация совершает переход от индустриального к постиндустриальному экономическому развитию. Эти авторы обращают внимание на особую созидательную роль транспорта в формировании функционально-территориальной структуры агломерации. Обеспечивая связность территории городской агломерации, транспорт формирует контактные зоны с определенным набором функций в местах остановок транспорта и особенно в транспортно-пересадочных узлах.

На эти аспекты в сочетании с влиянием транспортного фактора указывает и Э. Боze [2]. Он отмечает, что в контактных зонах агломерации, приуроченных к автомагистралям, происходит усиление и усложнение



связей между городским ядром и его спутниками, а с другой стороны, развиваются полицентрии, формируются города-спутники второго порядка с «зонами опережающего развития». Фактически это соответствует второй фазе перехода агломерации от индустриального к постиндустриальному типу.

Ряд отечественных авторов [3] считает, что трансформация функциональной структуры городской агломерации влечет за собой и изменение ее пространственной организации, расширение границ и степени влияния крупного города на периферию, усиление значимости качества городской среды для развития города. О пространственной организации на примере Ставропольской агломерации пишет и А. Н. Панин [14]. В понимании пространственной организации Ставропольской агломерации он указывает на ведущую роль главных транспортных направлений (искусственных линейных элементов) и системы основных водотоков и водоемов (естественных линейных элементов), проходящих по территории агломерации. По наблюдению П. Я. Бакланова [1], для приморских (прибрежных) агломераций связующими пространственными образованиями становятся участки прибрежной акватории, прилегающие к поселениям, их природно-ресурсные компоненты, что актуально для Санкт-Петербургской агломерации.

### Методологические основы исследования

В актуальном обзорном труде Фонда «Институт экономики города» (2023) [4] отмечается, что структура агломераций может быть довольно сложной, но любая из них морфологически делится на одно или несколько ядер (центров) и периферию (спутниковую зону). Авторы придерживаются «функционально-морфологического подхода» к трактовке агломераций, где за функциональную составляющую в них «отвечает» связность, за морфологическую — территориальная сближенность и компактность (плотность). В этой трактовке речь идет о пространственной структуре городской агломерации.

Как справедливо отмечается в докладе, любая городская агломерация пребывает в состоянии постоянной трансформации. Подвижность границ, сезонные и суточные пульсации, развитие средств коммуникации способствуют удлинению «плеча» агломерационных связей и, как следствие, последовательному расширению границ агломераций: сегодня площадь среднестатистической агломерации больше, чем 30 лет назад. Это наблюдение объясняет сложность управления современными городскими агломерациями.

В толковании городской агломерации Г. М. Лапшо указывал на роль жилых массивов и жилищного строительства, формирующих единую селитебную систему с опорой на транспортную и инженерную инфраструктуру [7]. Это понимание созвучно более раннему подходу В. Я. Любовного, который считал агломерацию скоплением преимущественно городских населенных пунктов, местами срастающихся, объединенных в одно целое интенсивными хозяйственными, трудовыми и культурно-бытовыми связями [13].



Размышляя о функциональной структуре, Г. М. Лапшо отмечает, что «города становятся разными по своему народно-хозяйственному профилю, избирают разные профессии... диверсификация видов деятельности, отраслей промышленности и транспорта, возникновение новых направлений в науке и технике, в искусстве, в сфере обслуживания становились поистине безграничными» [10, с. 5].

Функциональный подход Г. М. Лапшо и В. Я. Любовного созвучен современным зарубежным подходам. Размышляя над развитием городских агломераций, отдельные иностранные авторы [28] указывают на преимущества агломерационных связей, обусловленные «постиндустриальными» взаимодействиями – согласованием, обменом и обучением.

Понятие о пространственной структуре городской агломерации [24] обычно используется для обозначения и обсуждения разнообразной активности населения в пределах городской агломерации. Оно дополняется распределением населения, занятости, объемов строительства, транспортных сетей и землепользования [30], а также такими функциональными характеристиками, как потоки товаров и услуг, взаимодействие между людьми и инфраструктурой и/или контакты лицом к лицу [20], особенностями топографии, обеспеченность ресурсами и отношение к путям [21].

В понимании Жан-Поля Родриго (2024) [22] пространственная структура агломерации опирается на расположение различных видов экономической деятельности с учетом географического положения территорий (центральные районы и периферия). По сути, существующая территориальная (пространственная структура) городской агломерации является результатом концентрации производителей и потребителей в отдельных городских ареалах с высокой плотностью потребителей [19; 29]. Это объясняется аналогией А. С. Скоробогатова. Он приходит к выводу, что численность населения растет там, где оно уже было достаточно большим, создавая «эффект снежного кома», когда более населенные и богатые территории привлекают дополнительное население и капитал, что делает их еще более населенными и богатыми [15].

В одной из самых популярных и цитируемых в мире статей по урбанистике «Urban Spatial Structure» (1998) [18] отмечается, что современная городская пространственная структура все чаще характеризуется децентрализацией, дисперсией и наличием нескольких центров занятости. По мнению экспертов ОЭСР (2015)<sup>1</sup>, она претерпевает глубокие изменения, которые обусловлены несколькими факторами, включая культурные, географические и экономические.

К. Паулсен [31] связывает географию и экономику, подчеркивая, что города расширяются физически и функционально, а люди и экономическая деятельность перемещаются из существующих крупных городских ядер вовне. Это создает условия для превращения городской агломерации в «региональный феномен», в котором городское ядро больше не характеризуется исключительно высокой плотностью населения, оно

<sup>1</sup> OECD Regional Development Working Papers are published on <http://www.oecd.org/gov/regional/workingpapers> (дата обращения: 03.04.2024).





включают в себя обширные территории с низкой плотностью населения, функционально связанные с ним. С. Ким [23] обращает внимание на уменьшение градиентов плотности населения с соответствующим перераспределением населения внутри городского пространства. По материалам доклада, в городах ОЭСР доля пригородного населения странах Запада достигает 44–50 % численности населения городской агломерации. В российских агломерациях эта доля не превышает 25–35 %. В статье [12] выяснили, что с 2010–2020 гг. доля ядра Санкт-Петербургской агломерации в общей численности населения агломерации сократилась с 73,5 до 69 %.

Российская практика показывает, что дополнительным фактором расширения остается «второе жилье»: распространение дач «для избранных» (в имперский и советский период), а затем коттеджей и ИЖС «для многих» (в постсоветский период).

А. Н. Демьяненко [5] как раз приводит наблюдения о «дачном феномене» Б. С. Жихаревича для Ленинграда конца 1980-х гг.: «...летнее население коллективных садов... в 2–4 раза превышает местное население», а «крупнейшие садоводческие массивы предстают как сезонные поселения большой людности. ...летом коллективные сады становятся густонаселенными территориями с плотностью населения, немного уступающей городской» [6, с. 84, 85].

Таким образом функциональная структура городской агломерации связана с экономикой, структурой занятости и специализацией, а пространственная структура (географическая) — с селитебной системой, нанизанной на транспортную и инженерную инфраструктуру. Этого подхода мы будем придерживаться в данной статье.

### Материалы исследования

Опираясь на проведенный библиографический анализ, рассмотрим три группы факторов, влияющих на трансформацию пространственной и функциональной структуры Санкт-Петербургской агломерации в 2020-е гг.

Следует заметить, что рассматриваемый период 2020–2024 гг., несмотря на его короткую протяженность, насыщен следующими событиями: пандемия COVID-19, разрушение сложившихся глобальных цепочек добавленной стоимости, СВО и санкционная политика стран Запада, активное импортозамещение, новая индустриализация за счет ВПК в регионах России, масштабные институциональные реформы, включая запуск новых национальных проектов, и др. Каждое из этих событий значительно повлияло на развитие макроэкономической стабильности, внутренний спрос, экономический профиль регионов и городов, структуру промышленности и т. д.

На основании вышесказанного, а также с учетом ранее проведенных исследований [11–12, 25–27] выделяем внешние (глобальные) факторы, внешние (национальные) факторы и внутренние (агломерационные) факторы, влияющие на трансформацию пространственной и функциональной структуры Санкт-Петербургской агломерации в 2020-е гг. (табл.).



**Факторы, влияющие на трансформацию пространственной  
и функциональной структуры Санкт-Петербургской агломерации  
в 2020-е гг.**

Факторы, влияющие на трансформацию	Санкт-Петербургская городская агломерация в 2020-е гг.	
	Пространственная структура	Функциональная структура
<i>Внешние (глобальные) факторы</i>		
А. Пандемия COVID-19	1.И. Рост ИЖС-строительства и второго жилья в ближней зоне	1.П. Трансформация традиционных отраслей, расширение удаленной занятости, требования к общественным зонам
Б. Геоэкономическая турбулентность. Рестрикции и ограничения стран Запада	2.И. Расширение межрегиональных связей и внутренней кооперации	2.П. Промышленное импортозамещение в ядре и городах-спутниках
В. Геополитическая турбулентность. СВО	3.И. Рост платежеспособного спроса и приобретение жилья за счет государственных дотаций и льгот в ближней и дальней зоне	3.П. Развитие военных и двойных производств в пределах агломерации
Г. Платформенная экономика. Цифровизация сектора услуг	4.И. Появление Е-маркетплейсов / логопарков как центров притяжения массовой занятости, новой экономики, местного бизнеса в ближней зоне	4.П. Глокализация и регионализация местного производства и новой торговли за счет расширения спроса и появления новых цепочек
Д. Постиндустриализация экономики под влиянием 5—6 технологических укладов	5.И. Формирование научно-технологических парков, технико-внедренческих зон в ближней зоне	5.П. Реновация городских территорий под более капиталоемкие виды деятельности в ядре
<i>Внешние (национальные) факторы</i>		
Е. Активная государственная пространственная политика	6.И. Развитие транспортной и инженерной сети в пределах всей городской агломерации	6.П. Модернизация городской среды. Обустройство городов внутри ядра
Ж. Рост миграционных потоков и привлекательности для мигрантов из регионов России	7.И. Бесконтрольный экстенсивный рост застроенных территорий в ближней зоне	7.П Обновление структуры занятости, расширение отраслевой структуры экономики
З. Политика государства и федеральных государственных корпораций	8.И. Появление общественно-делового комплекса «Лахта-Центр» как организующего центра ядра и ближней зоны	8.П. Появление инжиниринговых, профессиональных, научно-технологических услуг и смежников ведущих корпораций



Факторы, влияющие на трансформацию	Санкт-Петербургская городская агломерация в 2020-е гг.	
	Пространственная структура	Функциональная структура
И. Реализация национальных проектов в рамках государственной политики Российской Федерации	9.I. Создание новых объектов экономики и социальной сферы как центров новой занятости, элементов полицентрической структуры агломерации	9.II. Усложнение структуры экономики за счет новой медицины, науки, промышленности и услуг
Внутренние (агломерационные) факторы		
К. Активная субурбанизация	10.I. Уплотнение агломерационного пространства за счет интенсивной суточной и сезонной миграции в ближней и дальней зоне	10.II. Сочетание второго жилья, рекреации, бизнеса в пригородной зоне
Л. Межрегиональное сотрудничество Санкт-Петербурга и Ленинградской области	11.I. Рост доступности сезонной миграции пенсионеров города и области в рамках межмуниципального и межрегионального взаимодействия	11.II. Формирование институциональной базы между Санкт-Петербургом и Ленинградской областью в области транспортных перевозок, вывоза бытового мусора и развития транспортной инфраструктуры
М. Освоение и развитие прибрежной зоны Финского залива	12.I. Расширение селитебной, рекреационной, транспортно-логистической и промышленно-производственной деятельности в прибрежной зоне	12.II. Появление современных объектов в качестве новых организующих центров городской территории в пределах ядра, ближней зоны
Н. Исчерпание земельных ресурсов в ядре агломерации	13.I. Распространение строительной активности на периферийные территории, в том числе в Ленинградской области, поиск внутренних ресурсов для вторичного освоения (редевелопмента)	13.II. Рост ценности земли в городе, рост стоимости недвижимости, изменения структуры сбережения. Создание условий для имущественного неравенства между городом и периферией
О. Особенности градостроительной и транспортной политики Санкт-Петербурга и Ленинградской области	14.I. Фактический запрет на редевелопмент промышленных территорий в Санкт-Петербурге, который стимулирует «расползание» (спрол) жилой застройки, а также сохранение и развитие промышленности, развитие транспортной инфраструктуры через формат государственно-частного партнерства (ГЧП)	14.II. Консервация индустриальной экономики города, рост маятниковой миграции, рост зависимости от частного бизнеса, в том числе крупных банков и застройщиков, в вопросах развития инфраструктуры

Рассмотрим некоторые факторы интеграционного характера, которые затрагивают и пространственную, и функциональную структуру Санкт-Петербургской агломерации. На рисунке 1 отображены ареалы активной застройки многоквартирными домами, а также ареалы ИЖС.

Крупные торговые объекты располагаются в контактной зоне агломерации, концентрируются на вылетных магистралях вблизи города.

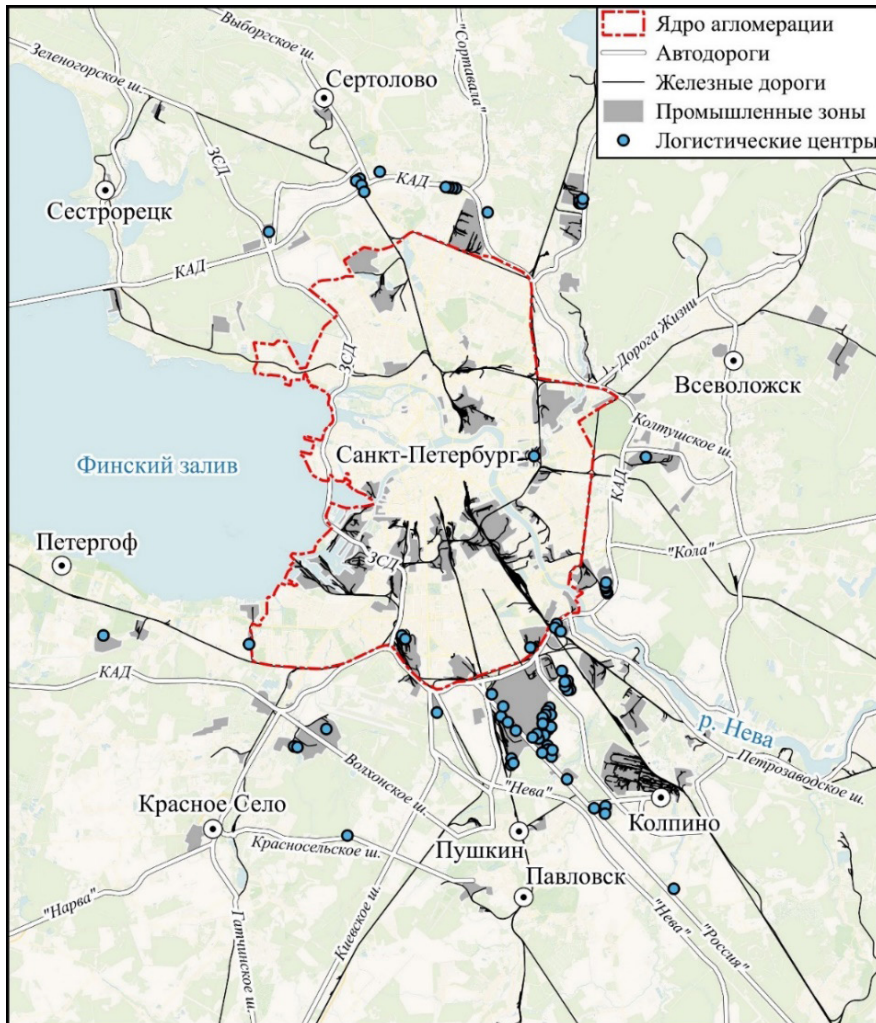


Рис. 1. Освоение контактной зоны Санкт-Петербургской агломерации

Влияние отдельных объектов на функциональную структуру агломерации представлено на рисунке 2.

Размещение промышленности и крупных логистических объектов — складов, логистических терминалов (логопарков), распределительных центров торговых сетей и маркетплейсов, а также сортировочных центров логистических компаний (например, «DPD», «Деловые линии», «СДЭК» и проч.).

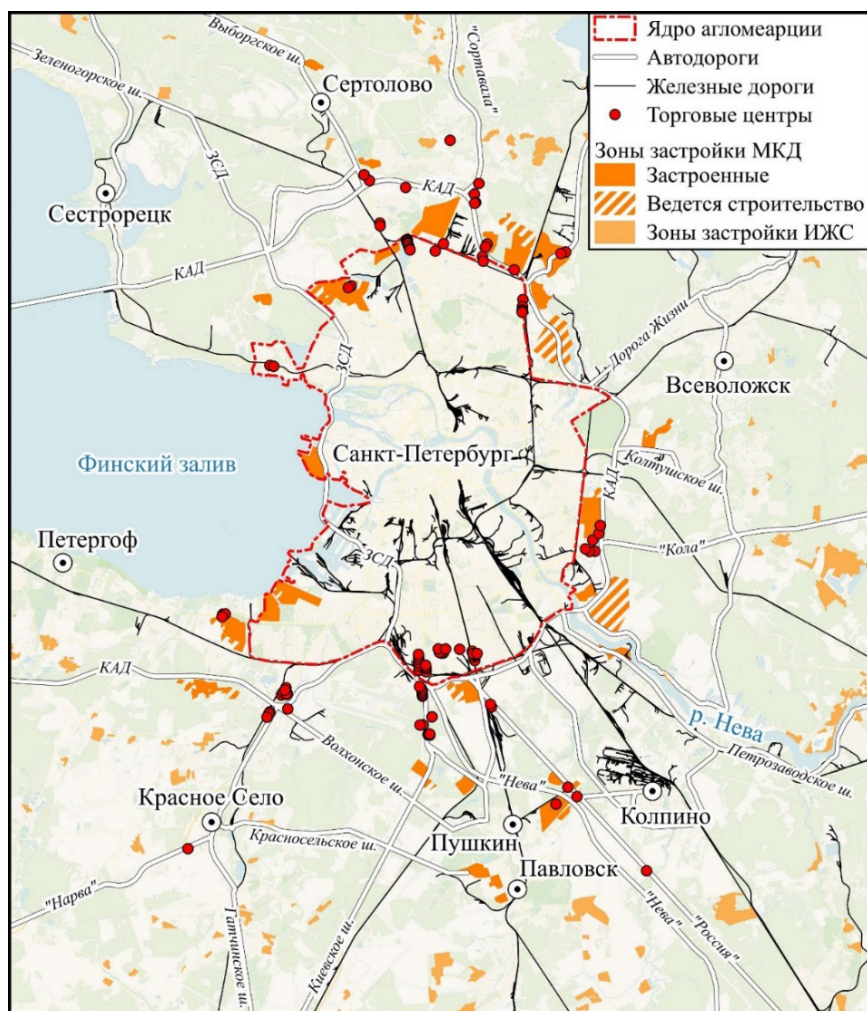


Рис. 2. Промышленность и логистика в контактной зоне Санкт-Петербургской агломерации

### *Рост ИЖС-строительства и второго жилья в ближней зоне*

Данный фактор проявляется в пространственной структуре агломерации в виде расположения границ, роста селитебных зон, расширения существующих сельских населенных пунктов и появления полностью новых поселков.

С этим неразрывно связано наличие фактора 3.1 – роста масштабов жилищной застройки, вызванного государственной поддержкой и общим ростом спроса на жилье, доступностью ипотечных программ.

Для иллюстрации приведем следующий факт: «...Санкт-Петербург входит в первую тройку регионов страны по количеству и объему выданных льготных ипотечных кредитов за весь срок действия программы



с 2020 года по июль 2024 года... по оценкам «Дом.РФ», на июль 2024 года (включительно) по программе льготной ипотеки в Петербурге было выдано 126,6 тыс. кредитов на общую сумму 0,606 трлн руб.»<sup>1</sup>.

Все это стимулирует рост спроса именно на новостройки, и в целом предпочтения потребителей смещаются на приобретение квартир в новых домах, а не на вторичном рынке.

На рынке недвижимости в рамках эволюционной модели получает развитие тренд на комплексное освоение внутриагломерационных территорий — строительство крупномасштабных жилых комплексов, включающих в себя торговые и общественно-деловые объекты, социальную инфраструктуру. Этот тренд может быть описан, с одной стороны, как реакция на проблемы новостроек 2000—2010-х гг., когда новые дома были лишены многих элементарных удобств вроде доступа к магазинам, услугам, образованию и здравоохранению<sup>2</sup>, а с другой — общей логикой развития постиндустриальных городов и ростом требований покупателей к качеству подобных проектов.

Вместе с тем это проявление роста масштаба деятельности девелоперов и застройщиков: в современной экономике страны и Санкт-Петербурга строительные компании занимают все большую роль, они уже выросли в крупнейшие компании в стране, в 2023 г. получили выручку на сумму 13,5 трлн руб., что на 14 % превышает показатели 2022 г.<sup>3</sup>. Крупнейшие компании при этом строят большую часть жилья в городах-миллионниках — самых маргинальных объектах<sup>4</sup>.

Эти процессы можно описать и в функциональной структуре, ведь они влияют и на экономику, и на занятость, и даже на благосостояние жителей: согласно оценкам фонда «Институт экономики города», капитализация жилищного фонда в агломерациях России в среднем превышает валовый городской продукт (ВГП) агломерации в 2,7 раза, при этом в Московской агломерации показатель превышает ВГП агломерации в 4 раза, в Санкт-Петербургской, Краснодарской, Казанской агломерациях в 3,2—3,3 раза<sup>5</sup>.

Так или иначе, новые тренды в жилищном строительстве влияют на пространственную структуру агломерации за счет масштабной скупки

<sup>1</sup> Каждую пятую ипотеку по господдержке-2020 россияне оформили в ВТБ // Индикаторы рынка недвижимости. URL: <https://www.irn.ru/news/157225.html> (дата обращения: 20.06.2024).

<sup>2</sup> «ЗаКАДье» или Новый Петербург: какой будет пригородная застройка // РБК. URL: <https://spb.plus.rbc.ru/news/65168efa7a8aa9b5fb32a7e4> (дата обращения: 20.06.2024).

<sup>3</sup> Строительство в российских регионах: итоги 2023 года // Sherpa Group. URL: <https://sherpagroup.ru/analytics/gkvp45> (дата обращения: 20.06.2024).

<sup>4</sup> Россия превратилась в большую стройку, но будущее рынка жилья вызывает тревогу // Деловой Петербург. URL: <https://www.dp.ru/a/2023/05/25/rossija-prevratilas-v-bol> (дата обращения: 20.06.2024).

<sup>5</sup> Долгосрочные тренды в экономике, жилищной и градостроительной сферах крупнейших городских агломераций России / Фонд «Институт экономики города». Москва, 2023 год. URL: [https://cbr.ru/Content/Document/File/156191/press\\_3.pdf](https://cbr.ru/Content/Document/File/156191/press_3.pdf) (дата обращения: 20.06.2024).



земли застройщиками в относительно удаленных частях агломерации<sup>1</sup> и строительства там крупных комплексных проектов, причем у этого развития даже есть основное географическое направление — на юг (Красное Село, Гатчина, Пушкин, Павловск)<sup>2</sup>.

«Расползание города» (спрол) происходит на наших глазах: дефицит земельных ресурсов<sup>3,4</sup>, изменившиеся предпочтения и требования покупателей к жилью, рост популярности проектов комплексного освоения и «окрепшие» (в плане создания крупных межрегиональных или даже международных компаний) и получившие доступ к длинным деньгам застройщики — составляющие этого процесса. Кроме того, наблюдается рост строительной сферы в экономике, структуре занятости города и страны, наверняка отрасль приобретает и определенный вес в политике через какие-то формы лоббизма, ведь строительная деятельность тесно связана как минимум со сферой градостроительной политики (изменения в генплане, правилах землепользования и застройки (ПЗЗ), выдача разрешений на строительство и ввод в эксплуатацию и проч.). Кроме того, Петербург — крупный центр архитектурного образования, где не только гиганты вроде «ПИК», «ЛСР», «Самолет» и прочие, предлагающие отличные карьерные возможности, легко найдут квалифицированных работников, но и даже недавно образованная небольшая строительная компания.

### *Особенности региональной политики в области промышленности*

В последние годы в городе наметился явный тренд не только на сохранение, но и на расширение промышленных зон (предполагается обязать застройщиков выделять земли под промышленность при планировании новых проектов) в ядре городской агломерации, то есть непосредственно в Петербурге<sup>5</sup>. По оценкам Администрации Санкт-Петербурга, в 2024 г.

<sup>1</sup> Объем инвестиций в площадки под строительство жилья в Санкт-Петербургской агломерации увеличился в 2,3 раза // Строительная газета. URL: <https://stroygaz.ru/news/construction/obem-investitsiy-v-ploshchadki-pod-stroitelstvo-zhilya-v-sankt-peterburgskoy-aglomeratsii-uvlechils/> (дата обращения: 20.06.2024).

<sup>2</sup> Власти Ленобласти готовят новые территории под масштабную застройку // Деловой Петербург. URL: <https://www.dp.ru/a/2023/09/04/vlasti-lenoblasti-gotovjat> (дата обращения: 20.06.2024).

<sup>3</sup> Остались ли в Петербурге свободные участки под жилое строительство? // Novostroy. URL: <https://www.novostroy.su/articles/interview/ostalis-li-v-peterburge-svobodnye-uchastki-pod-zhiloe-stroitelstvo/> (дата обращения: 20.06.2024).

<sup>4</sup> Землю больше не производят: почему найти правильный участок под строительство жилья в Петербурге так сложно // Фонтанка.ру. URL: <https://www.fontanka.ru/2024/03/01/73285421/> (дата обращения: 20.06.2024).

<sup>5</sup> И завод в придачу: промзоны в Петербурге разместят поближе к жилым комплексам // Деловой Петербург. URL: <https://www.dp.ru/a/2023/11/08/i-zavod-vpridachu-promzoni> (дата обращения: 20.06.2024).



в городе строятся 70 промышленных объектов, из них 42 — это заводы, 11 — промышленно-складские объекты и 17 — объекты энергетики. Ввести их в строй планируется в течение ближайших трех лет<sup>1</sup>.

В настоящее время градостроительная политика не предполагает перевода промышленных земель в какие-либо другие категории, то есть фактически исключена возможность редузвелопмента новых промышленных территорий<sup>2</sup>. Конечно, это оказывает влияние на развитие промышленности, которая концентрирует большое число рабочих мест и генерирует налоговые поступления, инвестиции. В то же время это усугубляет проблему дефицита земель для строительства и косвенно стимулирует спрол. Создается парадоксальная ситуация — развитие агломерации идет не по пути «выноса» промышленности на периферию с редузвелопментом освободившихся земель под жилую и общественно-деловые функции, а напротив — путем сохранения промышленной функции в ядре, с выносом на периферию жилой функции. Это стоит учитывать при планировании транспортного и инфраструктурного (включая социальную и энергетическую) развития агломерации.

#### *Межрегиональное сотрудничество Санкт-Петербурга и Ленинградской области*

Следует отметить, что межрегиональное или межмуниципальное взаимодействие в рамках городской агломерации — очень распространенная форма на низовом таксономическом уровне в странах Европы и США. Там существует большое число объединений, которые, как правило, уделяют внимание вопросам территориального и стратегического планирования, транспортного развития, разработке и актуализации градостроительных документов.

С учетом того, что жилая функция Санкт-Петербурга все в большей степени выносится в контактную зону города и области, следует ожидать дальнейшего расширения сотрудничества между регионами.

Есть актуальные вопросы этого сотрудничества:

1) развитие общественного транспорта (необходимы согласованные действия, так как транспортная инфраструктура, по сути, общая для двух регионов);

2) вопросы землепользования и градостроительства (следует вспомнить, как в 2010-х гг. Санкт-Петербург не обращал внимания на градостроительную политику Ленинградской области и там выросли целые города, создающие большие транспортные и организационные проблемы для города по сей день);

<sup>1</sup> С новыми вводными: главные инвестпроекты года в Петербурге // Деловой Петербург. URL: [https://www.dp.ru/a/2023/01/11/S\\_novimi\\_vvodnimi](https://www.dp.ru/a/2023/01/11/S_novimi_vvodnimi) (дата обращения: 20.06.2024).

<sup>2</sup> Промышленности Петербурга добавили 630 га земли на новые заводы // Деловой Петербург. URL: <https://www.dp.ru/a/2023/11/28/promishlennosti-peterburga> (дата обращения: 20.06.2024).





3) вопросы финансирования инфраструктуры (условно — Ленобласть оплачивает инфраструктуру в новых районах, в то время как живущие там люди работают в Петербурге, где платят НДФЛ);

4) вопросы экологии и утилизации бытового мусора.

Укрепление, расширение и углубление взаимодействия — насущная необходимость. Многие из вопросов географически разделены между двумя регионами, чтобы оставлять взаимодействие в зачаточном состоянии. Скорее всего, это приведет к более согласованной градостроительной политике (условно — совместное планирование развития территорий с учетом роста нагрузки на общую транспортную инфраструктуру), урегулирования бюджетных вопросов и проч.

Вместе с тем следует отметить, что явно прослеживается лишь тренд выноса селитебной функции в Ленинградскую область, прочие функции город стремится сохранить у себя, поэтому следует ожидать укрепления сотрудничества именно по названным вопросам.

Влияние на транспортное развитие агломерации оказывают как национальные факторы (инвестиции в строительство и развитие федеральных автодорог, в том числе М-11, инвестпрограмма РЖД по развитию железных дорог), так и внутренние.

Санкт-Петербург, являясь отдельным субъектом РФ, представляет собой крупный город с большим, по меркам России, бюджетом, к тому же имеет связи с федеральными финансовыми организациями, например банком «ВТБ», и успешный опыт в реализации государственно-частного партнерства.

Так, в городе реализован проект «Западный скоростной диаметр», частная трамвайная сеть «Чижик», ведется строительство «Широтной магистрали скоростного движения», трамвайной линии в Славянку и в город Колпино.

Таким образом, мы видим, как местная политика (приверженность формату ГЧП, близкие отношения с застройщиками в случае «Чижика» и проч.), сложившиеся институты и финансовая база (банк «ВТБ» и проч.) изменяют функциональную структуру, вследствие чего происходит трансформация пространственной структуры: складывается новый каркас магистральных транспортных объектов, так необходимых быстрорастущему городу.

Когда позволяет случай, город пользуется и федеральными возможностями: участие в национальных проектах, инвестиции в обновление федеральных трасс, инвестиции РЖД и проч. Вместе с тем город пытается решить свои транспортные проблемы самостоятельно в условиях ограниченного бюджета.

Так или иначе, существующая градостроительная политика и дефицит земельных ресурсов ведут к спролу (о чем упоминалось ранее), а это диктует новые подходы к транспортному планированию: расширение пропускной способности «вылетных» (связывающих город с пригородами) магистралей, создание новых «вылетных» магистралей, развитие легкорельсового трамвая (ЛРТ), создание транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) на базе вынесенных на периферию станций метро (Шушары) и проч.



Есть еще одна важная функция, которая в настоящее время выносятся на периферию и превращается там в один из локомотивов развития — складская и логистическая. Это размещение распределительных центров, логистических терминалов (логопарков), крупных складов на пригородных территориях. Это связано, конечно, с появлением новых форматов торговли, а также ритейлеров и онлайн-маркетплейсов как крупных федеральных компаний.

Несколько похожая ситуация с застройщиками — в данной сфере выросли строительные гиганты, способные на масштабные капиталовложения и организацию, по сути, огромных собственных логистических компаний, обслуживающих их деятельность.

Такие логистические форматы не только формируют новую картину грузоперевозок (по федеральным трассам до распределительных центров (РЦ) крупными грузовиками, оттуда развозка по городу на легком коммерческом транспорте), но и меняют рынок труда и экономику как в пространственном, так и в функциональном планах. В пределах Санкт-Петербургской агломерации имеется логопарк во Всеволожском районе — д. Новосаратовка, промзона Уткина Заводь. Также до конца 2024 г. будет сдан новый логопарк «Wildberries»<sup>1</sup>. Строящийся объект позволит складировать и хранить 13,88 млн единиц товаров в год. Транспортная обработка грузов составит более 115 млн заказов в год. На предприятии будет создано 7500 рабочих мест, что в три раза превышает занятость на бывшем автомобилестроительном заводе «Хендай-моторс», который производил до 400 тыс. автомобилей в год. В конце 2023 г. интернет-ритейлер «Ozon» взял в аренду 120 000–130 000 м<sup>2</sup> в логистическом комплексе «PNK парк Колпино», расположенном на юго-востоке Санкт-Петербурга. Также «Ozon» в сотрудничестве с девелопером PST Development строит склад на 135 000 м<sup>2</sup> в Буграх и имеет складской комплекс в Петро-Славянке. «Yandex-маркет» имеет складские комплексы в Шушарах и Парголово.

На складах и РЦ работают тысячи и десятки тысяч человек (если они расположены кластером), что стимулирует маятниковую миграцию, они генерируют значительные налоговые поступления.

Отметим, что в 2022 г. в самом Санкт-Петербурге было 3213,6 тыс. занятых, из них 463 тыс. (14 %) — в обрабатывающих производствах и 319 тыс. (10 %) — в строительстве, 610 тыс. (19 %) — в розничной и оптовой торговле, 301 тыс. (9 %) — в транспортировке и хранении, 127 тыс. (4 %) — в сфере связи и информации и др.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Wildberries откроет распределительный центр в Ленобласти в июне 2024 г. // Ведомости. URL: <https://spb.vedomosti.ru/business/news/2024/04/19/1033028-wildberries-otkroet-raspredelitelny-tsentri-v-lenoblasti-v-kontse-2024-g> (дата обращения: 01.04.2024).

<sup>2</sup> Развитие сферы занятости населения Санкт-Петербурга // Комитет по труду и занятости населения Санкт-Петербурга. URL: <https://ktzn.gov.spb.ru/analiticheskaya-informaciya/razvitie-ekonomiki-i-socialnoj-sfery-sankt-peterburga/> (дата обращения: 01.04.2024).



Кроме того, РЦ снижают издержки в розничной торговле, создают вертикально интегрированные компании в торговле (торговля включает в свой состав транспорт и хранение) и многое другое. Такие форматы логистики оказываются очень чувствительны к уровню развития транспортной инфраструктуры, ведь в своем местоположении они всегда опираются на баланс между близостью к городу как основному рынку сбыта, доступностью крупных земельных участков и доступу к магистральной инфраструктуре. Из-за этого они возникают на ближней периферии города, вблизи федеральных трасс, куда удобно подвозить товары из других городов (особенно из Москвы и Центральной России), доставлять работников из города и развозить товары по магазинам и пунктам выдачи.

### Заключение

В исследовании было выделено три группы факторов, влияющих на трансформацию пространственной и функциональной структуры Санкт-Петербургской агломерации в 2020-е гг., включая внешние глобальные, внешние национальные и внутренние агломерационные факторы.

Отметим, что наиболее существенное влияние оказывают факторы интеграционного характера, которые затрагивают и пространственную, и функциональную структуру Санкт-Петербургскую агломерацию. Среди них выделяется активная жилищная застройка в контактной зоне Санкт-Петербурга и Ленинградской области, а также освоение агломерационного пространства массовыми проектами ИЖС.

Промышленность вместе с логистической деятельностью, обусловленной в том числе электронной торговлей и e-маркетплейсами, существенно насыщает контактную зону ядра и ближней периферии агломерации.

*Исследование выполнено в рамках гранта РНФ №23-27-00084 «Пространственная и функциональная структура крупнейших городских агломераций России в условиях возросших геоэкономических рисков: новые подходы, инструментарий и рекомендации по совершенствованию».*

### Список литературы

1. Бакланов П. Я., Мошков А. В. Городская агломерация как интегральная урбанизированная геосистема // Тихоокеанская география. 2022. №4. С. 29–37. [https://doi.org/10.35735/26870509\\_2022\\_12\\_3](https://doi.org/10.35735/26870509_2022_12_3).
2. Бозе Э. Городская агломерация: старое название – новое содержание // Российское экспертное обозрение. 2007. №4-5. С. 13–16.
3. Балина Т. А., Еропкина Н. Д., Николаев Р. С., Чекменева Л. Ю. Городская среда: новые подходы изучения на примере Пермского края /// Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. 2018. №3 (31). С. 5–16.
4. *Городские агломерации в современной России: проблемы и перспективы развития.* М., 2023.



5. Демьяненко А. Н. Особенности формирования городского пространства Хабаровской агломерации // Тихоокеанская география. 2021 №3. С. 51–63. [https://doi.org/10.35735/26870509\\_2021\\_7\\_51](https://doi.org/10.35735/26870509_2021_7_51).

6. Жихаревич Б. С. Роль агрорекреационной деятельности в формировании интегральной сельско-городской среды // Развитие городских и сельских ареалов Великобритании и СССР. М., 1990. С. 79–87.

7. Лаппо Г. М. Города и пути в будущее. М., 1987.

8. Лаппо Г. М., Полян П. М., Селиванова Т. И. Агломерации России в XXI веке // Вестник Фонда регионального развития Иркутской области. 2007. №1. С. 45–52.

9. Лаппо Г. М. Города России. Взгляд географа. М., 2012.

10. Лаппо Г. М. Разнообразие городов как фактор успешного пространственного развития России // Известия РАН. Сер. Географическая. 2019. №4. С. 3–23.

11. Лачининский С. С., Сорокин И. С. К вопросу о функциональной структуре экономики крупнейших агломераций России в условиях возросших геоэкономических и геополитических рисков // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: География. Геоэкология. 2023. №4. С. 63–76.

12. Лачининский С. С., Сорокин И. С., Максимович Н. В. Трансформация системы расселения Санкт-Петербургской агломерации в 2010–2020-е гг. // Географический вестник. 2023. №3 (66). С. 41–53.

13. Любовный В. Я. Городские агломерации в России: проблемы развития и регулирования // Проблемы развития агломераций в России : сб. тр. Академических чтений. М., 2009. С. 17–33.

14. Панин А. Н., Эшроков В. М., Махмудов Р. К., Верозуб Н. В. Геоинформационный анализ пространственной структуры Ставропольской агломерации // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий : матер. Междунар. конф. М., 2021. Т. 27, ч. 4. С. 373–387. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-4-27-373-387>.

15. Скоробогатов А. С. Агломерационные эффекты, институты и природные ресурсы в изменяющейся экономической географии России // Вопросы экономики. 2017. №1. С. 81–102.

16. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года : утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13.02.2019 г. №207-р. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72074066/?ysclid=l8s8o942ub918001659> (дата обращения: 04.10.2022).

17. Хуснутдинова С. Р., Балина Т. А., Развалова А. А. Изменения функционально-территориальной структуры городской агломерации на рубеже XX–XXI веков (на примере Казанской агломерации) // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2019. №3 С. 68–78. <https://doi.org/10.15593/2409-5125/2019.03.05>.

18. Anas A., Arnott R., Kenneth Small A. // Journal of Economic Literature. 1998. Vol. 36, №3. P. 1426–1464.

19. Combes P.-P., Duranton G., Gobillon L. The Identification of Agglomeration Economies // Journal of Economic Geography. 2011. Vol. 11, iss. 2. P. 253–266. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbq038>.

20. Farber S., Li X. Urban sprawl and social interaction potential: An empirical analysis of large metropolitan regions in the United States // Journal of Transport Geography. 2013. №31. P. 267–277. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.03.002>.



21. *Hohenberg P.M.* The historical geography of European cities: An interpretive essay // J.V. Henderson, J.-F. Thisse (eds.). Handbook of regional and Urban economics. Cities and geography. Elsevier, 2004. P. 3021 – 3052.

22. *Rodrigue J.-P.* The Geography of Transport Systems. N.Y., 2024. doi: 10.4324/9781003343196. URL: <https://transportgeography.org/contents/chapter8/transportation-urban-form/evolution-spatial-structure-city> (дата обращения: 01.04.2024).

23. *Kim S.* Changes in the nature of urban spatial structure in the United States, 1890 – 2000 // Journal of Regional Science. 2007. №47 (2). P. 273 – 287.

24. *Krehl A.* Urban spatial structure: an interaction between employment and built-up volumes // Regional Studies, Regional Science. 2015. Vol. 2, iss. 1. P. 290 – 308.

25. *Lachininskii S.S., Logvinov I.A., Vasileva V.A.* Assessment of urban sprawl of St. Petersburg urban areas based on Landsat satellite images // Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences. 2023. №68 (3). P. 471 – 489. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2023.303>.

26. *Lachininskii S.S., Logvinov I.A., Sorokin I.S.* Modern Methods for Studying the Spatial Structure of Urban Agglomerations (a Case Study of the St. Petersburg Urban Agglomeration) // Regional Research of Russia. 2024. №14 (2). P. 170 – 180.

27. *Logvinov I.A., Lachininskii S.S.* Possibility of using multiple dwellings data from territorial development fund data for the study of metropolitan areas // InterCarto, InterGIS. 2023. Vol. 29, iss. 2. P. 407 – 422. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2023-2-29-407-422>.

28. *Melo P.C., Graham D.J., Noland R.B.* A Meta-Analysis of Estimates of Urban Agglomeration Economies // Regional Science and Urban Economics. 2009. Vol. 39, iss. 3. P. 332 – 342. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.12.002>.

29. *McGranahan G., Kasper E., Maestre M.* Market systems development in the cities of rapidly urbanising countries. BEAM Exchange, 2017. URL: [https://beamexchange.org/uploads/filer\\_public/17/f1/17f1efde-1320-41b5-adba-7d2cfd8156b6/market\\_systems\\_cities.pdf](https://beamexchange.org/uploads/filer_public/17/f1/17f1efde-1320-41b5-adba-7d2cfd8156b6/market_systems_cities.pdf) (дата обращения: 01.04.2024).

30. *Parr J.B.* The regional economy, spatial structure and regional Urban systems. Regional Studies. 2014. №48. P. 1926 – 1938. <https://doi.org/10.1080/00343404.2013.799759>.

31. *Paulsen K.* Yet even more evidence on the spatial size of cities: Urban spatial expansion in the US, 1980 – 2000 // Regional Science and Urban Economics. 2012. №42. P. 561 – 568.

#### Об авторах

Станислав Сергеевич Лачининский – канд. геогр. наук, доц. кафедры экономической и социальной географии, Санкт-Петербургский государственный университет, Россия; ст. науч. сотр., Институт проблем региональной экономики РАН, Россия.

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

<https://orcid.org/0000-0002-0885-6992>

Иван Сергеевич Сорокин – инженер-исследователь, Санкт-Петербургский государственный университет, Россия; мл. науч. сотр., Институт экономики УрО РАН, Россия.

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



S. S. Lachininskii<sup>1</sup>, I. S. Sorokin<sup>2</sup>

**FACTORS INFLUENCING THE TRANSFORMATION  
OF THE FUNCTIONAL AND SPATIAL STRUCTURE  
OF ST. PETERSBURG AGGLOMERATION IN THE 2020-s**

<sup>1</sup> St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia;  
Institute of Regional Economic Problems, Russian Academy of Sciences,  
St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia;  
Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Ekaterinburg, Russia

Received 11 June 2024

Accepted 27 July 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-1

22

**To cite this article:** Lachininskii S.S., Sorokin I.S., 2024, Factors influencing the transformation of the functional and spatial structure of St. Petersburg agglomeration in the 2020-s., *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 5 – 22. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-1.

*The aim of this article is to propose and illustrate, through specific examples, a detailed list of factors influencing the transformation of the functional and spatial structure of the Saint Petersburg agglomeration in the period from 2020 to 2024, as analyzed by the authors. In this study, the functional structure of the urban agglomeration refers to its economy, employment structure, and specialization, while the spatial (geographical) structure refers to the settlement system, connected by transport and engineering infrastructure. The list of factors is based on the expert opinions of the authors, substantiated by quantitative parameters, and supported by relevant examples. The factors are examined at the structural-economic, economic-geographical, infrastructural, technological, innovative, and socio-demographic levels. The analytical basis of the research includes strategic documents at both regional and national levels, data from the SPARK-Interfax database, as well as departmental materials.*

**Keywords:** transformation factors, functional structure, spatial structure, St. Petersburg agglomeration, urban agglomeration, technological patterns platform economy, networks

### The authors

Dr Stanislav S. Lachininskii, Associate Professor, Department of Economic and Social Geography, St. Petersburg State University, Russia; Senior Researcher, Institute of Regional Economic Problems, Russian Academy of Sciences.

E-mail: lachininsky@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0885-6992>

Ivan S. Sorokin, Research Engineer, St. Petersburg State University, Russia; Junior Researcher, Institute of Economics, Ural Branch of RAS, Russia.

E-mail: ivannspb@yandex.ru

*Р. А. Гресь*

**ЭТНОКУЛЬТУРНЫЕ АСПЕКТЫ АРКТИЧЕСКОЙ СПЕЦИФИКИ  
В СТРАТЕГИЯХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ  
РЕГИОНОВ И МУНИЦИПАЛИТЕТОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия  
Институт проблем региональной экономики РАН, Санкт-Петербург, Россия

Поступила в редакцию 04.05.2024 г.

Принята к публикации 18.07.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-2

**Для цитирования:** Гресь Р. А. Этнокультурные аспекты арктической специфики в стратегиях социально-экономического развития регионов и муниципалитетов Арктической зоны Российской Федерации // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №3. С. 23–42. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-2.

*Статья посвящена вопросам учета этнокультурных аспектов арктической проблематики коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока РФ (КМНС) в стратегиях социально-экономического развития (ССЭР) регионов и муниципалитетов Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ). Исследование основано на авторской методологии контент-анализа стратегий, позволяющей выявлять в текстах проявленность тех или иных сюжетов арктической специфики. По итогам контент-анализа 61 стратегии арктических регионов и муниципалитетов показана низкая степень имплементации в региональных и муниципальных ССЭР федеральных нормативных актов, посвященных поддержке КМНС. Отдельно продемонстрирована степень развития сюжета «кочевых школ» в ССЭР, описаны стратегии, в которых данная тема освещена. В статье сопоставлены муниципалитеты и регионы АЗРФ по проявленности этнокультурных сюжетов в стратегиях и значениям соответствующих им социально-экономических показателей. Проведена итоговая группировка муниципалитетов в зависимости от реальной доли КМНС в численности населения арктических муниципалитетов и степени отражения проблематики КМНС в ССЭР, определяемой по количеству употреблений слова-маркера «коренные народы (КМНС)». Выделены пять групп муниципалитетов, среди которых особое внимание вызывает группа IV: «Значительно недоучитывающие важную для муниципалитета тематику КМНС». Также по итогам группировки муниципальных образований сделаны выводы о выраженности региональных границ. Выявлены различия в результатах контент-анализа ССЭР в зависимости от географического положения муниципальных образований. Статья может быть полезна для формирования рекомендаций арктическим стратегам по учету арктической специфики в стратегических документах.*

**Ключевые слова:** коренные народы, КМНС, оленеводство, самобытность, кочевая школа, Арктическая зона, Крайний Север, Арктика



## Введение и постановка проблемы

Современное социально-экономическое развитие в Арктике, ориентированное вслед за всем миром на цифровую экономику, экономику знаний и креативную экономику, требует переориентации в рамках стратегического планирования с господствовавшего техноцентричного на человекоцентричный подход. В рамках такой переориентации проблемы развития коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации (далее – КМНС) закономерно должны стать одной из узловых тем в стратегиях социально-экономического развития (далее – ССЭР / стратегия) регионов и муниципалитетов Арктической зоны Российской Федерации (далее – АЗРФ).

24

Однако даже в научных исследованиях подобная переориентация не всегда реализована. Как отмечает А. В. Барбарук, человекоориентированный подход при районировании Крайнего Севера в исследованиях неоднократно по факту исключался [1, с. 42–43]. Только в последние два десятилетия осуществляются попытки разрабатывать новые сетки районирования на иных принципах [2;7]. Новое районирование в Арктике не может исключать неотъемлемую составляющую так называемой арктической специфики – КМНС; без народосбережения КМНС невозможно реализовать человекоцентричные арктические стратегии.

Коренные народы Севера не менее уязвимы, чем экосистемы Арктики. Ю. В. Гордина указывает на то, что КМНС гораздо лучше приспособлены к экстремальным климатическим условиям, чем к изменениям социально-экономических условий [3]. С этой точки зрения одна из задач ССЭР арктического муниципалитета или региона как раз и должна заключаться в гармонизации функционирования этнических и территориальных общественных систем: традиционного природопользования и народного хозяйства, социально-экономического развития Арктической зоны. Освоение арктического пространства формирует риски и угрозы коренным народам, приводит к росту конфликтогенного потенциала территории, что входит в противоречие со стратегическими целями и задачами развития АЗРФ, которые, по мнению А. Н. Пилясова, невозможно достичь при конфликтном взаимодействии всех «субъектов экономического и социального развития Арктической зоны России» [20, с. 46].

Возможность предусмотреть различные риски и нивелировать их в настоящем заложена в инструментах стратегического планирования. Такой риск-менеджмент необходим, поскольку достижение любых комплексных целей и задач социально-экономического развития в АЗРФ невозможно без сохранения этнических систем, традиционной культуры и природопользования коренных малочисленных народов.

Необходим и обратный ракурс рассмотрения проблематики КМНС. Коренные народы Севера являются носителями уникальных геоадаптационных навыков, которые, порой неожиданно, находят различное применение в современной жизни. В мировой практике известны случаи, когда фармацевтические компании обращались к народным преданиям о лекарственных растениях коренных народов для получения новых лекарственных препаратов. Фармакология – лишь одна из возможных то-





чек приложения сформированных геоадаптационных навыков, хорошо известны сюжеты о роли домашнего оленеводства в обеспечении продовольственной безопасности в Арктике. Нельзя не согласиться с А.Н. Пиллясовым, который утверждает, что «традиционное знание коренных малочисленных народов будет значительно более активно использоваться в практике хозяйственной деятельности, муниципального и государственного управления» [20, с. 45]. Перенос таких традиционных знаний в общедоступную практику может пониматься как одна из актуальных задач в любой арктической ССЭР.

Устойчивое развитие, реализация принципов ESG, обеспечение суверенитета и национальной безопасности в Арктической зоне невозможны без акцентирования внимания на проблемах КМНС и учета опыта функционирования этнических систем в условиях Арктики. «Опыт локальных культур востребуется в связи с поиском стратегической линии мирового развития», – верно утверждает Ю.В. Попков [22, с. 113]. Стратегирование в АЗРФ не может быть полным без включения всего, что касается КМНС.

С учетом одновременной важности коренных народов для развития АЗРФ и народосбережения самих КМНС очевидным являются попытки формализовать в России идеи и инициативы в поддержку КМНС в рамках отдельного стратегического документа. Ю.В. Гордина считает необходимым создание единой стратегии развития коренных малочисленных народов на территории РФ [3]. К. Кумо и Т.В. Литвиненко для Чукотки транслируют идеи разработки «программ упреждающей адаптации населения», локальных программ устойчивого развития [15, с. 51, 64], а Ю.В. Попков говорит о необходимости разработки «этноориентированных концепций устойчивого развития народов Севера» в региональном масштабе [22, с. 122]. Тем не менее именно стратегии социально-экономического развития остаются ведущими, узловыми документами на региональном уровне. Поэтому изучение ССЭР – это детекция дискурсов и местной повестки в области развития региона или муниципалитета. Наличие тех или иных сюжетов, связанных с арктической спецификой, в стратегиях раскрывает степень внимания к соответствующим вопросам со стороны местных сообществ. Выявить эти сюжеты и определить степень такого внимания возможно с помощью контент-анализа стратегий.

Исходя из обозначенной актуальности проблематики КМНС для арктических стратегий определено содержание настоящего исследования. Статья посвящена изучению методом контент-анализа текстов фактического отображения специфичных этнокультурных сюжетов в ССЭР арктических регионов и муниципалитетов. Цель исследования – определить степень проявленности этнокультурных сюжетов в стратегиях социально-экономического развития регионов и муниципалитетов Арктической зоны Российской Федерации с помощью контент-анализа. Объект исследования – действующие стратегии социально-экономического развития регионов и муниципалитетов АЗРФ. Предмет исследования – этнокультурные сюжеты в стратегиях социально-экономического развития регионов и муниципалитетов АЗРФ. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:



- 1) осуществить сбор текстов ССЭР арктических регионов и муниципалитетов;
- 2) адаптировать методику контент-анализа стратегий для выявления арктической специфики в ССЭР;
- 3) провести контент-анализ по перечню слов-маркеров, характеризующих этнокультурные сюжеты;
- 4) проанализировать полученные результаты, сопоставить проявленность этнокультурных сюжетов в ССЭР по результатам контент-анализа с реальными социально-экономическими характеристиками;
- 5) сформулировать ключевые выводы, в том числе о пространственных различиях в полученных результатах.

Для достижения поставленной цели и выполнения обозначенных задач использовались следующие методы исследования: аналитический, сравнительно-географический, картографический, статистический, корреляционного анализа, метод группировки.

### Анализ литературы

Практика стратегического планирования в Российской Арктике анализируется недостаточно, вместе с этим следует отметить наличие исследований, представляющих интерес с точки зрения дизайна данной статьи. В общем виде стратегическому планированию в АЗРФ посвящены, например, работы Н. А. Серовой [25], А. Н. Пилясова и Н. Ю. Замятиной [6]. Существуют исследования, посвященные отдельным ССЭР муниципальных образований АЗРФ [9; 11]. Указанные статьи демонстрируют внимание исследователей к теме стратегического планирования в Арктике, однако далеко не все аспекты проблематики оказываются изученными в равной мере.

Особо важным в контексте данной статьи представляется проведенное с помощью частотного анализа исследование В. В. Фаузера с соавторами о переключении с «северной» на «арктическую» проблематику в ССЭР регионов АЗРФ [27]. Схожая попытка проанализировать тексты арктических стратегий, но с помощью полуавтоматизированных инструментов для семантического анализа осуществлена Н. А. Росляковой с соавторами [23]. Методология данных исследований комплиментарна методике контент-анализа, применяемой в настоящей работе.

Следует обратить внимание на исследования, посвященные проблематике учета этнокультурных аспектов арктической специфики в различных отраслевых и социально-экономических стратегиях, программных документах. «Северная стратегия» Канады, арктические стратегии США, Дании, Финляндии, Швеции, Норвегии проанализированы в работах Е. А. Корчак, К. И. Зубкова на предмет учета сюжетов, связанных с коренными народами [8; 13]. Концепция устойчивого развития коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока России и Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 г., а также инструменты федеральных и региональных целевых программ и субсидий для КМНС подробно рассмотрены В. Г. Логиновым, В. П. Пахомовым [16; 19]. Концептуально государственная политика РФ в отно-



шении КМНС в стратегических документах рассматривается многими учеными, среди них А. Н. Пилясов [6; 20; 21], Н. Ю. Замятина [6], В. В. Фазер [26], В. А. Кряжков [14] и Ю. В. Попков [22].

Проблематика учета этнокультурных аспектов арктической специфики в стратегических документах чрезвычайно актуальна для всех арктических стран. Мониторинг стратегий, компаративные и комплексные научные исследования в сфере стратегического планирования необходимы для повышения качества стратегических документов, однако имеющиеся исследования, как правило, фрагментарны. Объект исследования ограничивается по типу документов (выбирается одна или несколько программ / стратегий), коренным народам (выводы формулируются на примере проблематики конкретного этноса), административным границам (изучается один или несколько регионов / муниципалитетов). Таким образом, представленная работа отличается полимасштабностью и претендует на комплексность в вопросах изучения учета этнокультурных аспектов арктической специфики в стратегиях социально-экономического развития регионов и муниципалитетов АЗРФ.

### Методика и материалы исследования

Используемая методика контент-анализа текстов стратегий подробно изложена в [4; 28]. В рамках данной статьи остановимся лишь на основных компонентах методики.

1. Контент-анализ стратегий проводится полуавтоматическим способом в Microsoft Word и Adobe Acrobat. Все результаты проверяются вручную.

2. Для осуществления контент-анализа формируется перечень слов-маркеров в соответствии с тематикой исследования. В данном случае слова-маркеры должны отражать арктическую специфику и быть посвящены ее этнокультурным аспектам. Для проведения исследования автором были отобраны четыре слова-маркера: «коренные народы (КМНС)», «самобытность / уникальность», «оленоводство», «кочевая школа».

3. Точность результатов контент-анализа повышается за счет распределения слов-маркеров по трем форматам поиска: «все формы» (учитывались все возможные словоформы) — слова-маркеры «самобытность / уникальность», «коренные народы (КМНС)»; «с синонимами» (учитывалось небольшое количество словоформ) — слово-маркер «коренные народы (КМНС)»; «единственная форма» (единственная словоформа с небольшими ее вариациями, а также аббревиатуры или сокращения) — слово-маркер «кочевая школа». Таким образом, точность результатов повышается от первого формата к последнему.

4. Анализ встречаемости слов-маркеров в программном продукте Microsoft Excel с помощью встроенных инструментов.

Подробнее следует остановиться на формировании перечня слов-маркеров для проведения контент-анализа стратегий. С точки зрения объекта и предмета, методов исследования слово-маркер должно отвечать нескольким условиям: 1) являться понятием, специфичным для



АЗРФ, соответствовать одному или нескольким первичным элементам арктической специфики [28]; 2) быть максимально общепринятым и пригодным понятием для использования в стратегиях. Под пригодностью понимаются как стилистическое соответствие формату ССЭР, так и смысловая возможность использования слова-маркера в ССЭР – слово-маркер должно быть связано с социально-экономическим развитием; 3) отражать проблематику функционирования этнических и культурных систем в Арктике; 4) иметь потенциал одновременного употребления в стратегиях разных регионов и муниципалитетов АЗРФ, то есть понятие должно иметь наиболее общий «трансграничный» характер.

Потенциальных слов-маркеров, соответствующих нескольким условиям, достаточно много. Так, например, в качестве слов-маркеров могли выступать многочисленные этнонимы (ненцы, нганасаны, долганы и т. д.), названия предметов народного быта, характерных объектов (яранга, чум и т. п.), верования коренных народов (шаманизм, пантеизм) и многое другое, большинство из которого не соответствует условиям 2 и 4. Именно поэтому выбор был остановлен на четырех словах-маркерах, имеющих крайне большой объем понятий и соответствующих всем четырем условиям: «коренные народы (КМНС)», «самобытность / уникальность» (данное слово-маркер само по себе выступает первичным элементом арктической специфики [28]), «оленеводство», «кочевая школа».

Контент-анализ не является единственным источником информации о проявленности тех или иных сюжетов в ССЭР. Контент-анализ предоставляет только количественные оценки и должен быть дополнен как минимум экспертным анализом для формирования целостных выводов о степени проявленности сюжета в тексте стратегии. Тем не менее проведение экспертного анализа арктических стратегий по факту значительно затруднено из-за невозможности сравнивать муниципальные стратегии по единой методике ввиду предельной дифференциации структур муниципальных ССЭР. Поэтому контент-анализ в ряде случаев остается одним из немногих эффективных исследовательских инструментов.

Основным материалом для контент-анализа выступили действующие стратегии социально-экономического развития регионов и муниципалитетов российской Арктики, отобранные в границах АЗРФ по указу президента РФ от 13.05.2019 г. № 220 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации». Поиск документов осуществлялся по открытым источникам в сети Интернет, специализированным базам данных (ГАС «Управление»), официальным сайтам субъектов РФ и муниципальных образований. Всего была найдена 61 действующая ССЭР, из них 11 региональных стратегий (включая две субрегиональные стратегии Красноярского края и Якутии), 17 стратегий муниципальных районов, 14 – городских округов, 11 – муниципальных округов, 6 – сельских поселений и 2 – городских поселений. Детальнее выборка представлена в результатах исследования. Все тексты проходили техническую конвертацию для осуществления последующего контент-анализа.



Одна из задач статьи включает сопоставление результатов контент-анализа с реальными социально-экономическими показателями. К таким показателям относятся численность КМНС (чел.), доля КМНС в общей численности населения (%), поголовье северных оленей (голов). Для определения численности КМНС и доли КМНС в общей численности населения для каждого муниципального образования и региона из выборки использовались данные Всероссийских переписей населения 2002 и 2010 гг., поиск данных осуществлялся по официальным статистическим источникам информации (БДПМО, Росстат, региональные отделения Росстата, статистические сборники и справочники в регионах). Также использовались расчеты ученых, сделанные на основе названных переписей населения 2002 и 2010 гг. [12, с. 167; 15, с. 60; 17, с. 32; 24, с. 282]. Для оценки поголовья северных оленей использовались данные Росстата, БДПМО, научных исследований [10, с. 29–34]. Приоритет отдавался наиболее современным данным за 2022 г., при их отсутствии использовались данные за 2021 г.

Необходимо понимать, что статистическая информация по включенным в исследование показателям не является полной. Одна из причин снижения релевантности данных по поголовью северных оленей связана с отсутствием учета поголовья большого числа «оленоводов-частников», которые не легализуют свои стада по различным причинам [10, с. 34]. Данные по численности КМНС также не являются полными. Н.П. Копцева с соавторами на примере Туруханского района Красноярского края показывает противоречие между оценкой численности КМНС в районе по различным источникам данных со значениями по итогам переписи населения 2010 г. [12, с. 167]. Авторы приходят к выводам о том, что информационное обеспечение динамики численности КМНС «находится на низком уровне» [12, с. 181]. Погрешности в данных официальной статистики, трудно оцениваемые в условиях Арктической зоны, накладывают ограничения на результаты исследования, снижая степень их объективности.

### Результаты исследования и обсуждение

*Имплементация федеральных нормативных актов, посвященных коренным малочисленным народам, в стратегиях социально-экономического развития регионов и муниципалитетов АЗРФ.* Степень проявленности тех или иных сюжетов в стратегических документах может быть оценена разными методами: в основном это экспертный анализ и оценка, контент-анализ. Наряду с ними можно выделить «нормативный метод». В значительной степени проявленность сюжета характеризуется качеством имплементации объединенных одной тематикой федеральных отраслевых стратегических документов и нормативных актов в тексте стратегии.

В целях поддержки коренных малочисленных народов на федеральном уровне были приняты различные концепции и программы. Действуют два федеральных закона «Об общих принципах организации общин коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации» от 20.07.2000 г. № 104-ФЗ (с изменения-



ми и дополнениями) и «О гарантиях прав коренных малочисленных народов Российской Федерации» от 30.04.1999 г. №82-ФЗ (с изменениями и дополнениями). В результате проведенного анализа в рамках исследования было установлено, что эти федеральные законы практически не упоминаются в изученных стратегиях. Закон №104-ФЗ не упомянут ни в одном из исследованных стратегических документов, а №82-ФЗ упоминается только в стратегиях Арктической зоны Республики Саха (Якутия) (2 раза), Чукотского автономного округа (1 раз) и Аллаиховского улуса (1 раз).

В числе других документов была определена встречаемость распоряжения Правительства Российской Федерации от 04.02.2009 г. №132-р «О Концепции устойчивого развития коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации» в стратегиях Республики Карелия (1 раз) и городского округа Воркута (1 раз). Напротив, распоряжение Правительства РФ от 15.04.2021 г. №978-р «Об утверждении программы государственной поддержки традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов РФ, осуществляемой в Арктической зоне РФ» и постановление Правительства РФ от 24.03.2000 г. №255 «О Едином перечне коренных малочисленных народов Российской Федерации» не упоминаются в исследованных стратегиях ни разу. Можно сделать однозначный вывод о крайне низком уровне имплементации национальных нормативных документов, посвященных коренным малочисленным народам в ССЭР регионов и муниципалитетов Арктической зоны РФ.

*Муниципальное измерение проявленности этнокультурных сюжетов в стратегиях на примере Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО).* Ямало-Ненецкий автономный округ является уникальным арктическим регионом Российской Федерации с точки зрения распространения практики стратегирования на муниципальном уровне, и при этом здесь проживает большое количество коренных малочисленных народов Севера. В ЯНАО стратегии развития приняты во всех муниципальных округах. Оценка степени проявленности этнокультурных сюжетов в них представляет особый интерес.

Упоминания рассматриваемых в статье слов-маркеров в ЯНАО распределены крайне неравномерно (рис. 1). Наименее используемым словом-маркером из исследованных оказалась «кочевая школа»: обнаружены только единичные упоминания в четырех стратегиях муниципальных округов. Напротив, встречаемость слова-маркера «коренные народы (КМНС)» варьируется от 0 в стратегии Нового Уренгоя до 110 упоминаний в стратегии Красноселькупского района. ССЭР Нового Уренгоя – единственная в округе, в которой не встречается данное слово-маркер. Встречаемость слова-маркера «оленоводство» варьируется в пределах от 0 (Губкинский, Новый Уренгой) до 25 упоминаний (Красноселькупский район). Меньшая вариативность прослеживается по слову-маркеру «самобытность / уникальность»: от 2 упоминаний в стратегии Нового Уренгоя до 21 упоминания в стратегии Муравленко. Установлено, что дисперсия и стандартное отклонение являются наибольшими по слову-маркеру «коренные народы (КМНС)».

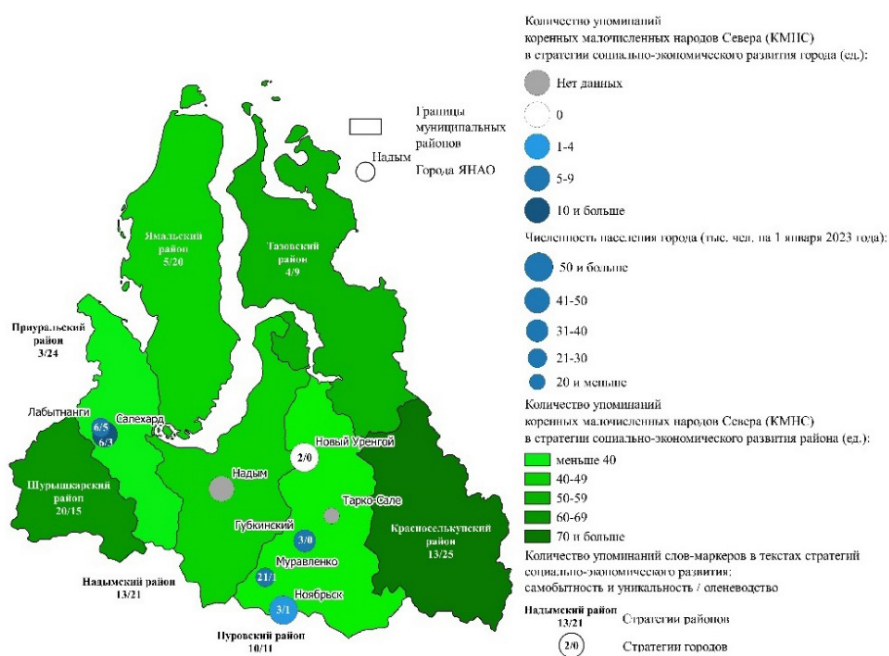


Рис. 1. Результаты контент-анализа текстов стратегий социально-экономического развития муниципальных образований ЯНАО по этнокультурным словам-маркерам

Важно отметить, что в употреблении этнокультурных слов-маркеров в муниципальных стратегиях в ЯНАО отчетливо проявляются различия между ССЭР городских округов и муниципальных округов. Количество упоминаний КМНС в стратегиях муниципальных районов исчисляется десятками, в стратегиях городов — единицами (рис. 1). Слова-маркеры «самобытность / уникальность» и «оленоводство» также в среднем чаще употребляются в районных стратегиях. Данные различия можно считать объяснимыми и ожидаемыми, однако их точно нельзя назвать корректными. Города должны уделять большее внимание вопросам межкультурного согласия, адаптации представителей КМНС к урбанизированной среде, отношений КМНС (особенно временно проживающих в городе) и городских сообществ.

*Сводные результаты встречаемости слов-маркеров этнокультурного блока в стратегиях.* На примере ЯНАО прослеживаются существенные диспропорции в употреблении исследованных слов-маркеров в муниципальных стратегиях. Однако в масштабах всей Арктической зоны РФ степень внимания к этнокультурным сюжетам в стратегиях оказывается еще более вариативна. Начать разбор можно с наименее употребляемого слова-маркера «кочевая школа».

Слово-маркер «кочевая школа» используется только в девяти стратегиях из всей выборки. Пять из них относятся к муниципальному уровню (все являются муниципальными районами и округами): Оленекский эвенкийский национальный район (8 раз), Пуровский район (4), Шу-



рышкарский район (4), Приуральский район (1), Тазовский район (1); четыре к региональному: ЯНАО (2), Арктическая зона Якутии (2), Якутия (1), НАО (1). При этом интересен характер упоминаний в ряде случаев. Например, в Стратегии Арктической зоны Республики Саха (Якутия) обозначен проект «Кочевая школа», а в самой стратегии Республики предусмотрен показатель «количество кочевых образовательных организаций, в которых созданы современные образовательные условия» в рамках ожидаемых результатов выполнения задачи по повышению доступности и качества образования для детей Арктики [5, с. 18]. Упоминание слово-маркера в целях, задачах, приоритетах развития или в качестве индикатора / показателя гораздо более значимо, чем аналогичные упоминания в разделе описания текущей ситуации или истории развития.

Сюжет, скрытый за словом-маркером «кочевая школа», связан с проблемами организации образовательного процесса для представителей КМНС. Порой единственно доступный формат школы-интернаты не является привлекательным для многих родителей. По данным социальных опросов, 98 % кочевников-ненцев на Ямале не готовы сменить приоритет семейного воспитания на интернатную модель дошкольного образования [18, с. 15]. Именно в рамках стратегического планирования могут быть предложены решения, к которым относятся и кочевые школы, объединяющие идею семейных ценностей и возможности предоставления качественного образования в малонаселенных местностях. К сожалению, данная тема не получает достаточного развития в стратегических документах регионов и муниципалитетов АЗРФ.

Другие изученные слова-маркеры этнокультурного блока гораздо чаще, чем «кочевые школы», упоминаются в стратегиях. При этом встречаемость слов-маркеров в региональных стратегиях в целом выше, чем в муниципальных стратегиях. Так, «самобытность / уникальность» и «коренные народы (КМНС)» встречаются во всех региональных стратегиях, но далеко не во всех муниципальных (таб.). Данное явление закономерно: региональные стратегии, как правило, выше по качеству, в их разработке участвует большее количество специалистов, на разработку региональных стратегий выделяется больше средств, они обязательны к разработке по №172-ФЗ и согласуются на федеральном уровне.

**Встречаемость этнокультурных слов-маркеров в муниципальных и региональных стратегиях социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации**

Слово-маркер	Стратегии городских и сельских поселений		Стратегии городских округов, муниципальных районов и округов		Стратегии субъектов Федерации		Общее	
	Количество, ед.	% от всех	Количество, ед.	% от всех	Количество, ед.	% от всех	Количество, ед.	% от всех
Самобытность / уникальность	6	5	38	76	11	100	55	90
Коренные народы (КМНС)	3	8	33	66	11	100	47	77





Слово-маркер	Стратегии городских и сельских поселений		Стратегии городских округов, муниципальных районов и округов		Стратегии субъектов Федерации		Общее	
	Количество, ед.	% от всех	Количество, ед.	% от всех	Количество, ед.	% от всех	Количество, ед.	% от всех
Оленеводство	6	5	30	60	9	82	45	74
Кочевая школа	0	0	5	10	4	36	9	15

*Группировки стратегий социально-экономического развития, арктических регионов и муниципалитетов.* Результаты контент-анализа ССЭР необходимо сопоставить с реальными социально-экономическими характеристиками муниципальных образований и регионов. Такое сопоставление позволяет приблизительно определить степень соответствия объективной значимости проблематики для объекта (выраженности) ее отражению в тексте стратегии (проявленности). На основании сопоставления далее необходимо провести группировку с выделением муниципалитетов / регионов, в стратегиях которых та или иная тематика проявлена адекватно, переактуализирована или же проявлена недостаточно.

Для каждого слова-маркера этнокультурного блока возможно подобрать соответствующую характеристику. Для слова-маркера «олeneводство» — это поголовье северных оленей (в головах). Для слов-маркеров «коренные народы (КМНС)» и «самобытность / уникальность» был выбран показатель доли КМНС в общей численности населения. На основании результатов контент-анализа по словам-маркерам были произведены соответствующие группировки.

Сопоставление встречаемости слова-маркера «олeneводство» в стратегиях муниципальных образований с поголовьем северных оленей позволило выделить шесть муниципальных образований, сильно отличающихся от основного массива (см. рис. 2). Обращают на себя внимание Оленекский эвенкийский национальный район и Эвено-Бытантайский национальный улус со значительным превышением встречаемости оленеводства в ССЭР при небольшом поголовье северных оленей, а также Тазовский и Ямальский районы, в которых наблюдается противоположная ситуация: оленеводческая тематика в их стратегиях учитывается недостаточно при относительно большом поголовье северных оленей.

Примечательны невысокие значения встречаемости слова-маркера «олeneводство» в стратегиях более чем 15 муниципальных районов и муниципальных округов, которые косвенно свидетельствуют о нереализованном потенциале экспликации сюжета о развитии оленеводства в этих стратегиях. По мнению Р.Р. Калитина, одна из проблем развития оленеводства на Севере заключается в слаборазвитой системе управления «северным оленеводством» как подотрасли животноводства [10, с. 37]. Проблема должна решаться на национальном уровне, однако и





больше (0,240), чем для региональных (0,169). Результаты по двум группировкам отличаются, но в обоих случаях отсутствует сильная прямая связь (рис. 3, 4).

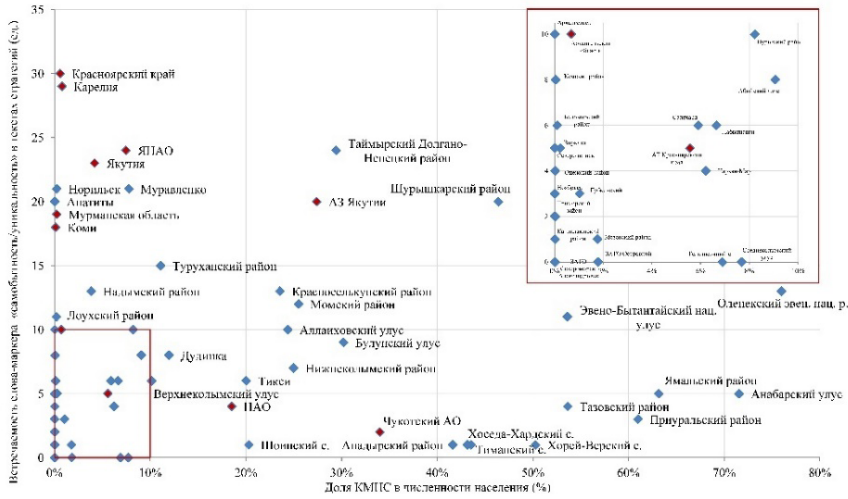


Рис. 3. Группировка муниципалитетов и регионов АЗРФ по доле коренных малочисленных народов Севера в общей численности населения и встречаемости слова-маркера «самобытность / уникальность» в стратегиях социально-экономического развития

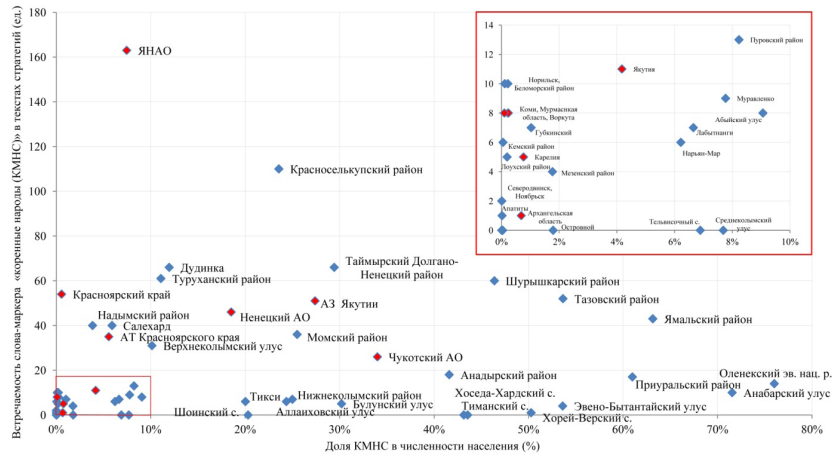


Рис. 4. Группировка муниципалитетов и регионов АЗРФ по доле коренных малочисленных народов Севера в общей численности населения и по встречаемости слова-маркера «коренные народы (КМНС)» в стратегиях социально-экономического развития

*Примечание:* на схеме не отображены муниципалитеты с нулевыми и около-нулевыми значениями обоих показателей: Приморский район, ЗАТО Александровск, Кандалакшский район, Архангельск, Онежский район, ЗАТО Североморск, Новый Уренгой.

По полученным результатам от всей выборки крайне сильно отклоняется ЯНАО за счет 163 упоминаний слова-маркера «коренные народы (КМНС)» в тексте стратегии. Остальные регионы и их ССЭР распределены достаточно дисперсно. За исключением ЯНАО и Якутии в АЗРФ четко прослеживается группа, состоящая из Республики Коми, Мурманской области, Республики Карелия и Архангельской области, с приближенными к нулю обоими значениями показателей. Красноярский край, Арктические территории Красноярского края, НАО, Арктическая зона Якутии и Чукотский автономный округ характеризуются встречаемостью слова-маркера «коренные народы (КМНС)» в стратегиях от 20 до 60 раз и крайне большим разбросом значений по доли КМНС в численности населения — от 0,5 до 40 %.

По результатам распределения муниципальных образований на основании двух показателей — доля коренных малочисленных народов Севера в общей численности населения (в %) и встречаемость слова-маркера «коренные народы (КМНС)» в стратегии (в единицах) — можно выделить пять групп (рис. 4, 5), определяемых диапазонами значений указанных показателей.



Рис. 5. Группировка муниципалитетов Арктической зоны Российской Федерации по доле коренных малочисленных народов Севера в общей численности населения и встречаемости слова-маркера «коренные народы (КМНС)» в стратегиях социально-экономического развития

*Примечание:* на картосхеме не отображены сельские населенные пункты ЯНАО, результаты по ним представлены на рисунке 4.

Группа I. Не требующие учета тематики КМНС в стратегиях. К группе I отнесены муниципальные образования с долей КМНС в численности населения менее 10 % и встречаемостью слова-маркера «коренные народы (КМНС)» в стратегиях менее 20 раз. Группа I охватывает все из-



ученные муниципальные образования и их стратегии в Мурманской области, Республике Карелия, Архангельской области, Ненецком автономном округе и Республике Коми. Также к группе I отнесены практически все включенные в исследование городские округа и поселения за исключением Салехарда, Дудинки и Тикси.

Группа II. Относительно недоучитывающие тематику КМНС в стратегиях. К группе II отнесены муниципальные образования с долей КМНС в численности населения от 10 до 40 % и встречаемостью слова-маркера «коренные народы (КМНС)» в текстах стратегий от 0 до 40 раз. В группе II оказалось пять муниципальных районов Республики Саха (Якутия): Булунский улус, Аллаиховский улус, Нижнеколымский район, Момский район, Верхнеколымский улус, а также городское поселение поселок Тикси.

Группа III. Акцентирующие внимание на тематике КМНС в стратегиях. К группе III отнесены муниципальные образования с долей КМНС в численности населения от 10 до 40 % и встречаемостью слова-маркера «коренные народы (КМНС)» в текстах стратегий более 40 раз. Группа III по масштабам сопоставима с группой II, к ней относятся Надымский и Красноселькупский районы, городской округ Салехард в ЯНАО, Таймырский Долгано-Ненецкий район, Туруханский район и городское поселение город Дудинка.

Группа IV. Значительно недоучитывающие важную для муниципалитета тематику КМНС в стратегиях. К группе IV отнесены муниципальные образования с долей КМНС в численности населения более 40 % и встречаемостью слова-маркера «коренные народы (КМНС)» в текстах стратегий от 0 до 40 раз. Группа включает Приуральский район в ЯНАО; Оленекский эвенкийский национальный район, Анабарский улус и Эвено-Бытантайский улус в Якутии; Анадырский муниципальный район в Чукотском автономном округе.

Группа V. Адекватно учитывающие важную для муниципалитета тематику КМНС в стратегиях. К группе V отнесены муниципальные образования с долей КМНС в численности населения более 40 % и встречаемостью слова-маркера «коренные народы (КМНС)» в текстах стратегий более 40 раз. Группа V оказалась самой малочисленной, в ней представлены только Ямальский, Тазовский и Шурышкарский районы ЯНАО.

Стоит обратить внимание на то, что из числа городских округов и поселений только Дудинка и Салехард были отнесены к группе III, а Тикси — к группе II. Данный результат объясним. В Салехарде проживает значительное число ненцев и хантов, в Дудинке — долган и ненцев, в Тикси — эвенов и эвенков, доля КМНС в численности населения этих городов и городских поселений превышает 10 %, что на порядок выше, чем в ряде других исследованных городских округов и поселений. Данное обстоятельство крайне важно с точки зрения стратегирования и не может не учитываться в ССЭР. Показатель встречаемости слова-маркера «коренные народы (КМНС)» для этих стратегий крайне важен.

В стратегии Дудинки КМНС упоминаются 66 раз, в стратегии Салехарда — 40 раз, Тикси — 6 раз. В Дудинке действительно проявляют значительное внимание к проблемам коренных народов в рамках системы стратегического планирования и за ее пределами. Так, например, в



2022 г. была создана Ассоциация коренных малочисленных народов города Дудинка Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района. В целом следует заключить: проведенный контент-анализ показал, что стратегии Дудинки, Салехарда и Тикси обращают на себя внимание с точки зрения проявленности этнокультурных сюжетов и требуют дополнительно экспертного изучения для формирования окончательных выводов об адекватности учета особо актуальной для них тематики КМНС.

Результаты группировки отчетливо демонстрируют проявленность региональных границ, большинство исследованных муниципальных образований Арктических территорий Красноярского края формируют отдельный кластер и были отнесены к группе III. В Красноярском крае в целом уделяется много внимания проблемам КМНС, регионом формируются собственные инициативы. Так, например, реализуется направленный на КМНС проект «Север-24» – создание информационной системы для упрощения получения мер государственной поддержки представителями КМНС [12, с. 171]. Озабоченность проблемами КМНС проецируется и на муниципальном уровне.

Напротив, в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) большая часть муниципалитетов оказалась в «родственных» группах II и IV. В итоге по границе Якутия-Красноярский край наблюдаются резкие диспропорции – соседствуют отдаленные по смыслу группы III и IV. В ЯНАО пять муниципальных округов из семи отнесены к близким по смыслу группам III и V. Группа V представлена только муниципальными образованиями ЯНАО. Таким образом, можно проследить все региональные границы за исключением границы ЯНАО – Красноярский край, в особенности проходящей между Красноселькупским и Туруханским районами.

Произведенная основная группировка является не только научным результатом, ее материалы могут быть включены в мониторинг стратегических документов и применены для повышения качества ССЭР в Российской Арктике. Муниципалитеты и их стратегии, отнесенные к группам II и IV, требуют повышенного внимания с точки зрения имплементации в них сюжетов, связанных с коренными народами. Таким образом, методическая поддержка разработки стратегий в Арктике может применяться более адресно.

### Выводы

Учет арктической специфики в стратегиях социально-экономического развития невозможен без акцентов на проблематике коренных малочисленных народов Севера. Тематика КМНС крайне дифференцированно проявлена в арктических стратегиях. Слово-маркер «коренные народы (КМНС)» встречается только в 77 % стратегий выборки (всего изучена 61 стратегия), а, например, слово-маркер «кочевая школа» упоминается только в 15 % стратегий выборки. При этом наиболее часто КМНС отмечены в стратегиях ЯНАО и Красноселькупского района (более 100 раз).



Напротив, распределение результатов по встречаемости слова-маркера «самобытность / уникальность» в стратегиях сильно отличается от слова-маркера «коренные народы (КМНС)» за счет ориентации на культурную составляющую, а не на этническую. Именно поэтому выделен кластер стратегий территорий Русского Севера. По слову-маркеру «оленеводство» следует отметить наличие стратегий, в которых тематика оленеводства перепредставлена (Оленекский эвенкийский национальный район, Эвено-Быгантайский национальный улус) и недопредставлена (Газовский, Ямальский районы).

По результатам контент-анализа были выделены внутрорегиональные пространственные различия по встречаемости исследованных слов-маркеров в муниципальных стратегиях. На примере ЯНАО видны отличия между городскими и районными стратегиями по проявленности этнокультурных сюжетов. В городских стратегиях таким сюжетам уделяется гораздо меньше внимания.

Выделяются как минимум пять групп по соотношению доли КМНС в общей численности населения муниципального образования и встречаемости слова-маркера «коренные народы (КМНС)» в стратегии развития (что свидетельствует об уровне проявленности этнокультурных сюжетов в арктических стратегиях). При этом группы II «Относительно недоучитывающие тематику КМНС в стратегиях» и IV «Значительно недоучитывающие важную для муниципалитета тематику КМНС» требуют особого внимания исследователей и практиков-стратегов. Кроме того, результаты группировки муниципальных образований отчетливо продемонстрировали наличие межрегиональных границ.

В целом по результатам проведенного контент-анализа 61 арктической стратегии можно заключить, что этнокультурные сюжеты далеко не полностью раскрыты в стратегиях социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации, тем самым недоучитывается арктическая специфика. Имеется большое количество потенциальных возможностей для артикуляции, встраивания и экспликации тематики КМНС в стратегических приоритетах, целях и задачах развития муниципальных образований и регионов в Российской Арктике. Представленные в данном исследовании результаты направлены на выправление сложившейся ситуации и могут быть положены в основу рекомендаций для арктических стратегов.

*Публикация подготовлена в соответствии с государственным заданием Института проблем региональной экономики РАН по теме «Механизмы формирования новых подходов к пространственному развитию экономики РФ, обеспечивающей их устойчивое развитие и связанность ее территорий в условиях глобальных вызовов XXI века» (код FMGS-2021-0004).*

### Список литературы

1. Барбарук А.В. Крайний Север России как многомерное пространство: результаты кластерного анализа статистических показателей, характеризующих население северных территорий // Проблемы развития территории. 2019. №6 (104). С. 40–51. <https://doi.org/10.15838/ptd.2019.6.104.3>.



2. Васильев В. В., Селин В. С. Методология комплексного природоохозяйственно-го районирования северных территорий и российской Арктики. Апатиты, 2013.

3. Гордина Ю. В. Теоретические предпосылки необходимости создания Стратегии развития коренных малочисленных народов на территории Российской Федерации и Иркутской области // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2011. №5. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17094207> (дата обращения: 20.02.2024).

4. Жихаревич Б. С., Гресь Р. А., Прибышин Т. К. Эволюция содержания стратегий российских городов (1997 – 2022) // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2023. №2 (73). С. 38 – 49. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2023-2-38-49>.

5. О Стратегии социально-экономического развития Республики Саха (Якутия) до 2032 года с целевым видением до 2050 года (принят постановлением ГС (Ил Тумэн) РС(Я) от 19.12.2018 г. 3 №46-VI) : закон Республики Саха (Якутия) от 19.12.2018 г. (ред. от 18.06.2020). URL: <https://docs.cntd.ru/document/550299670> (дата обращения: 20.03.2024).

6. Замятина Н. Ю., Пилясов А. Н. Новая теория освоения (пространства) Арктики и Севера: полимасштабный междисциплинарный синтез // Арктика и Север. 2018. №31. С. 5 – 27.

7. Золотокрылин А. Н., Кренке А. Н., Виноградова В. В. Новое районирование территории Севера Российской Федерации по природным условиям для жизни населения // Известия Российской академии наук. Сер. географическая. 2015. №1. С. 7 – 13.

8. Зубков К. И. Коренные народы и стратегии освоения Севера: скандинавский подход // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2014. №2. С. 15 – 24.

9. Иванова П. Ю., Потравная Е. В. Социально-экономическое развитие поселка Тикси в российской Арктике: стратегия и потенциал роста // Арктика: экология и экономика. 2020. №4 (40). С. 117 – 129. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2020-4-117-129>.

10. Калитин Р. Р. Современное состояние, проблемы северного домашнего оленеводства и пути их решения // Российская Арктика. 2021. №15. С. 28 – 39. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2021-4-28-39>.

11. Колесникова К. И., Пишеничная О. В., Галай О. Ю. Стратегия социально-экономического развития Ямальского района ЯНАО // Дискуссия. 2012. №6 (24). С. 50 – 57.

12. Копцева Н. П., Шишацкий Н. Г., Брюханова Е. А. Динамика численности и особенности современной системы расселения коренных малочисленных народов Севера в Арктической зоне Красноярского края // Журнал Сибирского федерального университета. Гуманитарные науки. 2023. №16 (2). С. 164 – 183.

13. Корчак Е. А. Коренные народы Севера в государственных арктических стратегиях // Современные проблемы науки и образования. 2013. №5. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20992467> (дата обращения: 20.02.2024).

14. Кряжков В. А. Коренные малочисленные народы Севера в российском праве. М., 2010.

15. Кумо К., Литвиненко Т. В. Население Чукотки в пространстве и времени // Российские регионы: взгляд в будущее. 2016. №3 (8). С. 50 – 66.

16. Логинов В. Г. Концептуальный и программно-целевой подходы к социально-экономическому развитию коренных народов Севера // Журнал экономической теории. 2013. №3. С. 162 – 167.





17. Неустроева А.Б., Семенова Л.А. Особенности расселения коренных малочисленных народов Севера на территориях традиционного природопользования Республики Саха (Якутия) // Урбанистика. 2018. №4. С. 22–35. <https://doi.org/10.7256/2310-8673.2018.4.24896>.

18. Новицкая В.А., Яфизова Р.И. Модель кочевого дошкольного образования на ЯМАЛе: первые итоги и новые стратегии // Ученые записки ЗабГ У. Сер.: Педагогические науки. 2018. Т. 13, №3. С. 13–23. <https://doi.org/10.21209/2542-0089-2018-13-3-13-23>.

19. Пахомов В.П., Логинов В.Г. Социально-экономическое развитие коренных этносов в условиях рыночных отношений. Екатеринбург, 2003.

20. Пилясов А.Н. Контуры Стратегии развития Арктической зоны России // Арктика. Экология и экономика. 2011. №1. С. 38–47.

21. Пилясов А.Н., Путилова Е.С. Современный ресурсный проект Арктики для промышленной политики России: полос роста национальной экономики или «собор в пустыне»? // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2020. №3. С. 4–17. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.2.2020.69.001>.

22. Попков Ю.В. Коренные народы Севера в условиях глобализации // Век глобализации. 2014. №1. С. 111–123.

23. Рослякова Н.А., Митрофанова И.В., Каневский Е.А., Боярский К.К. Особенности социально-экономического развития регионов севера и юга России: методика полуавтоматического анализа документов стратегического планирования // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. №3. С. 61–77. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.3.2023.81.004>.

24. Саввинова А.Н., Филиппова В.В., Литвиненко Т.В. Динамика сельского населения арктических районов Республики Саха (Якутия) в постсоветский период: общие тенденции и географические различия // Арктика: экология и экономика. 2021. Т. 11, №2. С. 277–290. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2021-2-277-290>.

25. Серова Н.А. Стратегическое планирование в северных муниципалитетах России // Вопросы государственного и муниципального управления. 2013. №4. С. 203–214.

26. Фаузер В.В. Методические подходы к исследованию коренных народов: российская практика // Economics: the strategy and practice. 2024. Т. 19, №1. С. 6–18.

27. Фаузер В.В., Фаузер Г.Н., Чупрова Е.А. Север и Арктика: глобальные противоречия или общий вектор развития // Персональный сайт Фаузера Виктора Вильгельмовича. URL: [https://vvfauzer.ru/fauzer\\_spb\\_ipreh\\_ran\\_2023.pdf](https://vvfauzer.ru/fauzer_spb_ipreh_ran_2023.pdf) (дата обращения: 09.01.2024).

28. Gres R. A., Zhikharevich B. S., Pribyshin T. K. Arctic Specifics in Arctic Municipal Strategies // Regional Research of Russia. 2022. Vol. 12, №2. P. 192–203. <https://doi.org/10.1134/s2079970522020125>.

#### Об авторе

Роберт Андреевич Гресь – асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия; мл. науч. сотр., Институт проблем региональной экономики РАН, Россия.

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

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



R. A. Gres

ETHNO-CULTURAL ASPECTS OF ARCTIC SPECIFICITY  
IN SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT STRATEGIES  
OF REGIONS AND MUNICIPALITIES  
OF THE RUSSIAN FEDERATION ARCTIC ZONE

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia;  
Institute for Regional Economic Studies Russian Academy of Sciences,  
St. Petersburg, Russia

Received 04 May 2024

Accepted 18 July 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-2

42

**To cite this article:** Gres R. A., 2024, Ethno-cultural aspects of arctic specificity in socio-economic development strategies of regions and municipalities of the Russian Federation Arctic Zone, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 23–42. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-2.

*The article addresses the integration of ethnocultural aspects of the Arctic issues concerning the Indigenous Small-Numbered Peoples of the North, Siberia, and the Russian Far East (ISNP) into the socio-economic development strategies (SEDS) of the regions and municipalities within the Arctic Zone of the Russian Federation (AZRF). The study is based on the authors' methodology for content analysis of strategies, which enables the identification of the presence of various Arctic-specific topics in the texts. The content analysis of 61 strategies from Arctic regions and municipalities reveals a low level of implementation of federal regulations dedicated to supporting ISNP in regional and municipal SEDS. The development of the "nomadic schools" topic in the SEDS is also examined, and the strategies where this issue is covered are described. The article compares municipalities and regions of the AZRF based on the presence of ethnocultural topics in the strategies and their corresponding socio-economic indicators. A final grouping of municipalities is conducted according to the actual proportion of ISNP in the population of Arctic municipalities and the degree to which ISNP-related issues are reflected in SEDS, determined by the frequency of the marker word "Indigenous Peoples (ISNP)." Five groups of municipalities are identified, with particular attention given to Group IV: "Significantly Underrepresenting Important ISNP-Related Topics for the Municipality." Additionally, the results of the municipal grouping highlight the prominence of regional boundaries. Differences in content analysis results based on the geographical location of the municipalities are identified. The article may be useful for providing recommendations to Arctic strategists on incorporating Arctic-specific issues into strategic documents.*

**Keywords:** indigenous peoples, reindeer husbandry, identity, nomadic school, Arctic zone, Far North, Arctic

**The author**

Robert A. Gres, PhD Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia;  
Junior Researcher, Institute for Regional Economic Studies of the Russian Academy  
of Sciences, Russia.

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

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

Д. С. Кононенко

## ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ РУССКОЙ ДИАСПОРЫ В ПРИБАЛТИЙСКИХ РЕСПУБЛИКАХ В 2018 – 2023 ГОДАХ

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

Поступила в редакцию 11.06.2024 г.

Принята к публикации 25.07.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-3

**Для цитирования:** Кононенко Д. С. Динамика численности русской диаспоры в Прибалтийских республиках в 2018 – 2023 годах // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №3. С. 43 – 57. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-3.

*Статья посвящена вопросам динамики представленности русского населения в Прибалтийских республиках в период нарастания русофобских настроений в этих странах в 2018 – 2023 гг. Цель статьи состоит в выявлении современных тенденций в динамике численности представителей русского этноса в Эстонии, Латвии и Литве с учетом пространственных особенностей их расселения, а также их сопоставление с ситуацией до распада Советского Союза. В качестве информационной основы исследования использованы официальные данные национальных департаментов статистики, в том числе результаты переписей населения (национальных и всесоюзных с 1959 г.). Методологическую основу исследования составили общенаучные методы (обобщение, анализ, сравнение), а также статистические и картографические. В ходе исследования установлено, что темпы сокращения численности и удельного веса русских после 2021 г. существенно возросли, наиболее заметно в Эстонии – в 2021 г. в 10 раз относительно 2020 г. Отрицательная динамика отмечается повсеместно. Максимальное представительство русских в этнической структуре населения Прибалтийских республик остается в столичных и приграничных с Россией муниципалитетах, а также на исконно заселенных русскими территориях. Для них же характерно наиболее острое сжатие доли русских.*

**Ключевые слова:** русская диаспора, численность населения, страны Прибалтики, Литва, Латвия, Эстония

### Введение

Одной из главных социальных проблем Эстонии, Литвы и Латвии в демографическом отношении является стремительная депопуляция населения. Изменение в численном составе населения также касается и представителей русской диаспоры. Прослеживается неблагоприятный тренд сокращения численности русского этноса, одной из причин которого может быть старение населения, а также нежелание молодежи свя-



зывать свою жизнь с родиной. Стремительный отток населения, уменьшение численного состава различных этносов сейчас можно наблюдать во множестве государств ввиду проведения войн, дискриминации и прочих многочисленных факторов. Именно этой причиной объясняется актуальность данного исследования.

Вхождение стран Прибалтики в ЕС и Таможенный союз в 2004 г. сняло ограничения на перемещение населения. Градиенты в уровне и качестве жизни в странах Прибалтики и более развитых странах ЕС способствовали оттоку населения из первых. Согласно ранее проведенным исследованиям Литва и Латвия ежегодно теряет 1 % населения в год после вступления в Евросоюз. В более выигрышном положении находится Эстония, которая с 2000 г. потеряла всего 5,1 % своего населения<sup>1</sup>. Чаще всего в эмиграцию вовлекаются молодые, наиболее активные граждане репродуктивных возрастов.

Также многоступенчатое нарастающее обострение в отношениях между Россией и странами Прибалтики сначала после 2014 г., затем в 2022 г. актуализировало проблемы русского этноса в обществах Прибалтийских стран. Вводятся ограничения на изучение русского языка в школах, ограничения в гражданских и политических правах, происходит вытеснение русских из сферы управления, частного бизнеса, интеллектуального труда.

Это, на наш взгляд, способствует сокращению представленности русского этноса в населении стран Прибалтики как вследствие оттока, так и по причине старения населения. Таким образом, целью статьи является выявление современных трендов в динамике численности представителей русской диаспоры в Эстонии с 2018 по 2023 г., в Литве в 2021 г., в Латвии с 2018 по 2022 г., а также их сравнение с всесоюзными переписями населения СССР (до 1991 г.) и с данными текущего учета департамента статистики Эстонии, Литвы и Латвии. К анализируемому предмету исследования, а именно к русскому населению стран Прибалтики, были отнесены те, кто таким образом себя идентифицирует.

### Степень изученности проблемы

Проблемам изучения количественного состава русского этноса посвящено немало исследований отечественных авторов. Среди них особо следует отметить Р.Х. Симоняна, Т.М. Кочегарову, А.Г. Манакова. В их работах поднимаются такие проблемы, как социально-экономические изменения в странах Прибалтики после распада СССР, дискриминационная политика в отношении русских граждан, демографические проблемы в странах Прибалтики, статус русского языка и многие другие. В частности, в работе В.И. Козлова [10] указывается, что демографические проблемы внутри русской диаспоры в странах Прибалтики связаны как с низкой рождаемостью среди русского населения, так и с общи-

<sup>1</sup> Себе в убыток: каждый год в ЕС обходится Литве и Латвии в один процент населения // Известия. URL: <https://iz.ru/1196755/aleksei-kotov/sebe-v-ubytok-kazhdyi-god-v-es-obkhoditsia-litve-i-latvii-v-odin-protcent-naseleniia> (дата обращения: 15.05.2024).



ми тенденциями к снижению рождаемости в странах Европы. Также, по мнению автора, одной из причин сокращения численности русской диаспоры может быть социально-экономический кризис и, как следствие, увеличение миграционного потока в экономически более развитые страны. Факторы, влияющие на развитие и устойчивость русской диаспоры, перечислены в статье Р. Х. Симоняна: общее историческое прошлое; демографические и социокультурные особенности; географическая близость с РФ; взаимодействие стран с органами государственного и муниципального управления; широкая сеть сотрудничества в области образовательных, конфессиональных и информационных учреждений [18]. В статье С. Я. Суцего проведен анализ особенностей количественной и пространственной динамики русского населения стран Балтии в конце XX – начале XXI в., выявлены колебания темпов депопуляции русских общин в каждой из стран региона, а также предложен прогноз по численности населения в Литве, Латвии и Эстонии к 2050 г. Прогнозируется процесс демографического угасания русских диаспор повсеместно на территории Прибалтийских стран [19].

### Методы и материалы исследования

В исследовании использовались общенаучные методы (обобщение, сравнение, анализ), методы статистического анализа и картографические. С помощью метода статистического анализа была обработана статистическая информация, а также рассчитаны следующие показатели: численность русской диаспоры – для оценки количества представителей русского этноса; удельный вес – для оценки представленности и значимости русского этноса в структуре населения страны; среднегодовые темпы – для анализа и обоснования динамики численности русского этноса. В работе применялись показатели численности русской диаспоры в Прибалтийских республиках с 2018 по 2023 г. Картографический метод использовался для пространственного анализа данных о размещении русского этноса по территории Литвы, Латвии и Эстонии. Анализируемый нами временной промежуток с 2018 по 2023 г. был выбран с целью актуализации современных трендов динамики русской диаспоры в странах Прибалтики. Выявленные тенденции сопоставлялись с данными переписей населения Прибалтийских республик с 1959 по 2023 г.

Источниками данных выступили данные департаментов статистики Эстонии (*Eesti statistika*), Литвы (*Official Statistics Portal*) и Латвии (*Oficialas statistikas portals*).

### Результаты исследования

Самой крупной среди трех анализируемых нами стран по численности русской диаспоры является Латвия, на втором месте Эстония, замыкает тройку Литва.

Численность русской диаспоры в Латвии и Эстонии характеризуется примерно одинаковой долей русского населения в каждой из этих стран (табл. 1). Однако, если обратить внимание на среднегодовые темпы изменения численности русского населения, можно заметить, что в Латвии процесс сокращения русского населения происходит самыми быстрыми



ми темпами. С 2018 по 2023 г. наибольший спад численности русского населения произошел в 2022 и 2023 гг., что, по всей видимости, может быть последствиями ухудшения условий для русских после начала проведения специальной военной операции (СВО) Российской Федерацией. В Латвии среднегодовой темп изменения численности населения слабо выражен, примерно равномерен в течение анализируемого периода.

Таблица 1

**Основные показатели численности русской диаспоры в Прибалтийских республиках в 2018 – 2023 гг.**

46

Страна	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<i>Численность русской диаспоры, чел.</i>						
Эстония	328 864	328 299	327 802	322 700	315 242	306 801
Латвия	487 250	478 667	471 206	463 587	454 350	445 612
<i>Доля русского населения, %</i>						
Эстония	24,9	24,8	24,7	23,7	23,7	22,5
Латвия	25,18	24,93	24,7	24,49	24,25	23,66
<i>Среднегодовые темпы изменения численности русского населения, %</i>						
Эстония	-0,4	-0,0017	-0,15	-1,55	-2,31	-2,67
Латвия	-1,67	-1,76	-1,55	-1,61	-1,61	-1,92

Для наиболее качественного и детального анализа данной проблематики рассмотрим положение русской диаспоры по каждой стране отдельно.

*Русская диаспора в Эстонии.* Анализируя данные всесоюзных переписей населения СССР с 1959 по 1989 г., наблюдаем стабильный прирост численности русского населения. Это связано с освоением территории Эстонии советскими переселенцами, передислокацией некоторых военнослужащих в Прибалтику, желанием СССР разместить на территории Прибалтийской республики как можно больше представителей русского этноса [2]. Однако после распада Советского Союза заметно снижение количества представителей русской этничности по причине естественной убыли населения и эмиграции соотечественников в Россию и третьи страны [4] (табл. 2). Необходимо отметить, что такая тенденция наблюдалась во всех трех анализируемых нами странах.

Таблица 2

**Данные переписей населения Эстонии с 1959 по 2021 г. [25]**

Год	Численность	%
1959	240 227	20,1
1970	334 620	24,7
1979	408 778	27,9
1989	474 834	30,3
2000	351 178	25,6
2011	326 235	24,8
2021	322 700	23,7

К 2018 г. численность русской диаспоры исчислялась почти 330 тыс. чел., что составляло около 25 % от общего количества населения страны (рис. 1). Наиболее крупными муниципалитетами по числу русских являются Харьюмаа и Ида-Вирумаа (более 100 тыс. чел.), а также Тартумаа (более 15 тыс. чел.). Ида-Вирумаа и Тартумаа являются приграничными с РФ (Псковской и Ленинградской областями) муниципалитетами, в муниципалитете Харьюмаа расположена столица Эстонии Таллин. Этим можно объяснить наибольшую заселенность русскими данной территории. Самыми малочисленными (менее 1000 чел.) являются муниципалитеты Хийумаа, Ярвамаа и Сааремаа, причиной этому может быть географическая отдаленность от границы с РФ, а также исторически малая заселенность данной территории [8].

47



Рис. 1. Доля русского этноса в Эстонии, 2022 г., %<sup>1</sup>

Практически во всех анализируемых нами муниципалитетах Эстонии доля русских падает, однако в муниципалитете Пылвамаа заметно ее небольшое увеличение. Это связано не с приростом численности русского населения, а с естественной убылью эстонского, а также с миграционным оттоком, так как данный муниципалитет является приграничным с Псковской областью.

Необходимо отметить, что на протяжении всего анализируемого периода (с 2018 по 2023 г.) число представителей русского этноса заметно снижается. Самое стремительное падение произошло в 2023 г. Так, по сравнению с 2022 г. количество русских сократилось сразу почти на 8,5 тыс. чел. Также ощутимый спад произошел в 2022 г. (-7,5 тыс. чел.). Такая тенденция может отражать дискриминационную политику в отношении русских граждан, вследствие которой им приходится выби-

<sup>1</sup> Statistika andmebaas // Eesti statistika. URL: [https://andmed.stat.ee/et/stat/Lep-etatud\\_tabelid\\_\\_Rahvastik.Arhiiv\\_\\_Rahvastikunäitajad%20ja%20koosseis.%20Arhiiv](https://andmed.stat.ee/et/stat/Lep-etatud_tabelid__Rahvastik.Arhiiv__Rahvastikunäitajad%20ja%20koosseis.%20Arhiiv) (дата обращения: 12.11.2023).



рать другие страны для проживания [21]. Также нельзя не отметить тот факт, что русское население в Эстонии стареет, а молодежь старается переселяться в страны с наиболее высоким уровнем жизни и привлекательными для них условиями труда [15]. Кроме того, одной из причин резкого сокращения населения с 2022 г. может стать проведение Российской Федерацией специальной военной операции, в связи с которой российские граждане стали подвергаться еще большей дискриминации по всему миру. Также существенной причиной снижения численности как русской диаспоры, так и в целом населения Эстонии, Литвы и Латвии могут стать последствия от введения санкций в отношении России, а также контрсанкций. Уровень жизни в Прибалтийских странах заметно снизился: в Эстонии в 2023 г. произошел самый большой спад экономики среди стран ЕС, в Литве отмечают резкий рост цен на недвижимость, продукты питания, топливо, электроэнергию, в Латвии экономическая ситуация выглядит немного лучше, однако некоторые отрасли также пришли в упадок — годовой объем железнодорожных перевозок сократился почти на треть, помимо этого заметный спад наблюдается в области сельского хозяйства, финансового сектора и рыболовства<sup>1</sup>. Все эти факторы поспособствовали перераспределению населения внутри стран и его оттоку за рубеж.

Слабовыраженным снижением численности представителей русской диаспоры характеризуется 2019 г. Однако в двух муниципалитетах наблюдается незначительный рост: Пылвамаа (+11 чел.), Рапламаа (+25 чел.).

С 2020 г. начинается наиболее выраженный спад численности русского населения почти во всех муниципалитетах Эстонии, за исключением Харьюмаа, Ярвамаа, Рапламаа, Сааремаа и Вильяндимаа — для них характерен околонулевой прирост. Относительно большой прирост населения в муниципалитете Харьюмаа может быть объяснен историческими причинами: столица государства Таллин находится на территории этого уезда, что привлекает население, в том числе представителей русского этноса [7]. Собственно говоря, процесс урбанизации можно отметить и во многих других странах.

Заметным оттоком русских можно охарактеризовать 2021 г. Так, во всех муниципалитетах произошло резкое уменьшение числа представителей русского этноса. Только один муниципалитет показал абсолютно незначительный его прирост — Хийумаа (+2 чел.).

Таким образом, видно существенное уменьшение числа представителей населения русской диаспоры на территории Эстонии. Так, если сравнить численность русских в 2018 г. и в 2023 г., можно заметить следующее (рис. 2).

1. Самые крупные муниципалитеты по количеству русских — Харьюмаа, Тартумаа, Ида-Вирумаа, также они лидируют по оттоку русского населения.

<sup>1</sup> Антироссийские санкции довели Прибалтику до кризиса: наблюдается сильный застой // Московский комсомолец. URL: <https://www.mk.ru/economics/2024/01/05/antirossiyskie-sankcii-doveli-pribaltiku-do-krizisa-nablyudaetsya-silnyy-zastoy.html> (дата обращения: 07.05.2024).





2. Самый большой отток населения за 5 лет произошел в муниципалитете Харьюмаа (-9750 чел.). На втором месте – муниципалитет Ида-Вирумаа (-7817 чел.), на третьем – Тартумаа (-1646 чел.).

3. Ни в одном из муниципалитетов не произошел прирост русского населения, что может говорить об ухудшающихся для него условиях в социальной, экономической, политической сферах.

4. Тенденция к еще большему сокращению русского населения и дальше будет наблюдаться на территории Эстонии по причине его старения, нежелания молодежи оставаться на родине, а также ухудшения социально-экономических условий в стране.

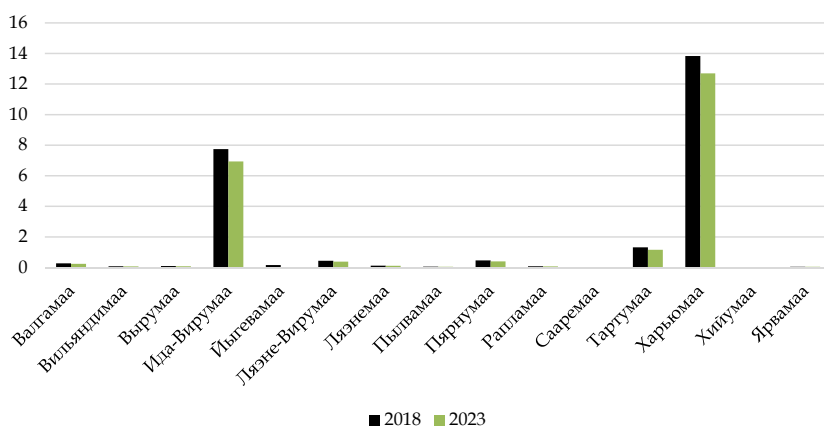


Рис. 2. Изменение доли русской диаспоры в Эстонии с 2018 по 2023 г., %

*Русская диаспора в Литве.* Исходя из данных переписей населения Литвы можно заметить некоторую закономерность: сначала наблюдается увеличение числа русских, затем уменьшение. Так, из таблицы 3 видно, что с 1959 по 1989 г. доля русских постоянно увеличивается. Однако с распадом СССР можно заметить обратную тенденцию: доля русских уменьшается, начиная с переписи 2001 г. (6,3 %) и уже в 2021 г. составляет всего 5,02 % от общего населения Литвы.

Таблица 3

Данные переписей населения Литвы с 1959 по 2021 г.<sup>1</sup>

Год	Численность, чел.	%
1959	231 014	8,51
1970	267 989	8,56
1979	303 493	8,94
1989	344 455	9,37
2001	219 789	6,3
2011	176 913	5,81
2021	141 122	5,02

<sup>1</sup> Population and Housing Census // Official Statistics Portal. URL: <https://osp.stat.gov.lt/gyventoju-ir-bustu-surasymai> (дата обращения: 28.11.2023).

Тенденцию стабильного повышения доли русских до 1989 г. можно объяснить следующими факторами: по сравнению с остальными субъектами СССР Прибалтика отличалась более высоким уровнем жизни, вследствие чего многие переехавшие в Литву военные и простые граждане уже не хотели возвращаться к себе на родину [2]; большое число русских в Клайпедском и Вильнюсском уездах объясняется расположением советских портов в Балтийском море, а также столичным статусом Вильнюса [14].

В рамках проводимого научного исследования рассмотрим количественные показатели русской диаспоры в Литве в 2021 г. Так, численность русских в Литве составила 141 122 чел. (5,1 % от населения Литвы).

Наиболее крупными муниципалитетами по численности русских на 2022 г. являются приграничный с Калининградской областью Клайпедский уезд (более 25 тыс. чел.) и имеющий столичный статус Вильнюсский уезд (более 70 тыс. чел.). Самыми малочисленными (около 1 тыс. чел.) — Тельшяйский, Таурагский, Мариямпольский, Алитусский и Паневежский уезды.

Доля русских в численности населения уездов представлена на рисунке 3. Мы видим, что только в трех уездах, два из которых граничат с Беларусью и один с Калининградской областью, доля русских составляет около 10 % от общей численности населения того или иного уезда. Таким образом, можно сказать, что на территории литовских уездов представленность русской диаспоры выражена крайне незначительно.



Рис. 3. Доля русского этноса в Литве, 2022 г., % [26]

*Русская диаспора в Латвии.* При изучении переписей населения Латвии с 1935 по 2021 г. можно отметить резкое увеличение количества русского населения (табл. 4). Так, в 1959 г. его численность возросла на 388 100 чел., что в процентном соотношении составило 17,92 %. Причи-



нами этому послужили вхождение Латвии в состав Советского Союза и, как следствие, попытка государства интегрировать общество Латвии в общество советских граждан [9].

Таблица 4

Данные переписей населения Латвии с 1935 по 2021 г. [27]

Год	Численность, чел.	%
1935	168 300	8,83
1959	556 400	26,75
1970	704 600	29,95
1979	821 500	32,81
1989	905 515	33,96
2000	703 243	29,58
2011	556 422	26,90
2021	463 587	24,49

51

Переписи следующих годов также показывают постоянный небольшой прирост русского населения вплоть до переписи 1989 г. Затем с 2000 г. замечен спад численности русского населения из-за распада Советского Союза в 1991 г. С тех пор стала наблюдаться стабильная тенденция к снижению, поскольку расформировывался военный контингент, многие переезжали в Калининградскую область [1].

Последние годы также не стали исключением в снижении численности русского населения в Латвии. Так, за анализируемый нами период с 2018 по 2022 г. доля русских уменьшалась (рис. 4).

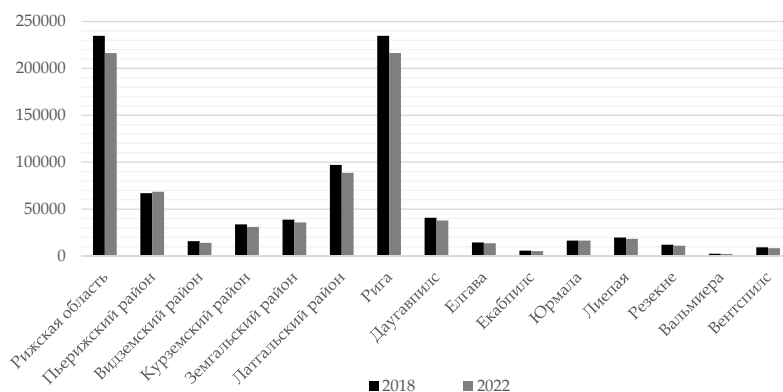


Рис. 4. Изменение численности русской диаспоры в Латвии с 2018 по 2022 г., чел.

Анализ численного состава русской диаспоры в Латвии (рис. 5) показал, что самыми многочисленными муниципалитетами в 2021 г. стали исторически крупнозаселенные русскими уезды Лиепая (более 18,5 тыс. чел.) и Даугавпилс (более 38,5 тыс. чел.), а также столица Латвии Рига (более 220 тыс. чел.) и расположенная по соседству Юрмала (более 16 тыс. чел.). Самыми малочисленными муниципалитетами стали Дун-



дагский (65 чел.), Дурбский (63 чел.), Яунпилсский (43 чел.) и др. Латвия разделена на самое большое количество муниципалитетов по сравнению с другими странами Прибалтики, и она имеет самое большое количество малозаселенных русскими регионов [22].



Рис. 5. Доля русского этноса в Латвии, 2022 г., %<sup>1</sup>

Тенденцию к увеличению количества русских Латвии с 2018 по 2022 г. можно отметить в следующих муниципалитетах: Юрмала (+37 чел.), Бауский край (+40 чел.), Сигулдский край (+117 чел.), Адажский край (+16 чел.), Бабитский край (+440 чел.), Царникавский край (+212 чел.), Гаркалнский край (+286 чел.), Кекавский край (+363 чел.) и др. Однако в большинстве регионов численность русских заметно снижается и главной причиной этого является агрессивная политика по отношению к негражданам страны. Так, МВД Латвии признало военного пенсионера угрозой национальной безопасности и предписало выдворить его из страны с бессрочным запретом на возвращение<sup>2</sup>. В период с 2018 г. по настоящее время правительством Латвии было принято множество законодательных актов, запрещающих использование русского языка в школах страны<sup>3</sup>. Принятие подобных законов способствует еще большему ухудшению международных отношений между РФ и Латвией.

<sup>1</sup> Statistical database // Oficiālās statistikas portāls. URL: [https://data.stat.gov.lv/pxweb/en/OSP\\_PUB/START\\_\\_POP\\_\\_IR\\_\\_IRE/?tablelist=true](https://data.stat.gov.lv/pxweb/en/OSP_PUB/START__POP__IR__IRE/?tablelist=true) (дата обращения: 15.12.2023).

<sup>2</sup> В России встретили выдворенного из Латвии 82-летнего мужчину // ТАСС. URL: <https://tass.ru/obschestvo/19722113> (дата обращения: 20.01.2024).

<sup>3</sup> Молчание в эфире: в школах Латвии запретят изучение русского языка // Известия. URL: <https://iz.ru/1687621/nikita-eliseev/molchanie-v-efire-v-shkolakh-latvii-zapretiat-izuchenie-russkogo-iazyka> (дата обращения: 26.04.2024).



Рассмотрим представленность русского этноса в муниципалитетах Латвии. Латвия из всех трех анализируемых стран является самой крупной по доле русского населения. Однако сравнительный анализ численности русской диаспоры по муниципалитетам в 2018 и 2022 г. показал, что доля русского населения снижается.

Численность представителей русской этничности в Латвии неуклонно падает после распада СССР [24]. В некоторых муниципалитетах наблюдается прирост русского населения, но это никак не отражается на общей картине населения Латвии.

Из-за проведения дискриминационной политики Латвией в отношении представителей русской этничности (разделение на граждан и неграждан, закрытие русских школ, создание препятствий для получения русским языком статуса государственного и т. д.) доля русских в стране будет неуклонно падать. Таким образом, диаспора постепенно превратится из самого большого этнического меньшинства в одно из «второстепенных» [17].

Подводя итог, можно отметить общие тенденции для всех трех анализируемых стран.

1. В Эстонии, Литве и Латвии происходит уменьшение численности русского этноса. Наиболее быстрыми темпами она сокращается в Латвии, чуть более замедленными — в Литве и Эстонии.

2. Тенденция к росту численности русского населения, преобладающая в советское время, сменилась повсеместным ее сокращением после 1991 г.

3. С началом проведения СВО на Украине в 2022 г. тенденция к сокращению русского населения интенсифицировалась. На наш взгляд, основные причины: ухудшение социально-экономических условий, негативное отношение к русским, дискриминационная политика государств по отношению к негражданам.

4. Смещение фокуса государственной политики влияет на численность русской диаспоры (излишнее внимание к представителям русской этничности вместо налаживания и решения собственных социально-экономических проблем). Большое внимание уделяется запрету русского языка во всех трех странах, прослеживается обострение межэтнической напряженности в обществе на фоне ксенофобских настроений в отношении русского населения [3].

5. Для всех трех стран характерно примерно одинаковое территориальное распределение русской диаспоры — концентрация в столицах и граничащих с Россией муниципалитетах, а также на исконно заселенных русскими территориях.

### Дискуссия и выводы

Динамика численности русской диаспоры в Прибалтийских республиках характеризуется негативной тенденцией, связанной с превышением смертности над рождаемостью и миграционным оттоком. Сравнение темпов уменьшения численности русской диаспоры в 2018–2023 гг.



с данными всесоюзных переписей до 1991 г. показывает, что в настоящее время сокращение численности русского населения в Прибалтике происходит быстрее, чем в советский период.

В статье С. Я. Сущего [19] представлены геодемографические тренды постсоветского периода и перспективы первой половины XXI в. По мнению автора, самое стремительное сокращение численности русской диаспоры происходит в Литве, быстрое — в Латвии и более замедленное — в Эстонии. Однако по результатам проведенного нами анализа можно сделать вывод, что наиболее быстрыми темпами уменьшение населения происходит в Латвии, быстрыми — в Эстонии и более замедленными — в Литве. Одной из причин такой динамики является демографический кризис, вызванный низкой рождаемостью и высокой смертностью среди русского населения [4]. Кроме того, миграционный отток также играет значительную роль [11]. Многие представители русского населения уезжают из Прибалтики в поисках лучшей жизни и работы в другие страны Европы или возвращаются в Россию [6].

Некоторые исследователи считают, что сокращение численности русской диаспоры — естественный процесс, связанный с демографическим переходом и адаптацией к новым условиям жизни [5]. Другие эксперты указывают на то, что снижение численности русского населения может иметь серьезные последствия для культурного и языкового разнообразия региона, а также для экономики и социальной сферы [16].

Особое внимание уделяется вопросу о том, какие меры могут быть приняты для преодоления демографического кризиса и сокращения миграционного оттока русского населения [20]. Некоторые эксперты предлагают увеличить поддержку русскоязычных школ и культурных центров, стимулировать рождаемость и создавать новые рабочие места для русского населения [13]. Другие исследователи считают, что необходимо улучшать условия жизни и труда, а также повышать качество образования и здравоохранения [23].

В целом динамика численности населения русской диаспоры в Прибалтийских республиках является сложной и многогранной проблемой, требующей всестороннего исследования и обсуждения. Решение этой проблемы должно основываться на комплексном подходе, учитывающем демографические, экономические, социальные и культурные факторы, а также интересы всех заинтересованных сторон [12]. Только в этом случае можно достичь стабилизации численности русского населения и обеспечить устойчивое развитие региона.

Как показал анализ современных тенденций в динамике численности представителей русской диаспоры в Эстонии с 2018 по 2023 г., в Литве в 2021 г., в Латвии с 2018 по 2022 г., а также их сравнение с данными всесоюзных переписей населения СССР (до 1991 г.) и с данными Департамента статистики Эстонии, Литвы и Латвии, русская диаспора уменьшается во всех трех странах довольно быстрыми темпами. В последние годы падение численности русской диаспоры происходит еще быстрее, что связано с проведением СВО Российской Федерацией и с ухудшением международных отношений между странами.



## Список литературы

1. Алексеев А. А. Русские в Прибалтике: между интеграцией и ассимиляцией // Вестник Пермского университета. Российская и зарубежная филология. 2017. Т. 4, №32. С. 117–127.
2. Горнухова А. В. Миграционные процессы в республиках Прибалтики в 20 веке. М., 2004.
3. Жилина Л. Н. Российская диаспора в странах Балтии и ее роль во внешней политике России // Вестник дипломатической академии МИД России. 2020. №2. С. 103–116.
4. Зайончковская З. И. Миграционные процессы в Прибалтийских странах: обзор тенденций и проблем // Миграция Online. 2017. Т. 1, №1. С. 12–27.
5. Иванов С. Н. Динамика численности русского населения в Прибалтийских странах: тенденции и перспективы // Вестник Челябинского государственного университета. 2020. Т. 1, №138, С. 107–116.
6. Ионтов В. А. Демографические тенденции и перспективы развития населения стран Балтии // Демоскоп Weekly. 2018. №739–740. С. 1–8.
7. Кабузан В. М. Формирование многонационального населения Прибалтики (Эстонии, Латвии, Литвы, Калининградской области России) в XIX–XX вв. (1795–2000 гг.). М., 2009.
8. Казьмина О. Е. Динамика численности национальных групп Эстонии в XX в. Расы и народы. М., 1991. Вып. 21. С. 79–99.
9. Казьмина О. Е., Динамика этнической структуры населения Латвии в XX веке. Национальные процессы в СССР. М., 1991. С. 187–216.
10. Козлов В. А. Демографическое поведение русской диаспоры в странах Прибалтики и Центральной Азии // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2018. №3. С. 50–60.
11. Макаров А. Н. Демографические проблемы стран Балтии: современное состояние и перспективы // Вестник Пермского университета. Сер.: Социология. 2017. Вып. 2 (31). С. 78–88.
12. Матвеев С. Н. Русские в Прибалтике: проблемы адаптации и интеграции. Социологические исследования. 2017. №7. С. 78–86.
13. Миронов О. В. Языковая ситуация русской диаспоры в Прибалтике // Русский язык за рубежом. 2018. №1. С. 34–45.
14. Нураев Р. В. Русская диаспора в странах СНГ и Балтии: численность, расселение, участие в общественно-политической жизни: 1991–2008 гг. : дис. ... канд. ист. наук. Бирск, 2009.
15. Ризванова Л. З. Государственная политика в отношении русскоязычного населения в Латвии, Литве и Эстонии. 2009. URL: <https://www.prlib.ru/item/943781> (дата обращения: 04.05.2024).
16. Рыбаковский Л. Л. Демографическая ситуация в странах Балтии: проблемы и перспективы // Демография. 2015. Т. 2, №1. С. 3–18.
17. Селиванов А. В. Государственная политика Российской Федерации в отношении соотечественников за рубежом: на примере русской диаспоры в Латвии. М., 2004.
18. Симонян Р. Х. Русскоязычная диаспора в странах Балтии: современное состояние и перспективы // Балтийский регион. 2022. Т. 14, №2. С. 144–157. <https://doi.org/10.5922/2079-8555-2022-2-9>.
19. Суций С. Я. Русские в Прибалтике — геодемографические тренды постсоветского периода и перспективы первой половины 21 века // Народонаселение. 2018. Т. 21, №3. С. 21–33.



20. Яковлев А. Н. Демографическая ситуация в Прибалтийских странах: тенденции и перспективы // Демоскоп Weekly. 2016. № 669–670. С. 1–8.

21. Grigas A. Legacies, Coercion and Soft Power: Russian Influence in the Baltic States. Chatham House, 2012.

22. Németh Á. Ethnic diversity and its spatial change in Latvia, 1897–2011. *Post-Soviet Affairs*. 2013. Vol. 29. P. 404–438. <https://doi.org/10.1080/1060586X.2013.807604>.

23. Polese A. The Russian-speaking communities in the Baltic States: Identity, integration and security. Routledge, 2018.

24. Zepa A. The Russian-speaking population in Latvia and Estonia: Integration and identity // *Journal of Baltic Studies*. 2013. Vol. 44, № 1. P. 1–24.

### Об авторе

Дарья Сергеевна Кононенко – асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: dariakononenko1208@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0001-2310-8546>

*D. S. Kononenko*

## DYNAMICS OF THE RUSSIAN DIASPORA IN THE BALTIC REPUBLICS IN 2018–2023

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 11 June 2024

Accepted 25 July 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-3

**To cite this article:** Kononenko D. S., 2024, Dynamics of the Russian diaspora in the Baltic republics in 2018–2023, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, № 3. P. 43–57. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-3.

*The article addresses the dynamics of the representation of the Russian population in the Baltic republics during the rise of Russophobic sentiments in these countries from 2018 to 2023. The aim of the article is to identify current trends in the dynamics of the Russian ethnic population in Estonia, Latvia, and Lithuania, considering the spatial characteristics of their settlement, and to compare this with the situation before the dissolution of the Soviet Union. The research is based on official data from national statistical departments, including the results of population censuses (both national and all-Union since 1959). The methodological foundation of the study includes general scientific methods (generalization, analysis, comparison), as well as statistical and cartographic methods. The study finds that the rate of decline in the number and share of Russians significantly increased after 2021, particularly in Estonia – by a factor of 10 in 2021 compared to 2020. Negative trends are observed across all regions. The highest representation of Russians in the ethnic structure of the Baltic republics remains in the capitals, border municipalities adjacent to Russia, and historically Russian-settled territories, where the decline in the Russian share is most pronounced.*

**Keywords:** Russian diaspora, population, Baltic countries, Lithuania, Latvia, Estonia





---

**The author**

Daria S. Kononenko, PhD Student, Immanuel Kant Baltic Federal University,  
Russia.

E-mail: [dariakononenko1208@mail.ru](mailto:dariakononenko1208@mail.ru)

<https://orcid.org/0009-0001-2310-8546>

УДК 551.468.3

**В. В. Сивков<sup>1</sup>, А. В. Гуцин<sup>1</sup>, А. Р., Данченков<sup>1, 2</sup>, А. Ю. Шаламов<sup>1, 2</sup>**

**ДОННЫЕ ЛАНДШАФТЫ  
НА ПОДВОДНОМ БЕРЕГОВОМ СКЛОНЕ У МЫСА ТАРАН  
(ЮГО-ВОСТОЧНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ)**

58

<sup>1</sup> Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup> Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

Поступила в редакцию 07.06.2024 г.

Принята к публикации 22.07.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-4

**Для цитирования:** Сивков В. В., Гуцин А. В., Данченков А. Р., Шаламов А. Ю. Донные ландшафты на подводном береговом склоне у мыса Таран (юго-восточное побережье Балтийского моря) // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №3. С. 58 – 71. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-4.

По данным подводной видеосъемки и водолазных наблюдений и с учетом ранее полученных литологических данных на участке подводного берегового склона в районе мыса Таран выделены четыре вида донных ландшафтов. Подтверждена высокая мозаичность распределения литофаций и степени проективного покрытия дна макрофитами. Валунно-глыбовая отмостка в пределах эвфотического слоя моря была максимально покрыта макрофитами при доминировании вида *Polysiphonia nigrescens*. Нижняя граница распространения макрофитов располагалась на глубине 19 м, что заметно ниже, чем принято было считать ранее. Макрофиты могут быть рекомендованы для использования в целях регионального экологического мониторинга. Существование у мыса Таран экологически значимого скопления макрофитов, наиболее крупного в российском секторе Юго-Восточной Балтики, в сочетании с высоким литофациальным разнообразием морского дна дает веские основания для создания в этом районе морской охраняемой территории (акватории).

**Ключевые слова:** Балтийское море, мыс Таран, литофации, донные ландшафты, макрофиты

### Введение

В последние десятилетия в связи с активизацией морского природопользования в Балтийском море обостряется вопрос оценки состояния окружающей среды. Донные ландшафты, включающие в себя сообщества макрофитов, могут играть роль интегральных экологических показателей. План действий ХЕЛКОМ по Балтийскому морю [19] определил достижение так называемого «хорошего экологического статуса» («Good Environmental Status») для каждого суббассейна моря по целевым значе-

ниям ключевых индикаторов эвтрофирования [20], характеризующих соответствующие цели в сегменте плана «Эвтрофикация». Так, диапазон глубины произрастания подводной растительности отражает экологическую цель «Естественный ареал распространения растений и животных».

В этой связи обращают на себя внимание донные ландшафты в районе мыса Таран, единственном месте российского сектора Юго-Восточной Балтики, где находятся развитые многовидовые сообщества морских водорослей-макрофитов [3]. Прибрежное мелководье российского сектора Юго-Восточной Балтики представляет собой наклонную равнину абразионно-аккумулятивного выравнивания, выработанную в морене и, местами, в коренных породах под воздействием волновых процессов. Общий контур побережья предопределен тектоническим развитием территории. Выступ Самбийского (Калининградского) полуострова приходится на приподнятый блок земной коры. Мыс Таран далеко выдается в море (рис. 1) и представляет собой отмерший абразионный уступ почти прямоугольной формы высотой 40–55 м, сложенный в основном плотными валунными моренными суглинками последнего оледенения [8]. Отсутствие здесь активной абразии объясняется существованием на подводном береговом склоне обширного поля валунно-глыбового бенча, гасящего большую часть волновой энергии, а также искусственной волноотбойной стенки, построенной еще в начале XX в. у подножия мыса. А. И. Блажчишин впервые обобщил геологические и геоморфологические данные для российского сектора Юго-Восточной Балтики и наметил приблизительную схему распределения донных ландшафтов, включая район мыса Таран [2]. Первые данные о макрофитах в районе мыса Таран были приведены в работе [5].

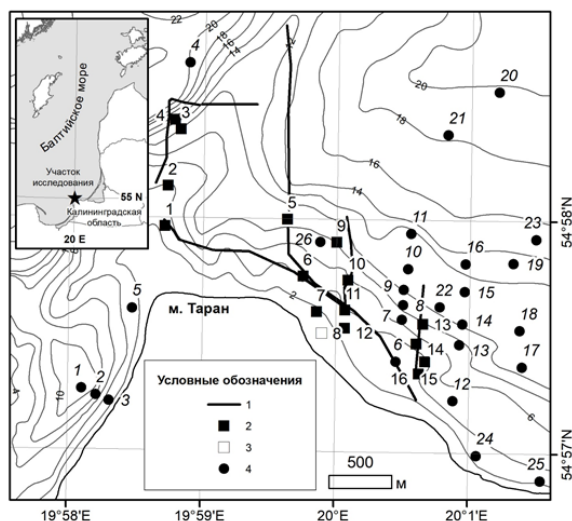


Рис. 1. Карта-схема фактического материала ландшафтных исследований в районе мыса Таран: 1 — галсы подводной видеосъемки дна (июль 2013 г.); 2 — точки пробоотбора макрофитов (июль, октябрь 2014 г.); 3 — точки отбора заверочных проб донных осадков, в которых был выполнен гранулометрический анализ



В 2013 и 2014 гг. на подводном береговом склоне мыса Таран были выполнены детальные ландшафтные исследования. Цель настоящей работы – типизация изученных ландшафтов на основе сопоставления батиметрических, литологических и биологических данных.

### Материал и методы исследования

Нами использован традиционный подход ландшафтного картографирования для небольших участков береговой зоны моря, предполагающий главным образом совмещение визуальной геолого-геоморфологической и биологической информации [9; 11 – 13].

60

Район исследований в районе мыса Таран, выполненных в 2013 г. с маломерных плавсредств, охватывал подводный береговой склон на глубинах от 2 до 20 м. Подводные видеосъемки проводились в июле 2013 г. буксируемой видеокамерой конструкции АО ИО РАН, оснащенной грунтопом, на расстоянии 1,0–1,5 м от дна. Камера позиционировалась с помощью GPS. Помимо основной видеоинформации по литологии поверхности дна и по макрофитам была получены данные о распределении баянуса и молоди рыб.

По материалам видеосъемки с использованием программного пакета ESRI ArcGIS 10 была построена совмещенная картосхема литофаций и степени проективного покрытия дна макрофитами. При этом принималась во внимание литологическая карта масштаба 1:50 000, составленная по результатам гидролокации бокового обзора, заверенным гранулометрическим анализом поверхностных осадков [17], а также более мелкомасштабная карта донных ландшафтов [16]. Батиметрическая основа была создана по отметкам глубин навигационной карты масштаба 1:50 000.

Пробы макрофитов были отобраны водолазами Западного филиала Госакваспаса МЧС РФ в июле и октябре 2014 г. (рис. 1). Точность выхода в точку пробоотбора составляла несколько сотен метров. По принятой в HELCOM методике использовалась рамка 0,04 м<sup>2</sup> [14; 18]. Пробы замораживали на борту судна. Таксономический состав водорослей был определен с помощью бинокулярного микроскопа с 15-кратным увеличением и идентификационных ключей [15; 21] в Морском научно-техническом центре Клайпедского университета (аналитик – М. Бучас). Для определения фитомассы пробы водорослей были высушены при температуре 60 °С до постоянного веса и затем взвешены с точностью 0,001 г.

Донные ландшафты типизировались на основании полученной картосхемы, уточненной данными по фитомассе макрофитов.

### Результаты

По результатам видеосъемки с учетом фондовых литологических данных на подводном береговом склоне у мыса Таран были выявлены три литофации: 1) пески разноразмерные, преимущественно плохо сортированные, гравелистые, частично покрытые валунами; 2) валунно-глыбовая отмостка с песчаным и гравийно-галечным наполнителем; 3) рыхлые коренные породы, частично покрытые валунами (рис. 2).

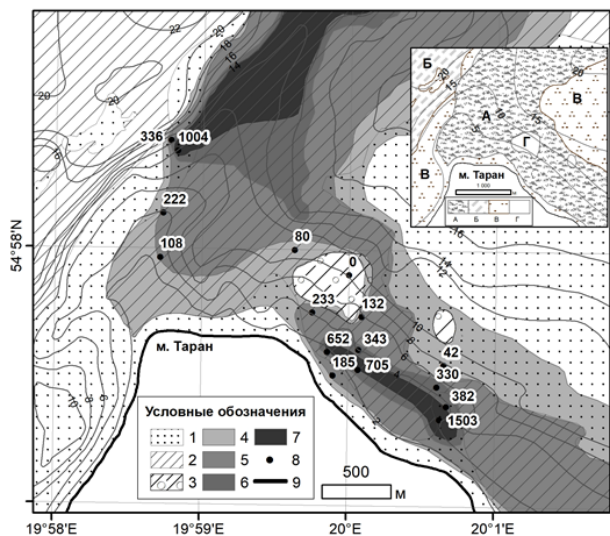


Рис. 2. Карта-схема донных ландшафтов на подводном береговом склоне у мыса Таран: литофации: 1 – пески разномерные, преимущественно плохо сортированные, гравелистые, частично покрытые валунами; 2 – валунно-глыбовая отмостка с песчаным и гравийно-галечным наполнителем; 3 – степень проективного покрытия дна макрофитами; 4 – менее 5%; 5 – 5–25%; 6 – 25–50%; 7 – более 50%; 8 – значения суммарной сухой фитомассы макрофитов ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) в точках пробоотбора в июле 2014 г. (проба 8, см. рис. 1, была отобрана в октябре). На врезке показаны типы донных ландшафтов:

А – валунно-глыбовая отмостка с песчаным и гравийно-галечным наполнителем, покрытая макрофитами; Б – валунно-глыбовая отмостка с песчаным и гравийно-галечным наполнителем, без макрофитов; В – пески разномерные, гравелистые, умеренно и плохо сортированные, с отдельными валунами, покрытыми макрофитами; Г – рыхлые коренные породы, частично покрытые валунами, без макрофитов

Песчаная литофация перекрывает валунную отмостку и занимает сугубое прибрежное мелководье и борта моренной гряды, которая морфологически сопрягается с мысом Таран. Пески в основном плохо сортированы, особенно восточнее подводной моренной гряды. Исключение составили умеренно сортированные пески к западу от мыса Таран, что свидетельствует о большем влиянии гидродинамических процессов и удаленности от источника.

В пределах глыбовой отмостки к северо-востоку от мыса на глубинах 5–10 м выявлены два небольших выхода на поверхность дна рыхлых коренных пород, предположительно палеогенового возраста. К западу от моренной гряды и полосы песчаных отложений на глубине более 20 м предположительно преобладают валунно-галечные отложения с песчаным наполнителем [7; 17], залегающие на меловых и палеогеновых породах [10].



По данным видеосъемки распределение макрофитов было мозаично и тесно связано с характером субстрата и глубиной моря. Максимальная степень проективного покрытия дна макрофитами выявлена на валунно-глыбовой отмостке — на моренной гряде к северу от мыса Таран (глубины 11–13 м) и на мелководье к востоку от мыса (глубины 2–4 м). Макрофиты встречались до глубины около 19 м. Несмотря на распространение валунно-глыбовой отмостки на больших глубинах, очевидно, что она не покрыта макрофитами из-за недостатка света. В пределах песчаной литофации макрофиты покрывали отдельные валуны, также встречались неприкрепленные водоросли. Литофация рыхлых коренных пород (глубина 7–11 м) практически была лишена макрофитов. До глубины 12 м на валунно-глыбовой отмостке и на отдельных валунах также встречался баянус, покрывая, как правило, не более 15 % поверхности дна. По результатам видеосъемки было невозможно определить соотношение живых и мертвых организмов. Также среди макрофитов была замечена подвижная молодежь балтийской сельди (салаки) *Clupea harengus* и балтийского шпрота *Sprattus sprattus*, особенно часто к северу от мыса Таран на глубине до 10 м.

Пробы макрофитов отбирались только в пределах одной литофации — на валунно-глыбовой отмостке с песчаным и гравийно-галечным наполнителем. Всего было обнаружено 11 таксонов макрофитобентоса (табл. 1). Пять видов относились к разделу красных водорослей (*Rhodophyta*), 4 вида — к разделу зеленых водорослей (*Chlorophyta*), 2 вида — к бурым водорослям (*Ochrophyta*, *Phaeophyceae*). Наибольшее число видов (5–7) было найдено на мелководье (глубина 2,5–5 м) к востоку от мыса Таран (точки 7, 8, 15, 16 в октябре, 16 в июле).

По фитомассе как в июле, так и в октябре доминировали красные водоросли, главным образом за счет вида *Polysiphonia fucoides*. Вид *Furcellaria lumbricalis* доминировал или был субдоминирующим локально на мелководье к востоку от мыса (точки 16 в июле, 6, 9, 12 в октябре). Вблизи от мыса Таран был замечен вклад *Coccotylus truncatus* (точки 5 в июле, 3, 5 в октябре).

В точках пробоотбора сухая фитомасса менялась от 0 до 1503 г/м<sup>2</sup> (медианное значение 330 г/м<sup>2</sup>) в июле и от 76 до 682 г/м<sup>2</sup> (медианное значение 395 г/м<sup>2</sup>) в октябре.

Сопоставление литофаций и плотности альгоценозов позволило выделить в районе мыса Таран четыре вида ландшафтов: А — валунно-глыбовая отмостка с песчаным и гравийно-галечным наполнителем, покрытая макрофитами; Б — валунно-глыбовая отмостка с песчаным и гравийно-галечным наполнителем, без макрофитов; В — пески разнозернистые, гравелистые, умеренно и плохо сортированные, с отдельными валунами, покрытыми макрофитами; Г — рыхлые коренные породы, частично покрытые валунами, без макрофитов. Все эти ландшафты относятся к типу ландшафта более высокого уровня, а именно к эрозионно-аккумулятивному ландшафту подводного берегового склона морского бассейна ледникового происхождения.



**Таксономический состав и фитомасса макрофитов  
(в сухом весе, г/м<sup>2</sup>) в 2014 г. у мыса Таран**

Месяц	Номер станции	Координаты		Rhodophyta					Chlorophyta				Ochrophyta, Phaeophyceae		Число видов	Суммарная фитомасса, г/м <sup>2</sup>
		СШ	ВД	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	<i>Coccotylus truncatus</i>	<i>Polysiphonia fucoides</i>	<i>Ceramium tenuicorne</i>	<i>Hildenbrandia rubra*</i>	<i>Cladophora glomerata</i>	<i>Cladophora serica</i>	<i>Cladophora rupestris</i>	<i>Ulva prolifera</i>	<i>Ectocarpus siliculosus</i>	<i>Battersia arctica</i>		
Июль	1	54°57,9'	19°58,6'	0	17,5	91	0	0	0	0	0	0	0	0	2	108
	2	54°58,1'	19°58,6'	34	0	188	0	0	0	0	0	0	0	0	2	222
	3	54°58,3'	19°58,7'	0	0	964	0,5	0	0	0	39,2	0	0,875	0	4	1004
	4	54°58,3'	19°58,7'	0	0	333	0	0	0	0	4	0	0	0	2	337
	5	54°58,0'	19°59,5'	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	80
	6	54°57,7'	19°59,7'	0	0	191	0	0	0	0	42,2	0	0	0	2	233
	7	54°57,6'	19°59,8'	0	0	621	0	0	19,25	0	12,5	0	0	0	3	653
	9	54°57,9'	20°0,0'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0
	10	54°57,7'	20°0,1'	0	0	2	0,15	0	0	2	127,8	0	0	0,0	4	132
	11	54°57,6'	20°0,0'	0	0	334	0	0	0	0	9	0	0	0,0	2	343
	12	54°57,5'	20°0,0'	0	0	627	0	0	0	0	78	0	0	0,0	2	705
	13	54°57,5'	20°0,6'	1,5	0	12	0	0,25	0	0	0	0	0	28,3	4	42
	14	54°57,4'	20°0,6'	0	0	229	0	0	41	0	30	0	0	30,5	4	330
	15	54°57,3'	20°0,6'	0	0	339	0	0	0	0	33	0	0	10,5	3	383
	16	54°57,3'	20°0,6'	1031	0	459	2	0	0	0	11,5	0,1	0	0,0	5	1503
	Октябрь	1	54°57,9'	19°58,6'	0	0	429	0	0	0	0	0	0	0,0	1	429
2		54°58,1'	19°58,6'	0	0	445	0	0	0	0	0	0	0,0	1	445	
3		54°58,3'	19°58,7'	0	346	7	0	0	0	0	0	0	0,0	2	353	
4		54°58,3'	19°58,7'	0	0	78	0,075	0	0,42	0	0	0	0	3,0	4	81
5		54°58,0'	19°59,5'	0	67	8	0	0	0	0	0	0	0	0,4	3	76
6		54°57,7'	19°59,7'	355	0	18	0	0	0	0	0,2	0	0	0,0	3	373
7		54°57,6'	19°59,8'	21	0	580	0,2	0	0,5	0	1,5	0	0	5,3	6	608
8		54°57,4'	19°59,8'	7,5	0	161	0,3	0	0,75	0	2,5	0,1	0	12,9	7	185
9		54°57,9'	20°0,0'	509	0	171	0	0	0	0	0,8	0	0	1,2	4	682
10		54°57,7'	20°0,1'	0,3	0	176	0	0	0,5	0	0	0	0	0,5	4	177
11		54°57,6'	20°0,0'	0	0	333	0	0	0	0	12,7	0	0	0,0	2	346
12		54°57,5'	20°0,0'	317	0	241	0	0	0	0	1,5	0	0	2,3	4	562
13		54°57,5'	20°0,6'	0	0	435	0	0	0	0	3,7	0	0	3,5	3	442
14		54°57,4'	20°0,6'	0	0	451	0	0	0	0	0	0	0	1,8	2	453
15		54°57,3'	20°0,6'	14,5	0	194	0,75	0	1,25	0	2,5	0,225	0	11,3	7	225
16		54°57,3'	20°0,6'	0	0	402	0	0	0,7	0	4,75	0,075	0	8,8	5	416

### Обсуждение

Выделенные нами литофации основаны на значительно более высокой обеспеченности района исследования литологическими данными по сравнению с полученными ранее [2; 6; 10].



При этом наши результаты соответствуют общим представлениям А. И. Блажчишина [2] о мозаичности литофаций, который отмечал, что донные биотопы представлены здесь валунно-глыбовой отмосткой, выходами коренных пород, гравийно-галечными отложениями и разнозернистыми песками, складывающимися при разрушении четвертичных моренных отложений. Подобное сочетание — единственное для Юго-Восточной Балтики. В работе также отмечалось, что валунно-глыбовая отмостка и отдельные валуны сплошь покрыты обрастаниями мидий и баянусов и, напротив, для ландшафтов подвижных песков характерны крайне убогие в видовом и количественном отношении биоценозы. К востоку от мыса Таран, под защитой валунно-глыбовой гряды, где широко распространены крупнозернистые и гравийные пески, формируются пятна илов и алевритов.

В обобщающей работе [6] указывалось, что к северо-востоку и юго-западу от мыса Таран дно сложено песками различных фракций, на фоне которых встречаются мозаичные валунно-галечные и гравийно-галечные отложения. Обычно встречаются их разреженные покровы (менее 70 % площади), где песчаный наполнитель представлен плохо сортированными песками различной зернистости. В. В. Орленок показал, что палеогеновые отложения, как правило, не выходят за глубины 15–20 м на расстоянии от берега 3–5 км [10].

В ходе первых исследований макрофитной альгофлоры в районе мыса Таран, проведенных в 2007–2009 гг. с использованием водолазного гидробиологического метода сбора материала, во флоре бентоса было найдено 14 видов [5]. Хотя в целом видовое разнообразие было сконцентрировано на глубине 3–4 м, багрянковые водоросли *Coccolytus truncatus* и *Furcellaria lumbricalis* чаще встречались на глубинах 3,5–6 м. Последний вид наряду с *Polysiphonia nigrescens* встречался и на больших глубинах. Зеленые водоросли (*Cladophora glomerata*) отмечались не глубже 9 м. Их разнообразие было максимальным на глубинах от 0,6 до 4 м. Утверждалось, что нижняя граница обитания макрофитов по сравнению с максимально возможной для этих видов в Балтийском море сдвинута в сторону меньших глубин. При этом было отмечено, что батиметрическая характеристика большинства видов нуждается в уточнении.

Доминирование в альгоценозах юго-восточной части Балтийского моря многолетних видов водорослей (*F. lumbricalis*, *Polysiphonia fucoides*, *C. truncatus*) отмечалось в работе [3], так же, как и бедность видового разнообразия макроводорослей по сравнению с более солеными водами Западной Балтики и повышенная нижняя граница их распространения относительно других местообитаний в Балтийском море.

Полученные нами данные подтвердили сильную изменчивость распределения макрофитов, обусловленную мозаичностью субстрата (литофаций), выявили явное доминирование *Polysiphonia nigrescens* и показали, что нижняя граница распространения макрофитов достигает 19 м. По характеру распределения степени проективного покрытия дна макрофитами очевидно, что они в значительном количестве присутствуют и на дистальной части моренной гряды, сопряженной с мысом Таран, находящейся за пределами района наших исследований.

Пространственная изменчивость (мозаичность) и недостаточная частота опробования не позволяют статистически обосновано сравнить





видовой состав и фитомассу макрофитов в июле и октябре. Можно лишь утверждать, что количество видов в районе исследования не превышало ранее обнаруженные 14 видов, а сухая фитомасса находилась примерно в пределах 300–400 г/м<sup>2</sup>.

Полученные попутно данные о присутствии среди макрофитовых зарослей балянуса, личинок и молоди рыб дают дополнительную информацию о структуре донного биоценоза. Балянусы служат пищевым ресурсом для круглого бычка *Neogobius melanostomus* [4] и в некоторых случаях для речной камбалы *Platichthys flesus* (персональное сообщение А. В. Гуцина). Макрофиты служат субстратом для нереста балтийской сельди (салаки) *Clupea harengus* [1], которая нерестится на глубине 8–10 м в феврале – апреле. Личинки и молодь салаки остаются среди макрофитов до начала осени, а в мае к ним присоединяется молодь балтийского шпрота *Sprattus sprattus* (персональное сообщение А. В. Гуцина).

### Заключение

Сочетание подводной видеосъемки и водолазных наблюдений позволило относительно подробно обследовать морское дно на участке подводного берегового склона в районе мыса Таран и с учетом ранее полученных литологических данных выделить 4 вида донных ландшафтов. Подтверждена высокая мозаичность распределения литофаций и степени проективного покрытия дна макрофитами. В пределах эвфотической зоны литофация валунно-глыбовой отмостки была наиболее покрыта макрофитами при доминировании вида *Polysiphonia nigrescens*. Нижняя граница распространения макрофитов располагалась на глубине 19 м, что заметно ниже, чем принято было считать ранее.

Макрофиты являются интегральным показателем как эвтрофикации, так и загрязнения морской среды. Поэтому они считаются одним из лучших показателей качества воды и могут быть рекомендованы для использования в целях регионального экологического мониторинга. Существование у мыса Таран экологически значимого скопления макрофитов, наиболее крупного в российском секторе Юго-Восточной Балтики, в сочетании с высоким литофациальным разнообразием морского дна дает веские основания для создания в этом районе морской охраняемой территории (акватории).

*Работа выполнена в рамках госзадания ИО РАН (тема № FMWE-2024-0025).*

### Список литературы

1. Бирюков Н. П. Сельди Балтийского моря. Калининград, 1970.
2. Блажчишин А. И. Подводные ландшафты Калининградского взморья в районе Самбийского полуострова // Геоэкология морских ландшафтов. Калининград, 1992. С. 90–99.
3. Володина А. А., Герб М. А. Водоросли, рекомендуемые для включения в новое издание Красной книги Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2018. №3. С. 74–85.



4. Гуцин А. В., Ежова Е. Е., Боровикова Е. А. Питание вселенца бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Perciformes: Gobiidae) в Юго-Восточной Балтике // Российский журнал биологических инвазий. 2021. №4. С. 1–8.
5. Ежова Е. Е., Володина А. А. Водоросли-макрофиты // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Калининград, 2012. Т. 2. С. 449–459.
6. Жамойда В. А., Сивков В. В. Донный рельеф и поверхностные осадки // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Калининград, 2012. С. 59–69.
7. Жамойда В. А., Сивков В. В., Рябчук Д. В. Литологическая карта поверхности морского дна. Карта современных морских фаций // Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря. Российский сектор юго-восточной части Балтийского моря / гл. ред. О. В. Петров. СПб., 2010. С. 60–63.
8. Жиндарев Л. А., Рябкова О. И., Сивков В. В. Геология и геоморфология морских берегов // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Калининград, 2012. Т. 2. С. 449–459.
9. Методические рекомендации по изучению донных образований арктического шельфа. Л., 1981.
10. Орленок В. В. Сейсмоакустическая структура кайнозойских отложений подводного склона юго-восточной Балтики // География на рубеже веков. Калининград, 2001. С. 65–74.
11. Петров К. М. Биономия океана. СПб., 2004.
12. Преображенский Б. В., Жариков В. В., Дубейковский Л. В. Основы подводного ландшафтоведения. Владивосток, 2000.
13. Федоров В. В. Методические рекомендации по проведению морских ландшафтных исследований в рыбохозяйственных целях. М., 1982.
14. Bäck S. Guidelines for monitoring of phytobenthic plant and animal communities in the Baltic Sea. Annex for HELCOM COMBINE programme. Finnish Environment Institute. 1999. URL: [http://www.helcom.fi/Documents/Action%20areas/Monitoring%20and%20assessment/Manuals%20and%20Guidelines/COMBINE\\_AnnexC9\\_MonitoringPhytobenthic.pdf](http://www.helcom.fi/Documents/Action%20areas/Monitoring%20and%20assessment/Manuals%20and%20Guidelines/COMBINE_AnnexC9_MonitoringPhytobenthic.pdf) (дата обращения: 12.06.2024).
15. Bartsch I. Einsatz des European Union Nature Information System (EUNIS) und des Britischen marinen Habitat Klassifizierungssystems zur Erfassung von Biotopparzellen im Naturschutzgebiet «Helgoländer Felssockel», Qualitätssicherungsstelle des BMLP Nord- und Ostsee am Umweltbundesamt // FG II 3.3 und II 3.6. Taxonomie mariner Makrophyten und ihre Bedeutung für das Monitoring im Rahmen der Internationalen Meeresschutzabkommen» / C. Lohmann, P. Schilling (eds.). Berlin, 2001.
16. Dorokhov D., Dorokhova E., Sivkov V. Marine landscape mapping of the south-eastern part of the Baltic Sea (Russian sector) // Baltica 2017. №30 (1). P. 15–22.
17. Dorokhova E., Dorokhov D. Sediment mapping and transport pathways in the nearshore zone of the russian part of the South-Eastern Baltic Sea // Materials of XXVI International Coastal Conference «Managing risks to coastal regions and communities in a changing world». doi:10.31519/conferencearticle\_5b1b9489e-8deb2.41910928. URL: [https://academuspublish.com/en/nauka/conference\\_article/1781/view](https://academuspublish.com/en/nauka/conference_article/1781/view) (дата обращения: 12.06.2024).
18. HELCOM Guidelines for the Baltic Monitoring Programme. Helsinki. 1984. URL: [http://helcom.fi/helcom-at-work/publications/baltic-sea-environment-proceedings?Paged=TRUE&p\\_SortBehavior=0&p\\_mqyz=30.000000000000](http://helcom.fi/helcom-at-work/publications/baltic-sea-environment-proceedings?Paged=TRUE&p_SortBehavior=0&p_mqyz=30.000000000000) (дата обращения: 12.06.2024).
19. HELCOM. Baltic Sea Action Plan. Helsinki, 2007.



20. HELCOM. Eutrophication in the Baltic Sea – Approaches and methods for eutrophication target setting in the Baltic Sea region // Baltic Sea Environ. Proc. 2013. №133. doi: 10.5200/baltica.2018.31.01.

21. *Snøeijis P., Johansson G.* Swedish marine and brakish-water algae. On-line publication. Department of plant ecology, evolutionary biology centre Uppsala University. 2003. URL: [http://www.ibg.uu.se/se/kurser/1BL180/2005-01-21\\_120009\\_657.html?id=2003-06-12\\_181847\\_329](http://www.ibg.uu.se/se/kurser/1BL180/2005-01-21_120009_657.html?id=2003-06-12_181847_329) (дата обращения: 12.06.2024).

### Об авторах

Вадим Валерьевич Сивков – канд. геол.-минер. наук, директор, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Россия.

E-mail: [vadim.sivkov@atlantic.ocean.ru](mailto:vadim.sivkov@atlantic.ocean.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-1602-1298>

Алексей Витальевич Гушин – канд. биол. наук, ст. науч. сотр., Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Россия.

E-mail: [Poseidon-47@rambler.ru](mailto:Poseidon-47@rambler.ru)

Александр Романович Данченков – канд. геогр. наук, науч. сотр., Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва, Россия; науч. сотр., Балтийский федеральный университет им. И. Канга, Россия.

E-mail: [aldanchenkov@mail.ru](mailto:aldanchenkov@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-1710-3757>

Антон Юрьевич Шаламов – начальник экспедиционно-транспортного отдела (ЭТО), Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Россия; магистрант, Балтийский федеральный университет им. И. Канга, Россия.

E-mail: [anton4228@mail.ru](mailto:anton4228@mail.ru)

*V. V. Sivkov<sup>1</sup>, A. V. Gushin<sup>1</sup>, A. R. Danchenkov<sup>1, 2</sup>, A. J. Shalamov<sup>1, 2</sup>*

### **BOTTOM LANDSCAPES ON THE UNDERWATER COASTAL SLOPE AT CAPE TARAN (SOUTH-EASTERN COAST OF THE BALTIC SEA)**

<sup>1</sup> Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

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

Received 06 June 2024

Accepted 22 July 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-4

**To cite this article:** Sivkov V. V., Gushin A. V., Danchenkov A. R., Shalamov A. J., 2024, Bottom landscapes on the underwater coastal slope at Cape Taran (south-eastern coast of the Baltic Sea), *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 58–68. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-4.

*Based on underwater video footage and diver observations, along with previously obtained lithological data, four types of benthic landscapes have been identified on the section of the underwater coastal slope near Cape Taran. The high mosaic distribution of lithofacies and the*



varying degrees of macrophyte coverage of the seabed have been confirmed. The boulder-block pavement within the euphotic layer of the sea was maximally covered by macrophytes, with *Polysiphonia nigrescens* as the dominant species. The lower boundary of macrophyte distribution was recorded at a depth of 19 meters, which is significantly deeper than previously believed. Macrophytes can be recommended for use in regional environmental monitoring. The presence of an ecologically significant aggregation of macrophytes near Cape Taran, the largest in the Russian sector of the southeastern Baltic, combined with the high lithofacial diversity of the seafloor, provides strong justification for establishing a marine protected area in this region.

**Keywords:** Baltic Sea, Cape Taran, lithofacies, bottom landscapes, macrophytes

### The authors

Dr Vadim V. Sivkov, Director, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Russia.

E-mail: [vadim.sivkov@atlantic.ocean.ru](mailto:vadim.sivkov@atlantic.ocean.ru)

<https://orcid.org/0000-0003-1602-1298>

Dr Alexey V. Gushin, Senior Research Fellow, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Russia.

E-mail: [Poseidon-47@rambler.ru](mailto:Poseidon-47@rambler.ru)

Dr Aleksandr R. Danchenkov, Research Fellow, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Russia; Research Fellow, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

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

<https://orcid.org/0000-0002-1710-3757>

Anton J. Shalamov, Head of expedition department, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Russia; Master student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: [anton4228@mail.ru](mailto:anton4228@mail.ru)

Е. С. Бубнова<sup>1,2</sup>, К. А. Ефимова<sup>2</sup>, С. Д. Волков<sup>2</sup>

**ВЗВЕШЕННОЕ ВЕЩЕСТВО В ГДАНЬСКОЙ ВПАДИНЕ  
В КИСЛОРОДНЫХ И БЕСКИСЛОРОДНЫХ УСЛОВИЯХ  
В 2018 – 2023 ГОДАХ**

<sup>1</sup> Институт океанологии им. П. П. Ширшова, Москва, Россия

<sup>2</sup> Балтийский федеральный университет им. И. Канга, Калининград, Россия

Поступила в редакцию 01.04.2024 г.

Принята к публикации 03.06.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-5

**Для цитирования:** Бубнова Е. С., Ефимова К. А., Волков С. Д. Взвешенное вещество в Гданьской впадине в кислородных и бескислородных условиях в 2018 – 2023 годах // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канга. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №3. С. 69–80. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-5.

*Пространственное и временное распределение взвешенного вещества в юго-восточной части Балтийского моря было изучено в контексте смены кислородных условий на бескислородные. Полузакрытые акватории, такие как мелководное Балтийское море, играют ключевую роль в глобальном углеродном цикле. Углеродсодержащие частицы, как органические, так и неорганические, оседают в общей взвеси, поэтому важно понимать закономерности ее распределения. Основными источниками взвешенного вещества для юго-восточной части Балтийского моря являются первичное продуцирование и абразионные процессы в береговой зоне. Из интенсивно перемешиваемой береговой зоны взвесь переносится в район Гданьской впадины, где придонные нефелоидные слои уклавывают на сложные условия седиментации, что не позволяет считать эту область простым поглотителем углерода. Промежуточные нефелоидные слои образуются при сезонной смене кислородных условий на бескислородные, особенно при отрыве локальных максимумов растворенного сероводорода от дна. Концентрация растворенного кислорода в воде значительно варьируется в зависимости от сезона как в поверхностном слое, так и в придонном, достигая максимума зимой и весной и минимума летом и осенью.*

**Ключевые слова:** взвешенное вещество, Балтийское море, аноксия, гипоксия, растворенный кислород

### Введение

Взвешенное вещество – важный элемент морской экосистемы. Концентрация взвешенного вещества регулирует глубину проникновения солнечной радиации, изменяя тем самым скорость фотосинтеза в толще воды. Биологическое поглощение углекислого газа из атмосферы в процессе фотосинтеза приводит к вертикальному транспорту углерода вниз в толще воды (так называемый «углеродный насос») [1]. Кроме того, все типы взвешенных веществ способны переносить загрязнители [2], такие



как фосфор, тяжелые металлы или гидрофобные органические соединения. Благодаря этому свойству взвешенные вещества также способны исключать загрязняющие вещества (и углерод в том числе) из природных круговоротов, сохраняя их в донных отложениях на длительный период времени.

Основными источниками взвеси в юго-восточной части Балтийского моря становятся первичное продуцирование, береговая абразия и речной сток [3]. Количество биогенной взвеси за последние годы выросло, поскольку главной экологической проблемой Балтийского моря считается эвтрофикация [4], то есть повышение трофности экосистемы из-за избыточного поступления биогенных веществ и нарушения биогеохимического баланса. Наиболее важными признаками эвтрофикации являются увеличение концентрации общего фосфора и общего азота в воде; интенсивный рост фитопланктона и избыток взвешенного и растворенного органического вещества, на разложение которых, дополнительно к дыханию биоты, расходуется кислород [5]. Процесс минерализации — это комплекс физико-химических и биохимических окислительно-восстановительных микропроцессов, приводящих к полному разложению органических остатков до конечных продуктов окисления — окислов и солей. В случае с углеродом это в основном углекислый газ, карбонаты и бикарбонаты. Этот процесс особенно ярко проявляется в придонном слое, где поступление растворенного кислорода из поверхностного слоя ограничено галоклином.

Ключевым фактором в насыщении кислородом придонных вод впадин Балтийского моря служит водообмен с Северным морем. Крупные затоки североморских вод являются одной из основных особенностей, регулирующих всю экосистему Балтийского моря [6; 7]. Они не только вентилируют глубокие слои Балтийского моря, но и поддерживают постоянный галоклин, достаточно резкий, чтобы предотвратить перемешивание поверхностного и придонного слоя, формируя, таким образом, двухслойную структуру моря и способствуя расширению зон гипоксии (концентрация кислорода меньше 2 мл/л) и аноксии (отсутствие растворенного кислорода). Локальным эффектом перехода от окислительных кислородных условий к восстановительным сероводородным выступает образование слоев взвешенного вещества хемогенного и бактериального генезиса [8].

Ввиду того что в открытой части акватории доминирующим источником взвешенного вещества является первичное продуцирование [9], пространственное распределение взвеси может служить прокси для изучения пространственной структуры эвтрофикации. Пространственное и временное распределение взвеси в юго-восточной части Балтийского моря подвержено влиянию не только сезонных изменений и речного стока, но и затоков североморских вод и, как следствие, изменению положения границы перехода от окислительных кислородных условий к восстановительным сероводородным в придонном слое. Таким образом, придонные и промежуточные максимумы концентраций взвешенного вещества соответствуют этой переходной зоне. Цель данного исследования — описать временное и пространственное распределение взвеси и растворенного кислорода в Гданьской впадине юго-восточной части Балтийского моря за период с 2018 по 2023 г.



### Описание района исследования

Балтийское море расположено между морской умеренной и континентальной субарктической климатическими зонами. Климат здесь весьма изменчив вследствие разнонаправленных воздействий влажного и относительно мягкого морского воздуха из Северной Атлантики и сухого и холодного воздуха из Евразии. Южная часть Балтийского моря имеет свой сезонный цикл: он смещается на один месяц. Для весны это апрель — июнь, для лета — июль — сентябрь, для осени — октябрь — декабрь, для зимы — январь — март [10]. Балтийское море — это внутреннее море на северо-востоке Европы, омывающее берега таких стран, как Швеция, Финляндия, Россия, Эстония, Латвия, Литва, Польша, Германия и Дания. Оно соединено с Северным морем через Датские проливы и имеет площадь около 377 000 км<sup>2</sup>. Балтийское море характеризуется низкой соленостью (около 7 ‰) из-за значительного поступления пресной воды из многочисленных рек.

Гданьская впадина — крупная региональная отрицательная форма рельефа в Юго-Восточной Балтике с максимальной глубиной около 110 м (рис. 1). В последние десятилетия, как и большинство впадин Балтийского моря, подвержена постоянной гипоксии [11–13]. Гданьская впадина занимает важное положение в системе циркуляции вод Балтийского моря. Эта акватория подвержена значительным сезонным колебаниям температуры и межгодовым колебаниям солености, что оказывает влияние на стратификацию и вертикальное перемешивание водных масс. В зимний период поверхность воды охлаждается, способствуя вертикальному конвективному перемешиванию (до скачка солености — галоклина), тогда как летом прогревание верхних слоев создает сезонный термоклин, который усиливает разницу в плотности между поверхностным и придонным слоем [13].

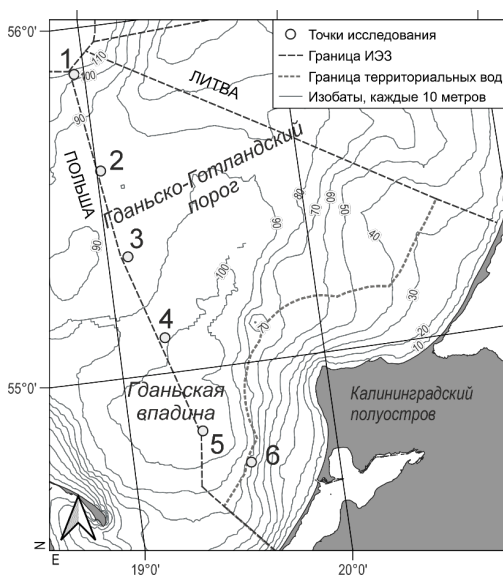


Рис. 1. Расположение точек исследований в юго-восточной части Балтийского моря



## Методы исследования

Отбор проб воды осуществлялся с 2018 по 2023 г. с помощью гидрологического комплекса MWS Slimline (Hydrobios). Непосредственно после подъема батометров на поверхность были отобраны пробы для определения растворенного кислорода, затем растворенного сероводорода, далее пробы для определения концентрации взвешенного вещества. Вертикальное распределение гидрофизических параметров было измерено с помощью зондов CTD90M (Sea&Sun Tech) и SAIV SD204 (характеристики зондов представлены в таблице). Визуализация результатов выполнялась с использованием программного обеспечения Ocean Data View [14].

72

### Метрологические характеристики гидрофизических зондов

Характеристика	Sea&Sun Tech CTD90M	
	Диапазон	Точность
Электропроводность, мСм/м	0–65	0,02
Температура, °С	-2–36	0,005
Давление, дбар	0–500	0,1 %
SAIV SD204		
Электропроводность, мСм/м	0–70	0,02
Температура, °С	-2–40	0,01
Давление, дбар	0–6000	0,01 %
MWS 12 Slimline		
Электропроводность, мСм/м	0–65	0,01
Температура, °С	-2–32	0,005
Давление, дбар	0–3000	<0,1 %

Концентрация растворенного кислорода определялась модифицированным титриметрическим методом Винклера, а концентрация сероводорода — спектрофотометрическим методом измерения малых концентраций сульфидов с последующим перерасчетом [15]. Для удобства визуализации совмещенных данных вместо концентрации сероводорода использовался так называемый «отрицательный кислород» [16]. Сезонная изменчивость кислородных условий в центральной части Гданьской впадины (точка 5) показана на основе данных, полученных в ходе экспедиций АО ИО РАН, а также дополнена данными из базы ICES, мониторинговая точка которых расположена в польской исключительной экономической зоне (ИЭЗ) [17]. Все данные унифицированы: растворенный кислород и сероводород указаны в мл/л.

Выделение взвешенного вещества из проб воды осуществлялось методом фильтрации под вакуумом с использованием двух разновидностей фильтров: мембранные ядерные (диаметр пор 0,4 мкм) и стекловолоконные GF/F (диаметр пор 0,6–0,8 мкм). Все фильтры были предварительно взвешены с точностью до 0,01 мг, ядерные очищены детергентом и соляной кислотой, а GF/F прокалены при температуре 350 °С в течение 3 ч. Для удаления морской соли после каждой пробы морской воды через каждый фильтр было отфильтровано 250 мл деионизированной





воды. Объем пробы определялся с помощью мерной посуды 2-го класса точности. Общая концентрация взвешенного вещества была получена посредством осреднения концентраций с двух ядерных фильтров.

Вертикальное распределение взвешенного вещества было изучено на разрезе вдоль российско-польской границы: этот участок включает южный склон Готландской впадины, Гданьско-Готландский порог, Гданьскую впадину (рис. 1). Для создания вертикального распределения концентрация взвеси усреднялась за период с 2018 по 2023 г. через каждые 10 м в каждой точке отбора проб.

### Результаты и обсуждение

Сезонный ход кислорода в поверхностных водах Гданьской впадины характеризуется зимне-весенним максимумом и летним минимумом [18] (рис. 2). Для поверхностного слоя моря характерен благоприятный кислородный режим за счет газообмена с атмосферой, фотосинтеза и вертикального перемешивания вод. За период с 2018 по 2023 г. концентрация растворенного кислорода в поверхностном слое моря в Гданьской впадине не снизилась, что идет вразрез с наблюдаемым трендом на увеличение средней температуры приповерхностного слоя атмосферы и поверхностного слоя вод [19]. Увеличение температуры может быть нивелировано развитием теплолюбивых фотосинтезирующих цианобактерий.

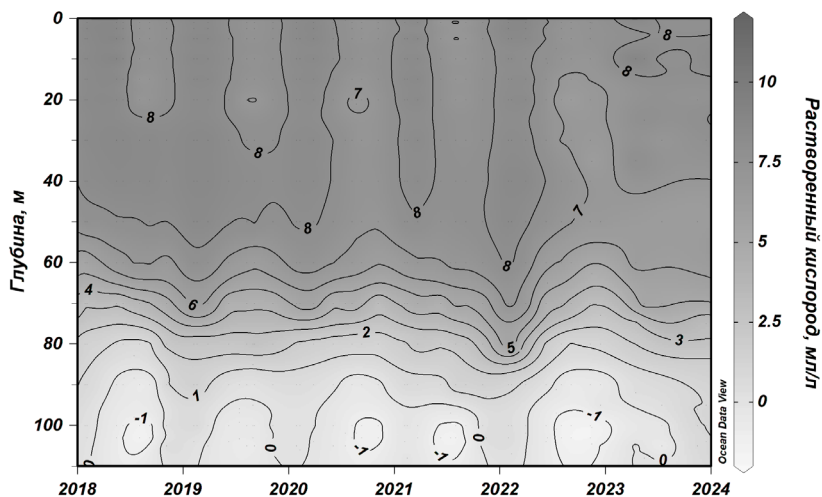


Рис. 2. Динамика содержания растворенного кислорода и растворенного сероводорода, выраженного как отрицательный кислород (мл/л) в центральной части Гданьской впадины (ст. 5)

В ноябре — декабре формируется слой мощностью до 60 м, существующий до марта; содержание кислорода в нем более 7 мл/л в ноябре и более 8 мл/л в феврале — апреле. В теплый летний период верхний квазигомогенный слой (ВКС) имеет меньшую мощность (20 — 50 м), концентрации кислорода в нем находятся в диапазоне от 6 до 7 мл/л. Ниже галоклина (60 — 80 м) содержание растворенного кислорода резко падает.

Оксиклин расположен в среднем на глубине 70 м, глубже него вплоть до дна распространяется гипоксия (воды с концентрацией кислорода ниже 2 мг/л). Верхняя граница зоны гипоксии не подвержена сезонным изменениям в отличие от зон распространения растворенного сероводорода. Аноксия в точке исследований была зафиксирована с июня по ноябрь, в декабре — мае концентрация кислорода возвращалась к границе 2 мг/л. Сезонная цикличность мощности слоя отсутствия растворенного кислорода, отмеченная нами в центре Гданьской впадины, в основном согласуется с выводами о ее летне-осеннем развитии в центральной части Балтийского моря (за исключением Гданьской впадины), полученными в [20]. Характерной особенностью 2022–2023 гг. стал отрыв слоя «отрицательного кислорода» (то есть слоя, где присутствует растворенный сероводород) от дна на расстояние 5–15 м, что может говорить о латеральном поступлении растворенного кислорода из Слупского желоба.

Наличие промежуточных пиков концентрации растворенного сероводорода (выраженного в виде отрицательного кислорода) может быть вызвано адвективным распространением насыщенных кислородом вод от склонов впадины. Другим источником промежуточных интрузий, согласно [21], служит поступление плотных, умеренно насыщенных кислородом вод из Слупского желоба. Предполагается, что циклоническая вихревая деятельность над потоком из Слупского желоба, идущим вдоль наклонного дна, приводит к фрагментации потока на отдельные шлейфы. Промежуточные слои, насыщенные сероводородом, также способствуют образованию промежуточных нефелоидных слоев на границе окислительно-восстановительных условий (рис. 3).

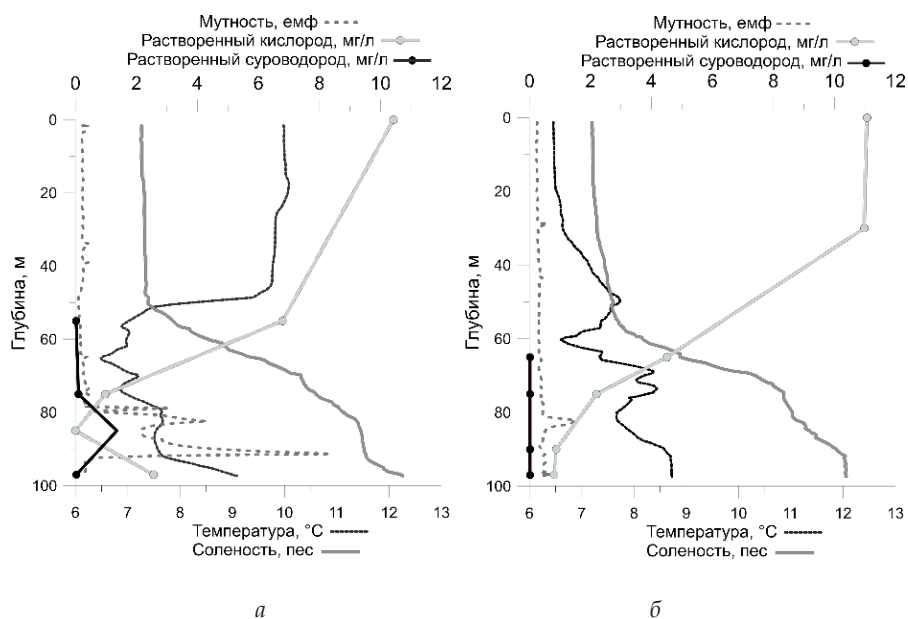


Рис. 3. Вертикальное распределение температуры, солёности, растворенного кислорода и мутности на точке 3 в ноябре (а) и декабре (б) 2023 г.



Разница во времени между съемками в данном случае составила месяц. В ноябре 2023 г. на глубине 85 м было зафиксировано наличие сероводорода, что совпадает с началом развития самого большого пика мутности. Пик сходит на нет, когда начинает расти кислород в придонном слое. К декабрю придонный слой на точке перемешивается: отсутствует как локальный промежуточный пик сероводорода, так и максимум кислорода в придонном слое. Отсутствуют и нефелоидные слои за исключением небольшого в слое понижения температуры и кислорода.

Достоверно известно, что бактериальные сообщества, ответственные за образование взвеси, процветают на окислительно-восстановительных барьерах [22], образуя гидроокислы железа и марганца, а также бактериальные колонии на оседающих минеральных частицах, поэтому при достаточно высокой концентрации сероводорода может образоваться нефелоидный слой. Чередование кислородных и сероводородных условий в центральной части Гданьской впадины (рис. 2) обеспечивает наличие промежуточного нефелоидного слоя в летний период.

Временной ход концентрации взвешенного вещества в Гданьской впадине характеризуется выраженным приповерхностным максимумом (рис. 4), основным источником взвеси для этого слоя служит биопродуцирование, в частности развитие фитопланктона. Средняя концентрация взвешенного вещества с 2018 по 2023 г. в поверхностном слое моря в Гданьской впадине составила 0,4 мг/л. Мощность поверхностного слоя, включающего максимальные концентрации взвешенного вещества, за пять лет составила 20 м, что примерно равно мощности ВКС в летний период. Абсолютный максимум концентрации взвеси был зафиксирован в августе 2022 г. и составил 1,6 мг/л, минимальная концентрация взвеси в поверхностном слое была 0,45 мг/л и зафиксирована в июне 2022 г.

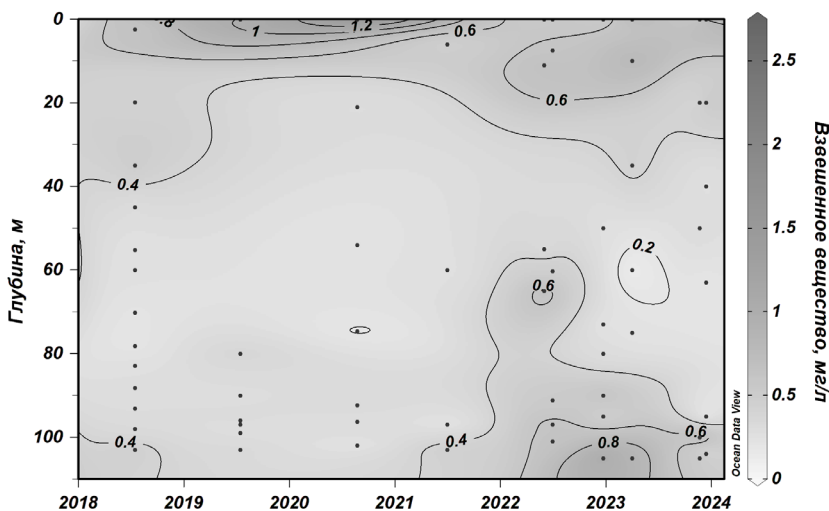


Рис. 4. Динамика концентрации взвешенного вещества (мг/л) в центральной части Гданьской впадины (ст. 5)

Локальные максимумы концентрации взвешенного вещества (придонный нефелоидный слой) были характерны для Гданьской впадины в 2018, 2021, 2022 и 2023 гг., когда были зафиксированы промежуточные максимумы концентрации сероводорода в воде (рис. 2). Средняя концентрация взвешенного вещества с 2018 по 2023 г. в придонном слое моря в Гданьской впадине составила 0,45 мг/л. Промежуточный слой «чистой воды» с низкими концентрациями взвешенного вещества распространялся от 20 до 80 м. Данные о концентрации взвешенного вещества в воде не были дополнены данными базы ICES, поэтому интерполированы были данные, полученные преимущественно в летний период, за исключением 2022–2023 гг., когда были проведены декабрьские съемки.

В среднемноголетнем (2018–2023) вертикальном распределении взвешенного вещества наблюдается трехслойная структура (рис. 5), включающая поверхностные и придонные максимумы, а также слой прозрачной воды на глубине 40–70 м. Средняя концентрация взвеси во всей толще воды была выше в теплое время года (0,6 мг/л), чем в холодное (0,45 мг/л).

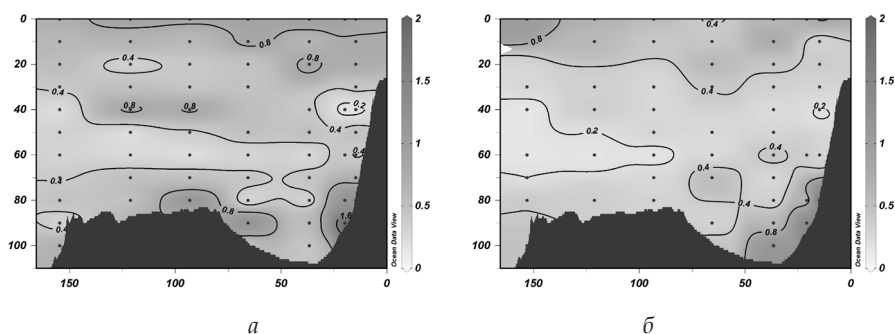


Рис. 5. Концентрация взвешенного вещества (мг/л) на вертикальном разрезе в теплый (а) и холодный сезон (б) за период с 2018 по 2023 г.

Более высокие концентрации наблюдались в поверхностном слое в теплое время года, тогда как для зимнего сезона аналогичный максимум был характерен для северо-восточной части разреза. В холодное время года поверхностный максимум отделяется от нижнего, а в теплый период кажется более равномерным по всей толще воды, даже несмотря на наличие промежуточного слоя прозрачной воды.

Слой минимального содержания взвеси совпал с холодным промежуточным слоем [23]. Холодный промежуточный слой полностью формируется только в теплый период и начинает разрушаться с октября. Придонный нефелоидный слой также был более выражен в теплый период. Единственным районом с нефелоидным слоем в холодное время года был южный склон Гданьской впадины в юго-восточной части разреза. Однако в теплый сезон нефелоидный слой существует и на южном, и на северном склонах Гданьской впадины. Придонный нефелоидный слой в южной части Гданьской впадины вызван наличием в этой обла-



сти зоны интенсификации придонного циклонического круговорота и, соответственно, уменьшением скорости осаждения взвеси в турбулентных условиях.

Вертикальное распределение взвешенного вещества рассматривалось для открытой части акватории. В точках, расположенных в открытой части моря (глубина больше 50 м), было зафиксировано экспоненциальное распределение взвешенного вещества от поверхности до горизонта 50 м и от дна до горизонта 50 м вверх. Вертикальное распределение взвешенного вещества на глубоководных станциях (глубина места >80 м) представлено на рисунке 6.

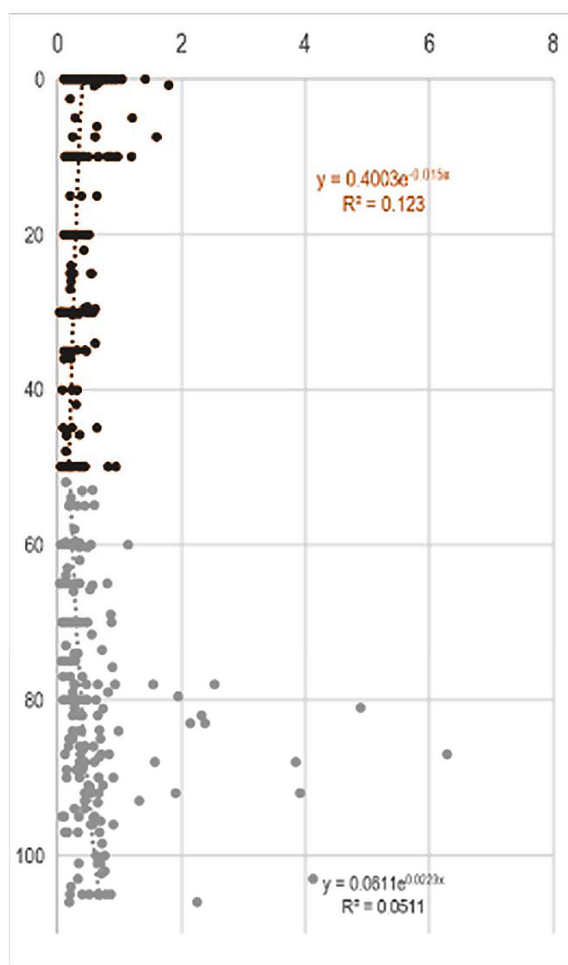


Рис. 6. Вертикальное распределение концентрации взвешенного вещества (мг/л) на станциях 1, 4 и 5 за период с 2018 по 2023 г.

От поверхности до слоя «чистой воды» можно провести экспоненту, выражающую потенциальный вертикальный поток взвеси. Встречную экспоненту можно провести от дна также к 50 м. Подобный способ расчета вертикальных потоков взвешенного вещества был описан в [23]. По



градиенту концентраций внутри экспоненциального распределения могут быть рассчитаны моментальные потоки взвешенного вещества: нисходящий от поверхности в слой 50 м и восходящий от дна, означающий, что осаждение частиц затруднено. Разумеется, расчеты такого рода являются одномоментными и не могут быть рассмотрены как альтернатива седиментационным ловушкам.

### Заключение

За период исследований (2018 – 2023) в юго-восточной части Балтийского моря были сделаны следующие наблюдения:

– значительная сезонная изменчивость в концентрации растворенного кислорода в воде как для поверхностного слоя, так и для придонного, максимальные значения характерны для зимне-весеннего периода, минимальные – для летне-осеннего;

– вертикальное распределение взвешенного вещества в Гданьской впадине, представляющее собой трехслойную структуру с двумя максимумами: в поверхностном и придонном слоях и промежуточным слоем «чистой воды» на глубинах 40 – 70 м;

– развитие промежуточных нефелоидных слоев при сезонной смене кислородных условий на бескислородные, особенно в случае отрыва локальных максимумов растворенного сероводорода от дна.

*Распределение зон гипоксии и аноксии было исследовано за счет гос. задания ИО РАН № FMWE-2024-0025, вертикальное распределение взвешенного вещества изучено при поддержке проекта РФФ № 22-77-00069.*

### Список литературы

1. Sigman D. M., Boyle E. A. Glacial/interglacial variations in atmospheric carbon dioxide // *Nature*. 2000. Vol. 407 (6806). P. 859 – 869. <https://doi.org/10.1038/35038000>.
2. Rügner H., Schwientek M., Beckingham B. Turbidity as a proxy for total suspended solids (TSS) and particle facilitated pollutant transport in catchments // *Environ Earth Sci*. 2013. Vol. 69. P. 373 – 380. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2307-1>.
3. Лукашин В. Н., Кречик В. А., Бубнова Е. С. и др. Взвесь в Балтийском море: распределение и химический состав // *Океанологические исследования*. 2018. Т. 46 (2). С. 145 – 166.
4. HELCOM Baltic Sea Action Plan. Helsinki Commission Publ. Helsinki, 2023.
5. Howarth R., Chan F., Conley D. J. et al. Coupled biogeochemical cycles: eutrophication and hypoxia in temperate estuaries and coastal marine ecosystems // *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2011. Vol. 9 (1). P. 18 – 26.
6. Matthäus W., Franck H. Characteristics of major Baltic inflows – a statistical analysis // *Continental Shelf Research*. 1992. Vol. 12, № 12. P. 1375 – 1400.
7. Mohrholz V. Major Baltic Inflow statistics – revised // *Frontiers in Marine Science*. 2018. Vol. 5. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00384>.
8. Емельянов Е. М., Стрюк В. Л. Водная взвесь // *Осадкообразование в Балтийском море* / под ред. А. П. Лисицына, Е. М. Емельянова. М., 1981. С. 79 – 106.
9. Сивков В. В. Водная взвесь // *Нефть и окружающая среда Калининградской области*. Калининград, 2012. Т. 2. Море. С. 12 – 127.



10. Гидрометеорологические условия. Проект «Моря СССР» Т. 3. Балтийское море. Вып. 1. СПб., 1992.

11. Conley D. J., Björck S., Bonsdorff E. et al. Hypoxia-related processes in the Baltic Sea // Environ. Sci. Technol. 2009. Vol. 43. P. 3412–3420. <https://doi.org/10.1021/es802762a>.

12. Дубравин В. Ф. Гидрохимический режим // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Калининград, 2012. Т. 2. Море. С. 106–120.

13. Дубравин В. Ф., Дорохова Е. В., Сивков В. В., Смыслов В. А. Гидрохимические показатели и взвешенное вещество // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Калининград, 2012. Т. 2. Море. С. 276–291.

14. Schlitzer R. Ocean data view. 2018. URL: <https://epic.awi.de/id/eprint/56921/> (дата обращения: 15.03.2024).

15. Бордовский О. К., Чернякова А. М. Современные методы гидрохимических исследований океана : метод. указания. М., 1992. 201 с.

16. Fonselius S. Hydrography of the Baltic Deep Basins III. Fish. Bd Sweden, Ser. Hydrography, Rep. 23. 1969.

17. ICES Oceanographic database / International Council for the Exploration of the Sea (ICES). 2022. URL: <https://ocean.ices.dk/HydChem/HydChem.aspx> (дата обращения: 01.03.2024).

18. State and Evolution of the Baltic Sea, 1952–2005: A Detailed 50-year Survey of Meteorology and Climate, Physics, Chemistry, Biology, and Marine Environment / R. Feistel, G. Nausch, H. Wasmund. Hoboken, 2008.

19. Dutheil C., Meier H. E. M., Gröger M., Börgel F. Understanding past and future sea surface temperature trends in the Baltic Sea // Climate Dynamics. 2022. Vol. 58 (11). P. 3021–3039.

20. Krapf K., Naumann M., Dutheil C., Meier H. Investigating Hypoxic and Euxinic Area Changes Based on Various Datasets From the Baltic Sea // Frontiers in Marine Science. 2022. Vol. 9. P. 823476. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.823476>.

21. Golenko M., Paka V., Zhurbas V. et al. Intermediate plumes of low oxygen in the southeastern Baltic Sea // Oceanologia. 2023. Vol. 65 (1). P. 100–116.

22. Пахомова С. В., Розанов А. Г., Якушев Е. В. Растворенные и взвешенные формы железа и марганца в редокс-зоне Черного моря // Океанология. 2009. Т. 49, №6. С. 835–850.

23. Christiansen C., Kunzendorf H., Emeis K. C. et al. Temporal and spatial sedimentation rate variabilities in the eastern Gotland Basin, the Baltic Sea // Boreas. 2002. Vol. 31 (1). P. 65–74. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2002.tb01056.x>.

#### Об авторах

Екатерина Сергеевна Бубнова — мл. науч. сотр., Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН; асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

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

Ксения Алексеевна Ефимова — мл. науч. сотр., лаборатория морского природопользования, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: [ksyu.efimova.99@inbox.ru](mailto:ksyu.efimova.99@inbox.ru)

Семен Дмитриевич Волков — магистр, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: [syoma26200@gmail.com](mailto:syoma26200@gmail.com)



E. S. Bubnova<sup>1,2</sup>, K. A. Efimova<sup>2</sup>, S. D. Volkov<sup>2</sup>

TOTAL SUSPENDED MATTER IN THE GDANSK DEEP  
AT OXYGENATED/ANOXIC CONDITIONS IN 2018–2023

<sup>1</sup> Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

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

Received 01 April 2024

Accepted 03 July 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-5

80

**To cite this article:** Bubnova E. S., Efimova K. A., Volkov S. D., 2024, Total suspended matter in the Gdansk deep at oxygenated / anoxic conditions in 2018–2023, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 69–80. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-5.

*The spatial and temporal distribution of suspended matter in the southeastern part of the Baltic Sea was studied in the context of the transition from oxygenated to anoxic conditions. Semi-enclosed water bodies, such as the shallow Baltic Sea, play a key role in the global carbon cycle. Carbon-containing particles, both organic and inorganic, settle within the total suspended matter, making it important to understand the patterns of its distribution. The main sources of suspended matter in the southeastern part of the Baltic Sea are primary production and abrasion processes in the coastal zone. From the intensively mixed coastal zone, the suspended matter is transported to the Gdańsk Deep, where benthic nepheloid layers indicate complex sedimentation conditions, suggesting that this area cannot be considered a simple carbon sink. Intermediate nepheloid layers form during the seasonal shift from oxygenated to anoxic conditions, especially when local maxima of dissolved hydrogen sulfide detach from the seabed. The concentration of dissolved oxygen in the water varies significantly depending on the season, both in the surface and bottom layers, reaching its peak in winter and spring and its minimum in summer and autumn.*

**Keywords:** total suspended matter, Baltic Sea, anoxia, hypoxia, dissolved oxygen

**The authors**

Ekaterina S. Bubnova, junior researcher, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Russia; graduate student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: bubnova.kat@gmail.com

Ksenia A. Efimova, junior researcher, laboratory of marine environmental management, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: ksyu.efimova.99@inbox.ru

Semen D. Volkov, master's student, Graduate School of Living Systems, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: syoma26200@gmail.com



УДК 636.03

*С. Л. Тихонов<sup>1,2</sup>, Н. В. Тихонова<sup>1</sup>*

**РАЗРАБОТКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТОКСИЧНОСТИ  
НОВОГО АНТИТРОМБОЦИТАРНОГО  
ПИЩЕВОГО ПЕПТИДА**

81

<sup>1</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

Поступила в редакцию 30.04.2024 г.

Принята к публикации 16.06.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-6

**Для цитирования:** Тихонов С. Л., Тихонова Н. В. Разработка и прогнозирование токсичности нового антитромбоцитарного пищевого пептида // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №3. С. 81 – 88. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-6.

*Разработку антитромбоцитарного пептида проводили с использованием протеомных баз данных и базы данных циклических пептидов Cybase. Прогнозирование токсичности осуществляли на платформе ADMET1 ab 3. В качестве каркаса был применен циклический пептид с названием PLP-5 под номером 1375 в базе данных циклических пептидов Cybase. Получен новый пептид с аминокислотной последовательностью QLSNGLFVDYLWW. По предсказателю биологической активности пептидов он имеет биоактивность на уровне 0,81968 ед. при максимальной 1. Пептид не вызывает острую токсичность при пероральном применении, не токсичен для сердца, печени, слизистых глаз и дыхательных путей, не мутагенен, не цитотоксичен, что позволяет его рекомендовать в качестве функционального ингредиента для пищевой продукции специализированного назначения, но при условии подтверждения эффективности в экспериментах in vitro.*

**Ключевые слова:** циклические пептиды, антитромботические свойства, биологическая активность, токсичность, цитотоксичность

### **Введение**

Заболевания сердечно-сосудистой системы являются одной из основных причин смертности [1]. Осложнением таких заболеваний может быть тромбоз, приводящий к развитию ишемического инсульта, инфаркта миокарда и других патологий [2]. Для предупреждения образования тромбов используются антитромбоцитарные препараты, в частности



аспирин. В основном такие лекарственные препараты вызывают ряд побочных эффектов, что ограничивает их применение [3]. Поэтому создание новых биологически активных веществ с антитромбоцитарным действием остается важным направлением биотехнологических исследований. Но прежде чем создавать вышеуказанные биоактивные вещества, целесообразно рассмотреть механизм образования тромбов для обоснования наличия предлагаемых действующих начал.

В образовании тромбов участвует молекула клеточной адгезии, связанная с карциноэмбриональным антигеном 1 (CEACAM1). Это трансмембранный гликопротеин, экспрессируемый в тромбоцитах, эндотелиальных клетках и иммунных клетках [4]. Клетки эндотелия, эпителия и лимфоциты экспрессируют антигены CEACAM1-4I и CEACAM1-4S [5], включающие N-конец иммуноглобулиноподобного домена V (IgV) (N домен) и три константных региона иммуноглобулина типа 2 (IgC2)-подобные домены (домены A1, B и A2). Различия в изоформах лежат во внутриклеточных цитоплазматических хвостах CEACAM1-4I и CEACAM1-4S. Хвост CEACAM1-4I включает два ингибирующих мотива иммунорецепторов на основе тирозина (ITIMs), тогда как хвост CEACAM1-4S этого не делает, но имеет последовательности для кальмодулина и тропомиозина и может взаимодействовать с цитоскелетом [6]. В исследованиях на лабораторных мышах с недостатком CEACAM1 авторами [7; 8] установлено, что CEACAM1 препятствует взаимодействию белка коллагена и тромбоцитов.

Рецептором коллагена в тромбоцитах считается мембранный белок – гликопротеин VI (GPVI). При повреждении стенки сосудов обнажается коллаген матрикса и происходит его связывание с GPVI, что приводит к активации тромбоцитов. GPVI опосредует активацию сигнальных путей, созданных на мотиве активации иммунорецепторов на основе тирозина (ITAM), и способствует внутриклеточной мобилизации  $Ca_{2+}$  и изменению формы тромбоцитов [9]. GPVI индуцирует секрецию тромбоцитами аденозиндифосфата (АДФ), тромбоксана и растворимых агонистов тромбоцитов, которые дополнительно активируют кровообращение и притягивают тромбоциты к поврежденной поверхности стенки сосуда [10]. Сигнальные молекулы цитоплазмы тромбоцитов передают сигнал интегрину  $\alpha IIb\beta 3$  (GP IIb / IIIa), который принимает высокоаффинную конформацию, позволяющую ему связываться с фибриногеном, то есть происходит активации тромбоцитов и образуются тромбы [11].

Следовательно, для предотвращения тромбоза необходимо ослабить функцию рецептора GPVI и разрушить CEACAM1. Механизм действия новых антитромботических веществ должен быть направлен на рецептор гликопротеина GPVI и белок CEACAM1.

В исследовании [12] установлено, что металлопептидаза-12 (MMP-12) гидролизует CEACAM1 на пептиды. Один из этих пептидов – QLSNGNRTLT – ингибирует индуцированную коллагеном активацию тромбоцитов [13], другой пептид QDTTYLWW предотвращает опосредованную GPVI активацию тромбоцитов и образование тромба [14]. Пептидные фрагменты QLSN и YLWW наиболее активны в механизме предотвращения образования тромбов [13; 14].



Одним из недостатков пептидов является их протеолиз в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) и, соответственно, снижение биодоступности и эффективности. Для решения этой проблемы пептиды можно трансплантировать в устойчивый к ферментализу белковый циклоидный каркас [15].

Перед синтезом биологически активных пептидов необходимо оценить их токсичность. В связи с этим целью исследования является создание нового антитромботического, устойчивого к протеолизу в ЖКТ пептида и прогнозирование его токсичности.

### Материал и методы исследования

Разработку антитромбоцитарного пептида проводили с использованием протеомных баз данных DRAMP (<http://dramp.cpu-bioinform.org/>), APD 3 (<https://aps.unmc.edu/home>) и базы данных циклических пептидов Cybase (<http://www.cybase.org.au>). Сравнение пептида с существующими осуществляли по пептидной базе EROP-Moscow (<http://erop.inbi.ras.ru/index.html>), включающей 26700 пептидов различной функциональной направленности. Прогноз биологической активности пептида проводили с помощью пептидного предсказателя Peptide Ranker (<http://distilldeep.ucd.ie/PeptideRanker>). Прогнозирование токсичности осуществляли на платформе ADMET1 ab 3 (<https://admetlab3.scbdd.com/documentation/#/>).

### Результаты

По результатам исследований [13; 14] аминокислотные последовательности QLSN и YLWW в антитромботических пептидах QLSNGNRTLT и QDTTYLWW препятствуют образованию тромбов [13; 14], поэтому для создания нового антитромботического пептида были использованы вышеуказанные последовательности. Следует отметить, что некоторые пептиды теряют свою активность под действием высоких температур [16], что делает невозможным их применение в качестве функциональных ингредиентов в составе пищевой продукции, технология которых включает пастеризацию и стерилизацию. Кроме того, пептиды подвергаются ферментативному гидролизу в ЖКТ и теряют свои биологические свойства. Поэтому при создании биопептидов используют каркасы циклических пептидов, устойчивые к протеолизу и температурному воздействию [17]. В качестве каркаса был использован циклический пептид с названием PLP-5 под номером 1375 в базе данных циклических пептидов Cybase.

На рисунке представлена протеомная карта циклического пептида PLP-5.

Пептид PLP-5 состоит из 5 аминокислотных остатков со следующей последовательностью GLFVD и имеет молекулярную массу 531,61 Да.

На основе циклического пептида и антитромботических последовательностей был получен новый пептид со следующей аминокислотной последовательностью: QLSNGLFVDYLWW.

По предсказателю биологической активности пептидов он имеет биоактивность 0,81968 при максимальной 1.



## The Database of



## Карточка белка PLP-5(1375)

## ДОБРО ПОЖАЛОВАТЬ

Библиография  
Ссылки  
О нас  
Ссылки

## НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Поиск  
Соответствие  
Праймеру

## БЕЛКИ

Классы >  
Поиск  
Поиск по отпечаткам пальцев  
Поиск по циклу  
Инструменты >  
Виды растений, лишённые циклотидов

## СТРУКТУРЫ

Поиск

## Общая информация

Имя	PLP-5
Последовательность	GLFVD
Класс	Орбитальная
Техника	Геномный
Средняя масса	531.61
Моноизотопная масса	531.27
m/z M +H	532.28
Тип белка	Дикий тип
Родитель	
Организм	<i>Senecio pinnatifolius var морской</i>
Примечания	
Циклический	ДА

## Анализ

Анализы не найдены

## Ссылки

Фишер, М.Ф., Чжан, Дж., Тейлор, Н.Л., Ховард, М.Дж., Берковиц, О., Дебовски, А.В., Бехсаз, Б., Уилан, Дж., Певзнер, П.А. и Майлн, Дж.С. (2018) Семейство небольших циклических пептидов, погребённых в препроальбумине с эпохи эоцена, *Растительный прямой* 2:0-0

84

Рис. Протеомная карта циклического пептида PLP-5

Пептид не имеет совпадений в базе данных EROP-Moscow, что свидетельствует о его идентичности.

В таблице представлены результаты прогнозирования токсичности пептида QLSNGLFVDYLWW на платформе ADMET1 ab 3.

## Результаты прогнозирования токсичности пептида

## GRCTKSICHFRWPGPPICFPD

Прогнозируемый показатель токсичности	Полученное значение	Описание значения / оценка токсичности
hERG-блокаторы, ед.	0,01	Не являются hERG-блокаторами при менее 0,3 / не токсичен для сердца
DILI, ед.	0,004	Не является токсичным для печени при значении менее 0,3 / не гепатотоксичен
Тест Эймса, ед.	0,073	Не мутагенен и не канцерогенен при значении менее 0,3 / не токсичен



Прогнозируемый показатель токсичности	Полученное значение	Описание значения / оценка токсичности
Острая токсичность при введении внутрь крысам, ед.	0,091	Не токсичен при значении менее 0,3 (> 500 мг/кг) / не токсичен при пероральном применении
Раздражение слизистой оболочки глаз, ед.	0,0	Не вызывает раздражение слизистой оболочки глаз при значении менее 0,3 / не токсичен для глаз
Раздражение слизистой органов дыхательной системы, ед.	0,0	Не вызывает раздражение слизистой дыхательных путей при значении менее 0,3 / не токсичен для дыхательной системы
Гематотоксичность, ед.	0,006	Не гематотоксичен при значении менее 0,3 / не гематотоксичен
Иммунотоксичность RPMI-8226, ед.	0,002	Не иммунотоксичен при значении менее 0,3 / не иммунотоксичен
Цитотоксичность Нек293, ед.	0,001	Не цитотоксичен при значении менее 0,3 / не цитотоксичен
IGC50, log <sub>10</sub> [(мг/л)/(1000·МВТ)]	3,55	При значении 0–5 не токсичен / не токсичен

Участвующий в реполяризации сердца hERG представляет собой калиевый канал, управляемый напряжением. Нецелевое ингибирование hERG лекарственными средствами стало критической проблемой в фармацевтической промышленности [18]. В результате исследований установлено, что пептид не вызывает блокирование канала hERG и, соответственно, не оказывает токсического действия на сердце.

Лекарственно индуцированное повреждение печени (dili), как внутреннее, так и идиосинкразическое, является частой причиной заболеваемости, смертности, неудач в клинических испытаниях и отмены после одобрения многих лекарственных препаратов [19]. Установлено, что исследуемый пептид является dili-отрицательным, соответственно, не вызывает повреждение печени.

Анализ мутагенности с использованием теста Эймса может предоставить ценную информацию о токсичности поглощенных ксенобиотиков. По прогнозированию теста Эймса установлено, что пептид не обладает мутагенностью.

На лабораторных крысах спрогнозировано, что пептид при пероральном применении не вызывает острую токсичность. Исследуемый пептид не раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей.

Фактические данные подчеркивают растущую важность исследования гематологической токсичности как наиболее частого общепринятого терминологического критерия нежелательных явлений после Т-клеточной терапии [20]. Установлено, что исследуемый пептид не обладает гематотоксичностью и иммунотоксичностью.

Клеточная линия НЕК293 используется в качестве производителя биотерапевтических средств и для оценки токсичности новых химиче-



ских веществ. Помимо простоты роста в бессывороточной суспензионной культуре и способности к трансфекции наиболее важным свойством этой клеточной линии является ее человеческое происхождение, что делает ее пригодной для оценки токсичности биологических препаратов, предназначенных для использования человеком [21]. Установлено, что исследуемый пептид не токсичен в отношении клеток НЕК293.

### Заключение

Получен антитромботический пептид на основе каркаса циклического устойчивого пептида. Спрогнозировано, что новый пептид QLSNGLFVDYLWW обладает высокой биологической активностью, не вызывает острой токсичности при пероральном применении, не токсичен для сердца, печени, слизистых глаз и дыхательных путей, не мутагенен, не цитотоксичен, что позволяет его рекомендовать в качестве функционального ингредиента для пищевой продукции специализированного назначения, но при условии подтверждения эффективности в экспериментах *in vitro*.

### Список литературы

1. Nagareddy P., Smyth S.S. Inflammation and thrombosis in cardio-vascular disease // *Curr Opin Hematol*. 2013. Vol. 20, №5. P. 457–463. <https://doi.org/10.1097/MOH.0b013e328364219d>.
2. Koupenova M., Clancy L., Corkrey H. A., Freedman J. E. Circulating platelets as mediators of immunity, inflammation, and thrombosis // *Circ Res*. 2018. Vol. 122, №2. P. 337–351. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.117.310795>.
3. Mackman N., Bergmeier W., Stouffer G. A., Weitz J. I. Therapeutic strategies for thrombosis: new targets and approaches // *Nat Rev Drug Discov*. 2020. Vol. 19, №5. P. 333–352. <https://doi.org/10.1038/s41573-020-0061-0>.
4. Kim W. M., Huang Y. H., Gandhi A., Blumberg R. S. CEACAM1 structure and function in immunity and its therapeutic implications // *Semin Immunol*. 2019. Vol. 42. P. 101296. <https://doi.org/10.1016/j.smim.2019.101296>.
5. Prall F., Nollau P., Neumaier M. et al. CD66a (BGP), an adhesion molecule of the carcinoembryonic antigen family, is expressed in epithelium, endothelium, and myeloid cells in a wide range of normal human tissues // *J Histochem Cytochem*. 1996. Vol. 44, №1. P. 35–41. <https://doi.org/10.1177/44.1.8543780>.
6. Schumann D., Chen C. J., Kaplan B., Shively J. E. Carcinoembryonic antigen cell adhesion molecule 1 directly associates with cytoskeleton proteins actin and tropomyosin // *J Biol Chem*. 2001. Vol. 276, №50. P. 47421–47433. doi: 10.1074/jbc.M109110200.
7. Wong C., Liu Y., Yip J. et al. CEACAM1 negatively regulates platelet-collagen interactions and thrombus growth in vitro and in vivo // *Blood*. 2009. Vol. 113, №8. P. 1818–1828. <https://doi.org/10.1182/blood-2008-06-165043>.
8. Stern N., Markel G., Arnon T. I. et al. Carcinoembryonic antigen, №CEA) inhibits NK killing via interaction with CEA-related cell adhesion molecule 1 // *J Immunol*. 2005. Vol. 174, №11. P. 6692–6701. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.174.11.6692>.
9. Nieswandt B., Watson S. P. Platelet-collagen interaction: is GPVI the central receptor? // *Blood*. 2003. Vol. 102, №2. P. 449–461. <https://doi.org/10.1182/blood-2002-12-3882>.
10. Stalker T. J., Newman D. K., Ma P. Platelet signaling // *Handb Exp Pharmacol*. 2012. Vol. 210. P. 59–85. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-29423-5>.



11. Watson S.P., Auger J.M., McCarty O.J., Pearce A.C. GPVI and integrin alphaIIb beta3 signaling in platelets // *J Thromb Haemost.* 2005. Vol. 3, №8. P. 1752–1762. <https://doi.org/10.1111/j.1538-7836.2005.01429.x>.

12. Wang J., Ye Y., Wei G. et al. Matrix metalloproteinase12 facilitated platelet activation by shedding car-cinoembryonic antigen related cell adhesion molecule1 // *Biochem Biophys Res Commun.* 2017. Vol. 486, №4. P. 1103–1109. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2017.04.001>.

13. Ye Y., Wan W., Wang J. et al. The CEACAM1-derived peptide QLSN impairs collagen-induced human platelet activation through glycoprotein VI // *Biosci Biotechnol Biochem.* 2020. Vol. 84, №1. P. 85–94. <https://doi.org/10.1080/09168451.2019.1662277>.

14. Ye Y., Leng M., Chai S. Antiplatelet effects of the CEACAM1-derived peptide QDTT // *Platelets.* 2024. Vol. 35, №1. P. 2308635. doi: 10.1080/09537104.2024.2308635.

15. Jaradat D.M. Solid-Phase Peptide Cyclization with Two Disulfide Bridges // *Methods Mol Biol.* 2022. Vol. 2371. P. 19–29.

16. Lovelock S.L., Crawshaw R., Basler S. et al. The road to fully programmable protein catalysis // *Nature.* 2022. Vol. 606. P. 49–58. doi: 10.1038/s41586-022-04456-z.

17. Jacob B., Vogelaar A., Cadenas E., Cama-rero J.-A. Using the cyclotide scaffold for targeting biomolecular interactions in drug development // *Molecules.* 2022. Vol. 27. P. 6430. <https://doi.org/10.3390/molecules27196430>.

18. Asai T., Adachi N., Moriya T. Cryo-EM Structure of K<sup>+</sup>-Bound hERG Channel Complexed with the Blocker Astemizole // *Structure.* 2021. Vol. 29, №3. P. 203–212. e4. <https://doi.org/10.1016/j.str.2020.12.007>.

19. Zhang C.J., Meyer S.R., O'Meara M. A human liver organoid screening platform for DILI risk prediction // *J Hepatol.* 2023. Vol. 78, №5. P. 998–1006. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2023.01.019>.

20. Rejeski K., Perez A., Sesques P. et al. CAR-HEMATOTOX: a model for CAR T-cell-related hematologic toxicity in relapsed / refractory large B-cell lymphoma // *Blood.* 2021. Vol. 138, №24. P. 2499–2513.

21. Abaandou L., Quan D., Shiloach J. Affecting HEK293 Cell Growth and Production Performance by Modifying the Expression of Specific Genes // *Cells.* 2021. Vol. 10, №7. P. 1667. <https://doi.org/10.3390/cells10071667>.

### Об авторах

Сергей Леонидович Тихонов — д-р техн. наук, проф., проф. кафедры пищевой инженерии аграрного производства, директор научно-образовательного центра «Прикладные нанобиотехнологии», Уральский государственный аграрный университет; проф. кафедры пищевой химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов, Уральский государственный лесотехнический университет, Россия.

E-mail: [tihonov75@bk.ru](mailto:tihonov75@bk.ru)

<https://orcid.org/0000-0003-4863-9834>

Наталья Валерьевна Тихонова — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой пищевой инженерии аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет, Россия.

E-mail: [tihonov75@bk.ru](mailto:tihonov75@bk.ru)

<https://orcid.org/0000-0001-5841-1791>



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

DEVELOPMENT AND PREDICTION OF TOXICITY  
OF A NEW ANTIPLATELET FOOD PEPTIDE

<sup>1</sup> Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Ural State Forestry Engineering University, Ekaterinburg, Russia

Received 30 April 2024

Accepted 16 June 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-6

88

**To cite this article:** Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., 2024, Development and prediction of toxicity of a new antiplatelet food peptide, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3 P. 81 – 88. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-6.

*The development of an antiplatelet peptide was conducted using proteomic databases and the Cybase cyclic peptide database. Toxicity prediction was carried out on the ADMETlab 3.0 platform. The framework used was the cyclic peptide PLP-5, listed under number 1375 in the Cybase database. A new peptide with the amino acid sequence QLSNGLFVDYLWW was obtained. According to the peptide bioactivity predictor, it has a bioactivity level of 0.81968 units, with a maximum of 1. The peptide does not cause acute toxicity when administered orally, is non-toxic to the heart, liver, eye mucosa, and respiratory tract, is non-mutagenic, and non-cytotoxic. This allows it to be recommended as a functional ingredient for specialized food products, provided its effectiveness is confirmed in in vitro experiments.*

**Keywords:** cyclic peptides, antithrombotic properties, biological activity, toxicity, cytotoxicity

**The authors**

Prof. Sergey L. Tikhonov, Ural State Agrarian University; Ural State Forest Engineering University, Russia.

E-mail: tihonov75@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4863-9834>

Prof. Natalya V. Tikhonova, Ural State Agrarian University, Russia.

E-mail: tihonov75@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5841-1791>



*Н. В. Бурова, Е. А. Дюкова*

**ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВЫБОРА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ  
ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

Поступила в редакцию 05.05.2024 г.

Принята к публикации 16.06.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-7

**Для цитирования:** Бурова Н. В., Дюкова Е. А. Эколого-географические предпосылки выбора технологических решений для проведения биологической рекультивации техногенно нарушенных территорий // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №3. С. 89–101. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-7.

*Более половины каменного угля России добывают в Кемеровской области. К сожалению, угледобыча наносит значительный ущерб окружающей среде и является одним из наиболее опасных видов деятельности человека. Угольные отвалы способствуют деградации растительного покрова, фауны, сельскохозяйственных и лесных земель. Классические методы рекультивации демонстрируют ограниченную эффективность и нуждаются в доработке, поэтому в статье поставлена цель на основе эколого-географических параметров района провести разработку предварительных технологических решений по биологической рекультивации отвала угольного разреза Кемеровской области, расположенного в Прокопьевском районе. Для этой цели была проведена аэрофотосъемка при помощи DJI Matrice 30 и лазерного сканирования с применением Slam сканер robotslam lite и изучены климатические и ботанико-географические характеристики района. В результате анализа полученных данных было определено, что в целом природно-климатические условия района благоприятны и позволяют выполнить рекультивационные работы по созданию лесных и травянистых насаждений санитарно-защитного, лесохозяйственного и сельскохозяйственного назначения. На первом этапе необходимо создать благоприятный корнеобитаемый слой с применением потенциально плодородных пород и гумусированного материала плодородных слоев почв. На биологическом этапе рекультивации для формирования почвенно-растительного слоя планируется использовать местные древесные и кустарниковые виды растений, а также плодово-ягодные культуры.*

**Ключевые слова:** техногенно нарушенные территории, угольный отвал, биологическая рекультивация, эколого-географический анализ

### **Введение**

Кузнецкий угольный бассейн является одним из крупнейших в мире месторождений высококачественного угля. Вопреки тенденции к переходу на альтернативные источники энергии объемы добычи угля про-



должают расти, причем для этого все больше используют открытый способ. Несмотря на прогрессивность и низкую стоимость открытой добычи угля, данный метод оказывает значительно более быстрое и серьезное воздействие на ландшафт района добычи угля и сопутствующие территории, поэтому тема восстановления нарушенных почв и ландшафтов приобретает существенное значение и актуальность [1; 2].

Эксплуатация открытых каменноугольных месторождений приводит к извлечению на поверхность неплодородного грунта. Этот грунт представляет собой комбинацию вмещающих и вскрышных пород, включая слои угля, не пригодные для промышленного использования, что ведет к уничтожению огромных площадей природных экосистем. Низкая гидроупорность пород, образующих отвал, ограничивает укоренение и рост растений. Добыча полезных ископаемых этим способом требует проведения долгосрочных мероприятий по восстановлению естественного ландшафта [3].

В Кузбасском регионе преобладает метод лесной рекультивации, где основным растением для применения является сосна обыкновенная. Однако, к сожалению, данный подход к рекультивации не способен обеспечить достаточно быстрое восстановление почв, поврежденных техногенными процессами. В этой связи требуется поиск эффективных альтернативных методов восстановления, заменяющих традиционные подходы [4].

Планирование рекультивационных мероприятий — технически сложный процесс, требующий комплексного анализа объема и характера нарушенной земной поверхности. В соответствии с нормативами по рекультивации и консервации территорий (Постановление Правительства Российской Федерации от 10.07.2018 г. № 800) проектирование мероприятий по восстановлению земель проводится с принятием во внимание общей площади поврежденных участков и степени их деградации, основанных на результатах проведенного обследования территорий, а также с учетом региональных природно-климатических условий и местоположения участка. При этом в каждом конкретном случае необходимо основываться прежде всего на данных о геометрических характеристиках объекта, планируемого к рекультивации [4; 5].

Современные технические возможности и тенденции цифровизации угольной отрасли позволяют осуществить сбор необходимой информации в дистанционном режиме с помощью беспилотных летательных аппаратов, не подвергая специалистов рискам нахождения на отработанной территории и, в сравнении с полевыми методами, дают возможность выполнять работы в разы быстрее. Кроме того, получение цифровых геопространственных данных (ортофотопланов, карт нормализованного относительного вегетационного индекса, цифровых моделей рельефа) по участкам биологической рекультивации в динамике и их последующий анализ способствуют наиболее эффективной оценке процессов, протекающих в результате рекультивационных мероприятий [6; 7].



Таким образом, в исследовании решалась задача по анализу эколого-географических условий района, где происходила добыча угля открытым способом для разработки технологических решений по биологической рекультивации.

### **Материалы и методы исследований**

В 2022 г. специалистами Кемеровского государственного университета была проведена аэрофотосъемка при помощи DJI Matrice 30 и лазерного сканирования с применением Slam сканера RobotSLAM Lite. В результате плановой аэрофотосъемки из множества фотоснимков был собран фотоплан местности, имеющий сантиметровую геодезическую точность.

Климатические показатели местности были получены от угольного разреза, на территории которого находится отвал, и метеорологической станции М-II Новокузнецк.

### **Результаты и их обсуждения**

#### *Общая характеристика района исследований*

Местонахождение экспериментального участка – Кемеровская область, Прокопьевский район, отвал угольного разреза Кемеровской области.

Разрез затрагивает территории Новокузнецкого и Прокопьевского районов Кузбасса. В состав угольного месторождения входят три карьерных поля. На территории угольного разреза не расположены населенные пункты, однако в непосредственной близости, на расстоянии 8–10 км, находятся одна деревня и одно село. Крупные города Кемеровской области располагаются в 25–30 км от разреза.

Ландшафт территории представляет собой холмистую местность с небольшими перепадами высот в диапазоне от 300 до 350 м, пронизанную сетью рек и ручьев. Водные ресурсы Прокопьевского района, к которым относятся ручьи, родники, реки, принадлежат бассейнам Чумыша, Ини и Томи, впадающих в Обь – одну из крупнейших рек Азии. Среди значимых водотоков района выделяются реки Аба, Ускат, Томь-Чумыш и Кара-Чумыш, последние две из которых являются началом реки Чумыш.

Западная часть района располагается на участке древнего Салаирского кряжа, который сегодня представляет собой холмистую равнину, поскольку сам кряж был разрушен вследствие длительных эрозийных процессов. Ландшафт западной части района относится к лесостепи. Район находится в резко континентальном климатическом поясе. Зима в данном районе наступает в ноябре, а заканчивается только в апреле. В декабре и январе отмечаются рекордно низкие температуры, минимум которых может достигать  $-43,9^{\circ}\text{C}$ . Самым теплым месяцем считается июль со средней температурой  $+19,4^{\circ}\text{C}$ . Максимально высокая температура, отмеченная в июле, составила  $36,7^{\circ}\text{C}$  [8].



Примерно одна треть Проктопьевского района покрыта лесами, которые преобладают на западной территории Салаирского края. Иногда такие леса называют Салаирской тайгой, так как они богаты деревьями хвойных пород (пихтой, кедром и елью), осинами и березами. Доля деревьев лиственных пород в некоторых местах Салаирского края может достигать 40 % от общего их числа. В Салаирском лесу обильно растут черемша (колба), медуница, крапива, марьин корень. Данные травы могут встречаться как на открытых полянах леса, так и на опушках. Болотистая местность леса богата диким луком, горная местность леса — лабазником, живокостью, мать-и-мачехой, синюхой, вехом ядовитым, борцом, багульником, торфяным мхом, аиром болотным.

Сегодня в лесах Салаирской тайги обитают разнообразные животные, включая рысь, бурого медведя, крота, белку, бурундука, барсука, росомаху, косулю, выдру, колонка. В лесостепной зоне Салаирского леса можно встретить хомяков, сурков и сусликов, волков, зайца-беляка и красную лисицу. Очень часто в данных местах встречаются лоси и косули [9].

Среди пернатых в лесах Салаирского края можно увидеть диких гусей, перепелов, нырковых уток, вальдшнепов, воронов, воробьев и сорок [9].

Растительный покров рассматриваемой территории представлен зональными типами — лесами и лугами — и интразональными — прибрежно-водными зарослями тростника. На лугах исследуемой территории велась различная хозяйственная деятельность (сенокосение, выпас скота и т. д.), в результате которой нативный травяной покров был нарушен человеком, поэтому видовое разнообразие растительности резко сократилось. Заброшенные участки пашни заняты серийными сообществами процесса восстановления растительности и занимают довольно большие площади. Они представлены молодыми разновозрастными березняками семенного происхождения, которые сочетаются с открытыми участками формирующейся луговой растительности. Широкое распространение зарослей тростника связано с недавним существованием мелководного пруда и может также рассматриваться как пример антропогенной смены растительности (заболачивание по мере зарастания пруда). Леса занимают не более 30 % рассматриваемой территории. Древостой образован преимущественно березой и осиной с примесью сосны. Травяной ярус лесов мощно и хорошо развит. Травостой неясно разделен на 2—3 подъяруса. В верхнем подъярусе часто доминирует папоротник-орляк, в нижних — коротконожка перистая, вейник тростниковидный и осока большехвостая. На рассматриваемой территории виды растений, включенные в Красные книги РФ и Кемеровской области, не обнаружены [10; 11].

Фауна беспозвоночных на исследуемой площади достаточно разнообразна. Наибольшее количество видов приурочено к участкам лесных и пойменных угодий. Фауна наземных позвоночных территории расположения объекта является обедненным вариантом типичной фауны Европейско-Обской подобласти Палеарктики с участием степных и аграрных видов. Характерный набор видов сильно трансформированных



местообитаний определяет доминирование здесь широко распространенных форм с высокой экологической валентностью и синантропных форм. В районе исследуемого участка постоянно обитающие представители редких и исчезающих видов животного мира отсутствуют. Тем не менее представители хищных птиц встречаются на сопредельных территориях и имеют обширные охотничьи угодья, в связи с чем они могут бывать здесь в процессе охоты. Гнездования не отмечены. В районе хозяйственной деятельности обнаружено обитание 34 видов млекопитающих. В пределах участка разреза сплошным учетом, проведенным в сентябре 2023 г., зафиксированы 2 степных хоря, 3 колонка, 11 зайцев-беляков. Промысловая охота на данной территории никогда не осуществлялась. Любительская охота достаточно ограничена вследствие того, что перемещения по дорогам данной территории регламентируются службой охраны существующей здесь системы угледобывающих предприятий [11].

### Климатические условия

Для обоснования рекультивационных мероприятий необходимо учитывать климатические условия выполнения работ. Кузнецкая котловина, в пределах которой расположен участок открытых горных работ угольного разреза, находится в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины. Исследуемый район характеризуется резко континентальным климатом, который включает в себя долгую холодную зиму и короткое жаркое лето. Климат в этом районе в значительной степени определяется атмосферными потоками из районов Северного Ледовитого океана и Атлантики. Преобладающими в течение года ветрами являются юго-западные со средней скоростью 4–5 м/с, в среднем за год насчитывается до 22–26 дней с сильными ветрами, скорость которых составляет 15 м/с и больше. Зимой часто бывают метели и бураны [8].

Неоднородность рельефа территории оказывает значительное воздействие на формирование уникального климата и локальную циркуляцию воздушных масс. Горные хребты Салаира и Кузнецкого Алатау, простирающиеся с севера на юг, служат барьером для движения воздушных потоков с северо-запада и юго-запада в Кузнецкую котловину. Это приводит к конденсации влаги и выпадению осадков на склонах гор, а также на прилегающих равнинных территориях.

Летом проникновение арктических и континентальных воздушных потоков, отличающихся низкой влажностью, способствует формированию солнечной и жаркой погоды. В то же время вторжение атлантических циклонов обуславливает появление более прохладной и влажной атмосферы. Зимой же климатические условия в регионе во многом зависят от Азиатского антициклона, который является сибирским максимумом высокого давления.

Зима на данной территории довольно продолжительная. Ее особенностью — наличие большого количества снега, ветра и метелей. Осадки, выпавшие за холодный период, могут существенно пополнять весенние запасы влаги в почве, увеличивая их на 50 % и более. Основные показатели климатических условий показаны в таблице 1.



Таблица 1

## Общая характеристика климата района

Наименование	Параметр
Продолжительность инсоляции (год), ч	1829
Количество дней без солнца, дней	67
<i>Среднемесячная температура воздуха, °С</i>	
Теплого периода времени года (июля)	18,8
Холодный период года (января)	-17,3
Средняя температура в течение года	0–1,0
Абсолютный максимум температуры	36,4
Абсолютный минимум температуры	-54,5
<i>Количество осадков, мм</i>	
В теплый период времени года (апрель – октябрь)	335
В холодный период времени года (ноябрь – март)	111
Вегетационный период	233
Количество осадков в течение года	445
<i>Продолжительность периода со среднесуточной температурой 0 °С, дней</i>	
Продолжительность теплого периода	192
Продолжительность холодного периода	173
Продолжительность безморозного периода	126

94

В результате того что данная территория находится вблизи Салаирского кряжа, количество осадков в разные годы может значительно колебаться в зависимости от ветрового режима. Доля зимних осадков в весеннем увлажнении почвы зависит от величины его накопления и формы рельефа, в результате чего значительная часть воды, стекая и испаряясь, не поступает в почву. За пять зимних месяцев выпадает до 25–27 % от годовой суммы осадков (табл. 2).

Таблица 2

## Среднемесячная температура и осадки

Показатель	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Средняя температура, °С	-17,7	-15,9	-9,1	1,0	9,6	16,0	18,3	15,7	9,7	1,7	-9,0	-15,6	0,4
Норма осадков, мм	13	10	12	25	42	56	74	56	38	37	51	21	415

Лето в исследуемом районе короткое, но с умеренным количеством солнечных дней и большим количеством осадков, которые в течение года распределяются неравномерно. Наибольшее их количество выпадает в июне (76 мм).

Образование устойчивого снежного покрова происходит в середине ноября. В зимние месяцы формируется постоянный слой снега и часто, в более чем 70 % случаев, устанавливается холодная погода с дневными температурами от -22 до -30 °С. Господствующий антициклон в это время года способствует установлению ясной и холодной погоды [10].



В середине апреля в исследуемом районе наступает весна. Погодные изменения происходят очень резко. Именно в этот месяц устанавливается переходной период, в котором наблюдается повышение температуры воздуха и становление положительных значений. Благодаря более устойчивой положительной температуре воздуха в течение дня снежный покров начинает таять.

Территория изучаемого отвала угольного разреза находится в III гидротермической зоне, в которой преобладают лесостепь и низкогорный рельеф [12]. По гидроряду исследуемая территория относится к умеренно увлажненной (гидротермический коэффициент варьируется от 1,1 до 1,4).

Летний период 2023 г. отмечался как наиболее жаркий и засушливый по сравнению со среднемноголетними данными температуры и осадков. В этот период гидротермический коэффициент в исследуемой области достиг значения 1,1.

Анализ температурных изменений за май – октябрь 2023 г. показывает, что температура воздуха в июне и июле превышала средние значения (рис. 1). В сентябре было отмечено незначительное снижение температуры воздуха в сравнении с средними температурными значениями. В связи с тем что данный период короткий, он не является критичным.

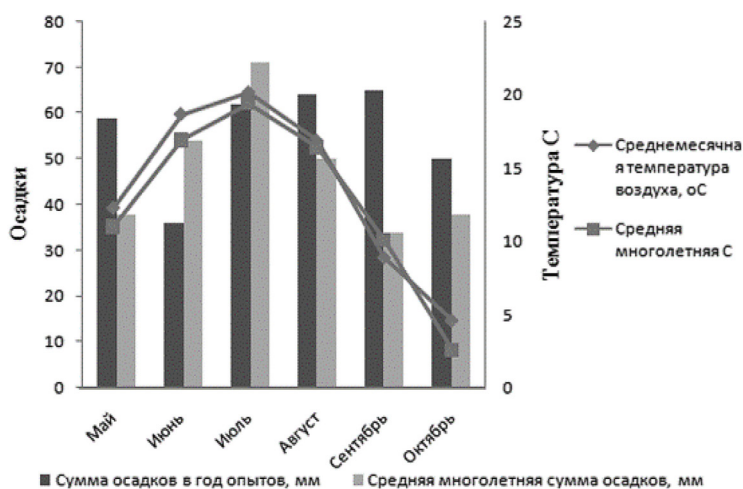


Рис. 1. Климатограмма погодных условий в период опыта

Установлено, что в июне наблюдалось минимальное количество осадков, и это негативно сказалось на активности микрофлоры почвы (рис. 1).

Таким образом, в целом природно-климатические условия района благоприятны и позволяют выполнять рекультивационные работы по созданию лесных и травянистых насаждений санитарно-защитного, лесохозяйственного и сельскохозяйственного назначения на поверхности техногенных ландшафтов. Однако без формирования благоприятного корнеобитаемого слоя климатические ресурсы будут расходоваться нерационально. Это связано с тем, что неблагоприятные физические условия на поверхности отвала не позволят создать достаточные запасы

влаги в корнеобитаемом слое, а повышенная температура поверхности отвала будет способствовать усилению испарения в корнеобитаемом слое. Поэтому рекультивационные мероприятия будут характеризоваться небольшой почвенно-экологической эффективностью, что может значительно ограничить возможность создания и использования рекультивированных участков по сельскохозяйственному направлению.

### *Ботанико-географическая характеристика района исследований*

Для оценки ботанико-географической характеристики применяли карту районирования А.В. Куминова. В результате установлено, что исследуемый район относится к центральному подрайону Том-Кондомской предгорной зоны (рис. 2).

96



Рис. 2. Ботанико-географическое районирование зоны исследования [13]

Согласно ботанико-географической характеристике исследуемый район является переходным. На его территории наблюдается переход горной местности (горы Кузнецкого Алатау) к равнине, характеризующейся наличием степей и низкорным рельефом. Почвенный покров разнообразный. Преобладает лесостепь, повышенная заселенность кото-





рой наблюдается к юго-востоку. Лесостепь богата березами и осинами. Также в районе встречаются суходольник, луга, разновозрастные залежи и пахотные угодья. Стоит также отметить, что ландшафт района носит черты вторичности [13].

Исследуемый район располагается в основном в южной части Кузнецкой котловины.

Уничтожение леса в последнее столетие повлекло за собой резкое увеличение открытых безлесных пространств, которые в настоящее время заняты под пашни или представляют из себя суходольные луга с большим участием в травостое лесных форм.

Предварительный выбор технологических решений для проведения биологической рекультивации

Согласно ГОСТ 17.5.1.02-85 в России работы по рекультивации техногенной земли ведут по следующим направлениям: сельскохозяйственное, лесохозяйственное, санитарно-гигиеническое, водохозяйственное, рекреационное и строительное. При этом, если есть возможность, предпочтение необходимо отдавать сельскохозяйственной рекультивации земли. В рамках данного направления создаются пашни, сады, сенокосы и другие сельскохозяйственные угодья. Однако эффективность сельскохозяйственной рекультивации земли в Сибири может быть снижена ввиду сложных климатических условий, описанных выше. Поэтому на нарушенных землях необходимо дополнительно проводить почвенно-экологические мероприятия, направленные на повышение их питательных свойств [14].

С целью вариативности проведения экспериментальных работ были разработаны предварительные технологические решения для проведения биологической рекультивации.

На техническом этапе происходит формирование рельефа и поверхностных слоев техногенного ландшафта, включающее горизонтальную планировку поверхности и выполяживание склонов. При формировании горизонтальных и слабонаклонных участков на поверхность рекомендуется отсыпать потенциально плодородные породы (ППП), то есть породы, максимально пригодные для почвообразования. Еще более активно восстановление функций ландшафта происходит в районах, где для отсыпки поверхности используют гумусированный материал плодородных слоев почв (ПСП), предварительно складированных при разработке месторождений [15]. В районах дефицита ресурсов ПСП допускается его разбавление другими, в основном суглинистыми, породами. Технология восстановления почвы с использованием ПСП и ППП и формированием насыпных почв – техноземов [16] – предполагает формирование почвоподобных образований, которые по своему морфологическому строению в определенной мере копируют строение ненарушенных почв. Однако, как показывает практика, видимое сходство совсем не означает, что удалось сформировать устойчивое естественно-историческое образование – почву. Почва формируется тысячелетиями и поэтому ее свойства и режимы сбалансированы с окружающей средой и находятся в постоянном динамическом равновесии. При формировании искусственных почв мы не можем сразу создать и обеспечить устойчивое состояние почвоподобного образования, так как его свойства и режимы функционирува-



ния разбалансированы, а его отдельно отсыпанные горизонты никак не взаимосвязаны. Взаимосвязь горизонтов восстанавливается постепенно, только при активизации всего комплекса процессов почвообразования, состоящего из элементарных химических, физических и биологических процессов. Поэтому на начальных этапах освоения рекультивированных почв — техноземов — необходимо проведение мероприятий, направленных на восстановление почвообразования на нарушенной территории через активизацию биологических процессов и создание благоприятных физических режимов в корнеобитаемом слое.

В настоящее время основным способом создания благоприятного корнеобитаемого слоя является отсыпка ранее снятого с естественных почв материала ПСП. При этом не учитывается его мощность в природных почвах, а также технология снятия и складирования. В процессе снятия и хранения ПСП происходит его деградация, поэтому на нарушенную поверхность отсыпается относительно инертный материал, сохранивший в той или иной степени основные параметры плодородия ПСП. Его физические свойства, а именно соотношение фракций физической глины и песка, остаются практически неизменными. Также прежней остается минеральная основа с преобладанием вторичных минералов. Именно эти свойства плюс содержание гумуса в любом случае обуславливают высокую ценность ПСП. Поэтому ПСП остается самым ценным и благоприятным ресурсом рекультивации [17].

Основной задачей биологического этапа является формирование на поверхности техногенного ландшафта почвенно-растительного слоя, параметры которого должны отвечать целям рекультивации. Для этого планируется использовать древесные виды растений: тополь, вяз, черемуху, березу повислую, рябину. Также для биологической рекультивации применяют кустарники (шиповник, ронию и лох серебристый), плодово-ягодные растения (жимолость, облепиху, малину и смородину). В рамках сельскохозяйственной рекультивации планируется создать пашни, в которой будут засеяны овес, пшеница, кукуруза, горох и кормовые культуры.

### Заключение

Таким образом, было проведено исследование эколого-географических условий участков открытых каменноугольных месторождений — отвал угольного разреза Кемеровской области. По итогам исследования было определено, что район исследования расположен в резко континентальном климатическом поясе. Для района характерна продолжительная холодная зима и короткое лето с неравномерным распределением осадков в течение года. Особенностью ландшафта является лесостепь, повышенная заселенность которой наблюдается к юго-востоку. Лесостепь богата березами и осинами. Также в районе встречаются суходольник, луга, разновозрастные залежи и пахотные угодья.

По предварительным расчетам согласно эколого-географическим параметрам района, в котором планируется рекультивация, природно-климатические условия в целом благоприятны и позволяют выполнить рекультивационные работы по созданию лесных и травянистых насаждений санитарно-защитного, лесохозяйственного и сельскохозяйственного



назначения на поверхности техногенных ландшафтов. Для формирования благоприятного корнеобитаемого слоя планируется использовать ППП и ПСП, а для формирования почвенно-растительного слоя – древесные, кустарниковые и плодово-ягодные виды растений. Установлено, что данные растения обильно представлены на исследуемой территории.

*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». При финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 075-15-2022-1200 от 28.09.2022 г.).*

### Список литературы

1. Петренко И. Е. Итоги работы угольной промышленности России за январь – декабрь 2022 года // Уголь. 2023. №3 (1165). С. 21–32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/itogi-raboty-ugolnoy-promyshlennosti-rossii-za-yanvar-dekabr-2022-goda> (дата обращения: 11.08.2023).
2. Удодов Ю. В., Егорова Н. Д., Багмет Г. Н. Геолого-геоморфологическая характеристика и полезные ископаемые Кемеровской области // Вестник КемГУ. Сер.: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. №1. С. 53–59.
3. Kuznetsova I. V. Green technologies in land reclamation for coal mining enterprises // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 408. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/408/1/012075>.
4. Юрченко Ю. В. Требования к рекультивации нарушенных земель // Экология производства. 2020. №2. С. 100–108.
5. *О проведении рекультивации и консервации земель (вместе с «Правилами проведения рекультивации и консервации земель»): постановление Правительства РФ от 10.07.2018 г. №800 (ред. от 07.03.2019). URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_302235/90e01d185047971fe921b2bb4ea2abe4389a57d5](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_302235/90e01d185047971fe921b2bb4ea2abe4389a57d5) (дата обращения: 11.08.2023).*
6. Аксенова О. Ю., Овсянникова Е. А., Пачкина А. А. Использование средств трехмерной графики при планировании рекультивационных работ // Кибернетика и программирование. 2017. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-sredstv-trehmernoj-grafiki-pri-planirovanii-rekultivatsionnyh-rabot> (дата обращения: 11.08.2023).
7. Миков Л. С., Счастливец Е. Л., Андроханов В. А. Оценка эффективности рекультивации на участках разреза «Назаровский» с помощью данных дистанционного зондирования // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2023. №1. С. 70–83. URL: [https://www.giab-online.ru/files/Data/2023/1/2023\\_1\\_70-83.pdf](https://www.giab-online.ru/files/Data/2023/1/2023_1_70-83.pdf) (дата обращения: 11.08.2023).
8. *Агроклиматические ресурсы Кемеровской области. Л., 1973.*
9. Макеева Н. А., Неверова О. А. Обзор методов ускоренной рекультивации нарушенных угледобычей земель // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. №8. С. 77–86.



10. Хмелев В. А., Танасиенко А. А. Почвенные ресурсы Кемеровской области и основы их рационального использования. Новосибирск, 2013.
11. Ковалевский А. В., Тарасова И. В., Лучникова Е. М. и др. Лесная рекультивация угольных отвалов с позиции сохранения фаунистического разнообразия Кузбасса // Лесоведение. 2021. №5. С. 509 – 522.
12. Трофимов С. С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Новосибирск, 1975.
13. Куминова А. В. Растительность Кемеровской области. Новосибирск, 1949.
14. ГОСТ 17.5.1.02-85. Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации. Дата введения: 1986-01-01. М., 1986.
15. Соколов Д. А. Диверсификация почвообразования на отвалах угольных месторождений Сибири : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2019.
16. Андроханов В. А., Курачев В. М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск, 2010.
17. ГОСТ Р 57446-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия. Введ.: 2017-12-01. М., 2019.

#### Об авторах

Надежда Владимировна Бурова – руководитель Центра ландшафтной архитектуры, Кемеровский государственный университет, Россия.  
E-mail: centr1a@mail.ru

Евгения Алексеевна Дюкова – мл. науч. сотр. Лаборатории по созданию посадочного материала повышенной приживаемости, Кемеровский государственный университет, Россия.  
E-mail: jeniadulova@mail.ru

*N. V. Burova, E. A. Dyukova*

### ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL PREREQUISITES FOR THE SELECTION OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR BIOLOGICAL RECLAMATION OF DISTURBED LANDS

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Received 05 May 2024

Accepted 16 June 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-7

**To cite this article:** Burova N. V., Dyukova E. A., 2024, Ecological and geographical prerequisites for the selection of technological solutions for biological reclamation of disturbed lands, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 89 – 101. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-7.

*More than half of Russia's coal is extracted in the Kemerovo region. Unfortunately, coal mining causes significant environmental damage and is one of the most hazardous human activities. Coal dumps contribute to the degradation of vegetation, fauna, agricultural, and*



forest lands. Traditional reclamation methods have shown limited effectiveness and require improvement. Therefore, the aim of this article is to develop preliminary technological solutions for the biological reclamation of a coal mine dump in the Kemerovo region, located in the Prokopyevsky district, based on the area's ecological and geographical parameters. For this purpose, aerial photography using a DJI Matrice 30 and laser scanning with a Slam scanner (robotslam lite) were conducted, and the climatic and botanical-geographical characteristics of the area were studied. As a result of the data analysis, it was determined that, overall, the natural and climatic conditions of the area are favorable and allow for reclamation work aimed at creating forest and grassy plantings for sanitary-protective, forestry, and agricultural purposes. In the first stage, it is necessary to create a favorable root zone using potentially fertile rocks and humus-rich materials from fertile soil layers. In the biological stage of reclamation, local tree and shrub species, as well as fruit and berry crops, are planned to be used to form the soil-plant layer.

**Keywords:** coal dump, biological reclamation, disturbed areas, ecological and geographical analysis

#### The authors

Nadezhda V. Burova, Head of the Center for Landscape Architecture, Kemerovo State University, Russia.

E-mail: elen.ulrich@mail.ru

Evgenia A. Dyukova, junior researcher at the Laboratory for the creation of planting material with increased survival rate, Kemerovo State University, Russia.

E-mail: jeniadulova@mail.ru

Е. А. Попова, А. В. Пунгин, А. П. Пантюхина

## ПОВЫШЕНИЕ БИОСИНТЕЗА ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ В КАЛЛУСНЫХ КУЛЬТУРАХ *HYSSOPUS OFFICINALIS* L.

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

Поступила в редакцию 25.05.2024 г.

Принята к публикации 17.06.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-8

**Для цитирования:** Попова Е. А., Пунгин А. В., Пантюхина А. П. Повышение биосинтеза вторичных метаболитов в каллусных культурах *Hyssopus officinalis* L. // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №3. С. 102–126. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-8.

В настоящее время каллусные культуры лекарственных растений активно используются для получения важных биологически активных веществ. Исследование условий, повышающих биосинтез данных соединений в каллусных культурах, является весьма актуальным. В статье изучается влияние различных концентраций фенилаланина и тирозина (1 – 500 мкМ) на содержание фенольных соединений и антиоксидантную активность трех каллусных культур *Hyssopus officinalis* L. Было установлено, что добавление в питательные среды фенилаланина в концентрации 10 мкМ и тирозина в концентрации 100 мкМ приводит к повышению содержания фенольных соединений и гидроксикоричных кислот в каллусных культурах. Повышение антиоксидантной активности экстрактов исследуемых каллусных культур было зафиксировано при концентрациях 10 и 100 мкМ фенилаланина, а также при концентрациях 1, 10 и 100 мкМ тирозина в питательных средах.

**Ключевые слова:** лекарственное растение, каллусная культура, рост, биологически активные вещества, аминокислоты

### Введение

Иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.) является одним из важных лекарственных растений, входящих в семейство яснотковые (Lamiaceae Lindl.). Исследования химического состава *H. officinalis* [1–5] показали, что в данном растении содержатся ценные биологически активные вещества для фармакологического применения. Основные составляющие надземных частей *H. officinalis* – эфирные масла, полифенолы, включая флавоноиды лютеолин, диосмин, кверцетин, апигенин и их глюкозиды, кислоты (хлорогеновая, пара-гидроксibenзойная, протокатехиновая, феруловая, сириговая, ванилиновая, пара-кумариновая, розмариновая и кофейная), полисахариды, дубильные вещества, пигменты и смолы



[4; 5]. Эти соединения обладают антиоксидантным, противосудорожным, противогрибковым, противомикробным, антигемолитическим, противоязвенным и спазмолитическим свойствами [5–7]. Кроме того, важный компонент *H. officinalis* — розмариновая кислота, содержание которой может достигать  $169,2 \pm 0,6$  мг на 100 г [8]. Исследования показали, что розмариновая кислота проявляет высокую антиоксидантную активность [9; 10]. Также она обладает антибактериальным, противоаллергическим, антиканцерогенным и анти-ВИЧ-1 действием. Благодаря этому розмариновая кислота активно используется в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности [9; 11].

Таким образом, в связи с накоплением в *H. officinalis* большого количества ценных биологически активных веществ, обладающих фармакологической активностью, это растение является перспективным для получения необходимых для медицины и фармацевтики соединений. В настоящее время известно, что каллусные культуры представляет собой более быстрый и надежный способ для получения важных биологически активных веществ по сравнению со сбором растений из природы. Большие преимущества получения каллусной культуры связаны с возможностью ее использования в промышленном производстве путем преобразования в систему суспензионных культур [12].

Каллусные культуры достаточно активно изучают с целью получения из них конкретных терапевтических соединений, таких как паликсантел [13], камтотекин [14] и др. [15–17]. Благодаря отсутствию влияния факторов окружающей среды каллусные культуры в некоторых случаях могут обеспечить выход вторичных метаболитов в более высоких количествах [18]. Синтез биологически активных веществ в культурах тканей растений, в том числе в каллусных культурах, усиливается за счет подбора оптимального состава среды, температуры и регуляторов роста. Например, было установлено, что каллусная культура *H. officinalis*, культивируемая на среде Мурасиге – Скуга, дополненная 2 мг/л кинетина в сочетании с 3 мг/л нафтилуксусной кислоты приводила к наибольшему выходу вторичных метаболитов, в частности флавоноидов и полифенольных соединений, а также к повышению антиоксидантной активности экстрактов [19].

Кроме того, эффективными подходами к усилению биотехнологического производства вторичных метаболитов является использование элиситоров. Научные исследования подтвердили, что растения вырабатывают фитогормоны, такие как салициловая кислота и метилжасмонат, в ответ на стресс или атаку патогенов. Эти вещества считаются сигнальными соединениями, стимулирующими синтез вторичных метаболитов, включая флавоноиды, алкалоиды, терпеноиды и фенилпропаноиды [20].

Другая стратегия заключается в добавлении предшественников вторичных метаболитов для повышения биосинтеза нужных соединений. Сообщалось, что добавление в питательную среду аминокислот фенилаланина и тирозина увеличивало биомассу каллуса *Lobelia inflata* L. в 2–3 раза, а также повышало содержание биологически активных веществ [21].



Таким образом, целью настоящего исследования стала оценка влияния различных концентраций фенилаланина, тирозина на рост и биосинтез вторичных метаболитов в каллусных культурах *H. officinalis*.

### Материалы и методы исследования

Растительный материал. Каллус был получен с использованием асептических проростков *H. officinalis*, полученных из семян (сорт «Лекарь», ГК «Гавриш»), которые культивировались на среде Мурасиге – Скуга (МС) [22] без регуляторов роста с добавлением 7 г/л агара и 30 г/л сахарозы, рН питательной среды 5,6–5,8. Для индукции каллусогенеза листовые экспланты помещали в чашки Петри на три модификации питательной среды МС: МС-2 – с добавлением 2 мг/л кинетина (КИН) и 3 мг/л 1-нафталинуксусной кислоты (НУК); МС-5 – с добавлением 0,8 мг/л 6-бензиламинопурина (БАП) в сочетании с 1,5 мг/л 3-индолилуксусной кислоты (ИУК) и 0,5 мг/л индолил-3-масляной кислоты (ИМК); МС-6 – с добавлением 0,2 мг/л БАП и 1 мг/л 2,4-дихлорфеноксиксусная кислота (2,4-Д). Культивирование проводили в темноте, в условиях термостата при 25 °С в течение 4 недель. Субкультивирование на свежую питательную среду осуществлялось каждые 4 недели.

*Оценка влияния аминокислот на рост каллусной культуры.* Для проведения эксперимента в условиях ламинар-бокса отбирали 0,3 г каллусной культуры и помещали в чашки Петри на три модификации среды МС (МС-2; МС-5; МС-6). Фенилаланин, тирозин в конечных концентрациях 0, 1, 10, 100 и 500 мкМ добавляли в питательные среды. Каллусные культуры культивировали в условиях термостата при 25 °С в течение 30 дней. По истечении данного времени взвешивали сырую биомассу. После растительный материал сушили в термостате при 60 °С в течение 48 ч, а затем взвешивали сухую биомассу. Высушенный материал хранили в морозилке при –18 °С.

*Получение экстрактов.* В фарфоровой ступке растирали 0,1 г сухой биомассы каллусной культуры и количественно переносили в центрифужную пробирку на 15 мл и добавляли 10 мл 70 %-ного этанола. Мацерацию проводили в течение суток на орбитальном шейкере (100 об./мин). После пробирки центрифугировали в течение 20 мин при 3900 g на центрифуге Eppendorf 5810R. Далее супернатант переливали в мерную пробирку на 10 мл и доводили объем 70 %-ным этанолом до метки.

*Суммарное содержание фенольных соединений (СФС).* Определение общего содержания фенольных соединений проводилось с использованием реактива Фолина – Чокальтеу [23]. Для этого в каждую лунку микропланшета добавляли по 100 мкл реактива Фолина – Чокальтеу и по 20 мкл экстракта или стандарта. Смесь перемешивали на орбитальном шейкере (BioSan MPS-1) и выдерживали 4 мин, а затем добавляли 75 мкл 7,5 %-ного раствора карбоната натрия. Смесь инкубировали в темноте при комнатной температуре в течение 30 мин, затем регистрировали оптическое поглощение при длине волны 765 нм с помощью микропланшет-ридера (BMG Labtech CLARIOstar). В качестве стандарта использовали галловую кислоту (ГК). Суммарное содержание фено-





нольных соединений оценивали по калибровочной кривой и выражали в мг эквивалентов галловой кислоты на г сухой массы (СМ) каллуса (мг-экв. ГК/г СМ).

*Определение общего содержания гидроксикоричных кислот (СГК).* Суммарное содержание гидроксикоричных кислот оценивали с использованием реактива Арно [24; 25]. К 20 мкл экстракта в лунку микропланшета добавляли 40 мкл 0,5 М HCl, 40 мкл реактива Арно, 40 мкл NaOH и 60 мкл дистиллированной воды. Для каждого экстракта готовился раствор сравнения без добавления реактива Арно. Оптическое поглощение регистрировали при длине волны 525 нм с помощью микропланшет-ридера (BMG Labtech CLARIOstar). В качестве стандарта использовали розмариновую кислоту (РК). Суммарное содержание гидроксикоричных кислот выражали в мг эквивалентов розмариновой кислоты (РК) на г сухой массы (СМ) каллуса (мг-экв. РК/г сухого веса).

*Определение антиоксидантной активности (АОА).* Антиоксидантную активность определяли по способности захватывать радикалы 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (DPPH) и 2,2'-азино-бис(3-этилбензтиазолино-6-сульфоновой кислоты (ABTS), а также по восстановительной способности при взаимодействии с Fe(III)-2,4,6-трипиридил-*s*-триазиновым комплексом (FRAP) [26]. Для построения калибровочного графика использовалась аскорбиновая кислота (АК). Антиоксидантную активность выражали в мг эквивалентов аскорбиновой кислоты на г сухой массы (СМ) каллуса (мг-экв. АК/г СМ). При определении антиоксидантной активности методом DPPH в луночном микропланшете 20 мкл экстракта смешивали с 300 мкл 0,1 мМ раствора DPPH. В качестве раствора сравнения использовали 300 мкл DPPH и 20 мкл 70 %-ного раствора этанола. Смесь инкубировали 60 мин в темноте при комнатной температуре. Снижение оптического поглощения было зафиксировано при 515 нм. При определении антиоксидантной активности методом ABTS в каждой лунке микропланшета 20 мкл экстракта смешивали с 300 мкл приготовленного раствора катион-радикала ABTS. Полученную смесь инкубировали 15 мин в темноте, оптическое поглощение измеряли при длине волны 734 нм. Для определения восстановительной способности экстрактов использовали реагент FRAP. Для проведения реакции к 20 мкл исследуемого экстракта в лунку микропланшета добавляли по 300 мкл реагента FRAP. Полученную смесь инкубировали 10 мин, затем измеряли оптическое поглощение при длине волны 593 нм. Все измерения оптического поглощения проводили с помощью микропланшет-ридера (BMG Labtech CLARIOstar).

*Статистический анализ.* Статистическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась с использованием программы IBM SPSS Statistics 23. Для проверки на нормальность распределения выборок использовали критерий Шапиро – Уилка. Для сравнения средних значений в выборках и оценки значимости различий применяли параметрический однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с апостериорным критерием Тьюки ( $p=0,05$ ) и непараметрический критерий Краскала – Уоллиса. Корреляционный анализ проводился с использованием коэффициента корреляции Пирсона.

## Результаты и обсуждение

## Влияние различных концентраций аминокислот на рост каллусной культуры

Ранее сообщалось, что высокие концентрации фенилаланина и тирозина в значительной степени предотвращают рост клеток. В свою очередь, небольшие концентрации фенилаланина и тирозина значительно увеличивают как сырую, так и сухую биомассу растений [27].

Как мы видим на рисунке 1, *a*, наибольший прирост сырой биомассы ( $2,88 \pm 1,39$  г) каллусной культуры, выращенной на среде МС-2, наблюдался при добавлении 10 мкМ фенилаланина в питательную среду. Для сухой биомассы добавление фенилаланина приводило к уменьшению прироста (рис. 2, *a*). Наименьший прирост сырой ( $1,43 \pm 0,79$  г) и сухой ( $0,07 \pm 0,03$  г) биомассы был зафиксирован при внесении 100 мкМ фенилаланина в данную питательную среду.

106

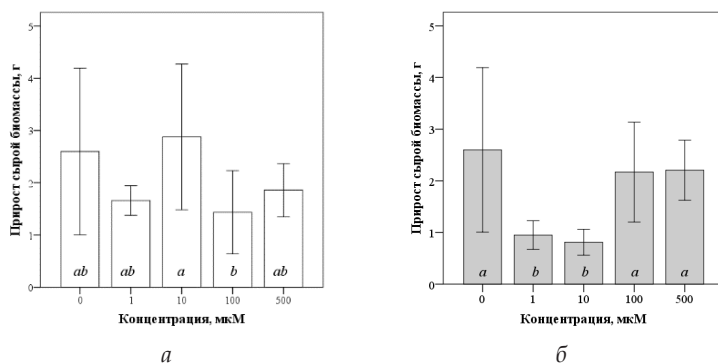


Рис. 1. Прирост сырой биомассы каллусной культуры *H. officinalis*, выращенной на среде МС-2 с добавлением фенилаланина (*a*) и тирозина (*б*).

Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

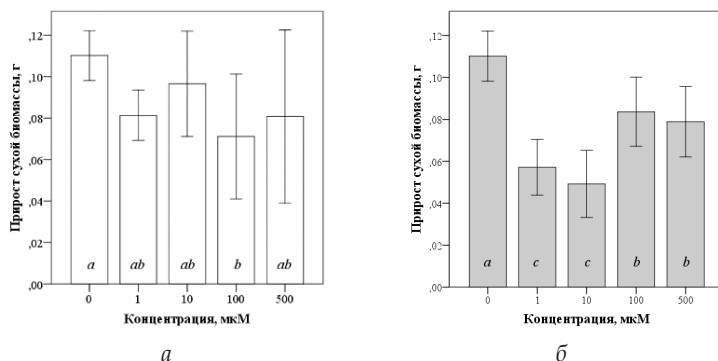


Рис. 2. Прирост сухой биомассы каллусной культуры *H. officinalis*, выращенной на среде МС-2 с добавлением фенилаланина (*a*) и тирозина (*б*).

Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )



Высокий прирост сырой биомассы культуры МС-2 наблюдался при внесении тирозина в концентрации 100 ( $2,16 \pm 0,96$  г) и 500 мкМ ( $2,20 \pm 0,58$  г), а также без его добавления ( $2,60 \pm 1,59$  г) (рис. 1, б). Наибольший прирост сухой биомассы отмечен на среде без добавления тирозина (рис. 2, б). Таким образом, присутствие тирозина в питательной среде МС-2 не показало статистически значимых эффектов на повышение сырой и сухой биомассы каллусной культуры.

Высокий прирост сырой (рис. 3, а) и сухой (рис. 4, а) биомассы для каллусной культуры, выращенной на среде MS-5, наблюдался без добавления фенилаланина (0 мкМ). Прирост сырой биомассы каллуса составил  $2,21 \pm 0,53$  г, а сухой —  $0,09 \pm 0,02$  г. В то же время с увеличением концентрации фенилаланина в питательной среде прирост сырой и сухой биомассы статистически значимо не изменялся, но был ниже в 5 раз по сравнению с контролем (0 мкМ).

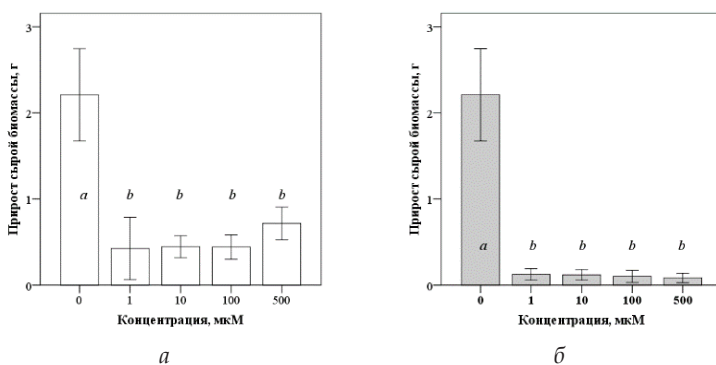


Рис. 3. Прирост сырой биомассы каллусной культуры *H. officinalis*, выращенной на среде МС-5 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б).

Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

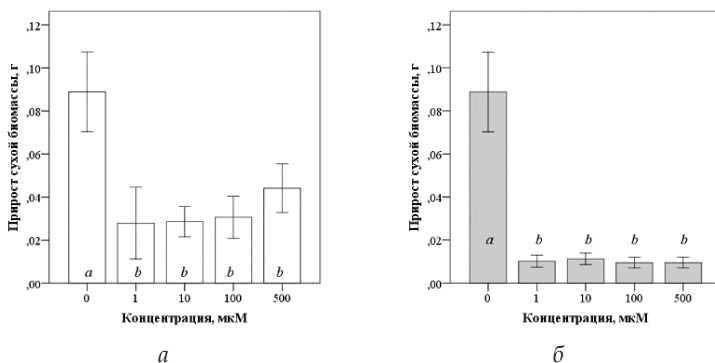


Рис. 4. Прирост сухой биомассы каллусной культуры *H. officinalis*, выращенной на среде МС-5 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б).

Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

Добавление разных концентраций тирозина в питательную среду МС-5 приводило к снижению прироста сырой и сухой биомассы каллусной культуры по сравнению с контролем (рис. 3, б). Таким образом, присутствие тирозина и фенилаланина в питательной среде МС-5 не показало статистически значимых различий на повышение сырой и сухой биомассы каллусной культуры.

Добавление разных концентраций фенилаланина в питательную среду МС-6 не показало статистически значимых различий в приросте сырой (ANOVA,  $F=1,06$ ;  $p=0,39$ ) и сухой (ANOVA,  $F=0,27$ ;  $p=0,90$ ) биомассы каллусной культуры (рис. 5, а и 6, а).

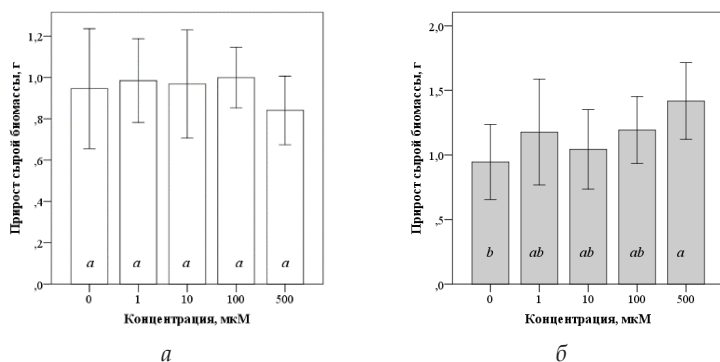


Рис. 5. Прирост сырой биомассы каллусной культуры *H. officinalis*, выращенной на среде МС-6 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б). Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

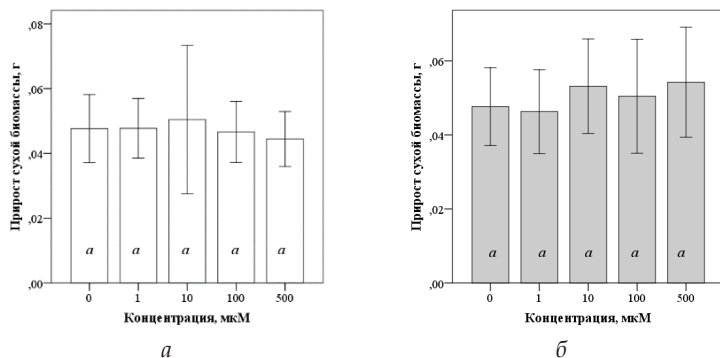


Рис. 6. Прирост сухой биомассы каллусной культуры *H. officinalis*, выращенной на среде МС-6 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б). Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

Было установлено увеличение прироста сырой биомассы каллусной культуры с увеличением концентрации тирозина в среде MS-6 (ANOVA,  $F=3,17$ ;  $p=0,02$ ) (рис. 5, б). Однако статистически значимых различий в приросте сухой биомассы данной каллусной культуры выявлено не было (ANOVA,  $F=0,68$ ;  $p=0,61$ ) (рис. 6, б).



Ранее сообщалось о неоднозначном действии фенилаланина и тирозина на рост клеточной биомассы в растительных культурах *in vitro*. Результаты исследования каллусных культур *Hydrocotyle bonariensis* Comm. ex Lam показали, что фенилаланин в концентрации от 2 до 5 мг/л существенно не влияет на рост [28]. В другом исследовании говорилось, что более высокая концентрация тирозина (5 мМ) снижала прирост сухой биомассы клеточной культуры *Thalictrum minus* L., который составлял лишь 77 % от массы контрольной культуры [29]. В то же время при добавлении фенилаланина в концентрации 7 мМ прирост сухой биомассы замедлялся лишь на 5 %.

Наше исследование влияния разных концентраций фенилаланина и тирозина на рост каллусных культур *H. officinalis* не показало статистически значимых эффектов, повышающих прирост биомассы изучаемых культур.

### Влияние разных концентраций аминокислот на содержание фенольных соединений

*H. officinalis* содержит большое количество полифенольных соединений, фенольные и гидроксикоричные кислоты, такие как кофейная, розмариновая, феруловая, хлорогеновая и др. [4].

Анализ содержания фенольных соединений в каллусной культуре показал наличие влияния разных концентраций аминокислот. Так, максимальное содержание фенольных соединений в каллусной культуре *H. officinalis* (рис. 7, а) было установлено при добавлении 10 мкМ фенилаланина в питательную среду МС-2 ( $15,92 \pm 2,60$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ). В присутствии 1, 100 и 500 мкМ фенилаланина в питательной среде содержание фенольных соединений существенно не различалось в сравнении с контролем (0 мкМ) ( $8,50 \pm 0,64$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ).

В то же время наибольшее содержание фенольных соединений было зафиксировано при концентрации 100 мкМ тирозина ( $16,97 \pm 2,99$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) в данной среде (рис. 7, б), что в 2 раза больше, чем в контроле (0 мкМ) ( $8,50 \pm 0,64$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ).

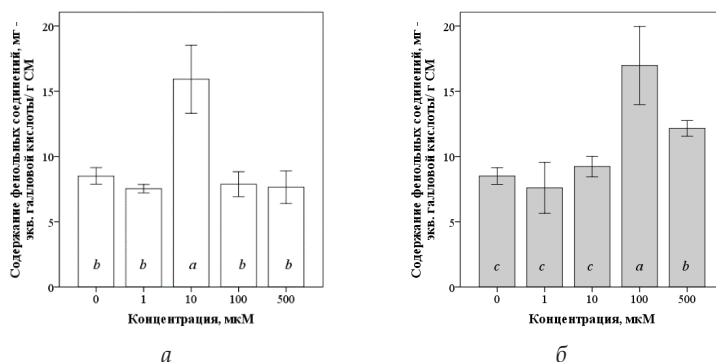


Рис. 7. Содержание фенольных соединений в каллусной культуре *H. officinalis*, выращенной на среде МС-2 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б).

Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

В каллусной культуре, культивируемой на питательной среде МС-5, было зафиксировано высокое содержание фенольных соединений при концентрации 10 мкМ фенилаланина ( $11,86 \pm 1,18$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) (рис. 8, а). В то же время повышение содержания фенольных соединений наблюдалось при концентрации 100 и 500 мкМ тирозина в данной питательной среде — соответственно  $13,47 \pm 1,16$  и  $12,57 \pm 0,20$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ (рис. 8, б).

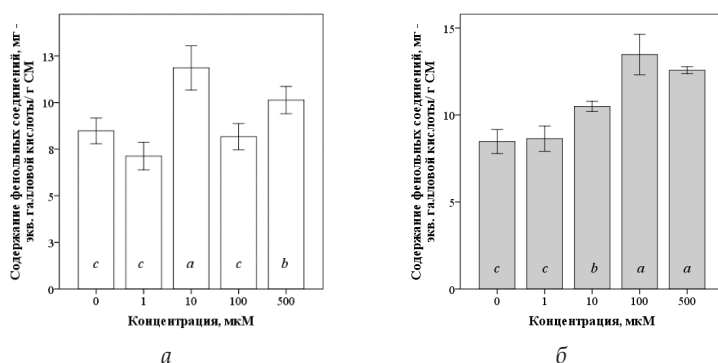


Рис. 8. Содержание фенольных соединений в каллусной культуре *H. officinalis*, выращенной на среде МС-5 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б).

Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

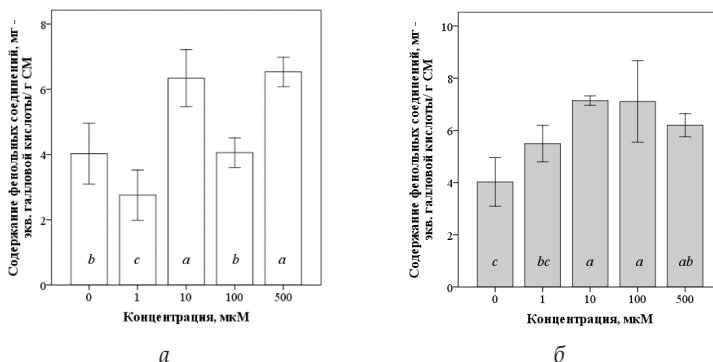
Общее содержание фенольных соединений в каллусной культуре, выращенной на среде МС-6 (рис. 9, а), было повышено в 1,5 раза по сравнению с контролем ( $4,02 \pm 0,93$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) при внесении 10 мкМ ( $6,34 \pm 0,87$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) и 500 мкМ ( $6,53 \pm 0,45$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) фенилаланина. Наименьшее содержание фенольных соединений было показано при добавлении 1 мкМ фенилаланина ( $2,75 \pm 0,77$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ).

Высокое содержание фенольных соединений в культуре МС-6 было зафиксировано при добавлении 10 мкМ ( $7,14 \pm 0,18$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) и 100 мкМ ( $7,10 \pm 1,56$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) тирозина (рис. 9, б). В целом при добавлении тирозина в питательную среду МС-6 содержание фенольных соединений в каллусной культуре было выше по сравнению с контролем ( $2,75 \pm 0,77$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ).

Сообщалось, что содержание фенольных соединений в нативном растении *H. officinalis* составляет  $4,70 \pm 0,04$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ [5]. Полученные нами данные показывают, что добавление в питательную среду МС-2 фенилаланина в концентрации 10 мкМ ( $15,92 \pm 2,6$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) и тирозина в концентрации 100 мкМ ( $16,97 \pm 2,99$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) повышает общее количество фенольных соединений в 4 раза. Также добавление в питательную среду МС-5 10 мкМ фенилаланина ( $11,86 \pm 1,18$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) и тирозина в концентрации 100 мкМ ( $13,47 \pm 1,16$  мг —



экв. галловой кислоты/г СМ) и 500 мкМ ( $12,57 \pm 0,20$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) приводит к повышению фенольных соединений. Для каллусной культуры, выращенной на среде МС-6, было установлено повышение содержания фенольных соединений при внесении в питательную среду 10 мкМ ( $6,34 \pm 0,87$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) и 500 мкМ ( $6,53 \pm 0,45$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) фенилаланина, а также 10 мкМ ( $7,14 \pm 0,18$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) и 100 мкМ ( $7,10 \pm 1,56$  мг — экв. галловой кислоты/г СМ) тирозина.



Содержание фенольных соединений в каллусной культуре *H. officinalis*, выращенной на среде МС-6 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б).

Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

Среди фенольных соединений *H. officinalis* преобладают гидроксикоричные кислоты, содержание которых составляет 72,5 % от суммы фенольных соединений [5]. В нашем исследовании показано влияние разных концентраций фенилаланина на содержание гидроксикоричных кислот в трех каллусных культурах *H. officinalis*.

Высокое содержание гидроксикоричных кислот зафиксировано у каллусной культуры, выращенной на среде МС-2, с внесением 10 мкМ фенилаланина ( $15,92 \pm 2,61$  мг — экв. розмариновой кислоты/г СМ) (рис. 10, а). Также наблюдалось высокое содержание гидроксикоричных кислот в каллусной культуре при добавлении в питательную среду МС-2 тирозина в концентрации 100 мкМ ( $16,97 \pm 2,99$  мг — экв. розмариновой кислоты/г СМ) (рис. 10, б).

Для каллусной культуры, выращенной на среде МС-5 (рис. 11, а), при добавлении разных концентраций фенилаланина содержание гидроксикоричных кислот было повышено почти в 2 раза в присутствии 10 мкМ ( $4,43 \pm 1,11$  мг — экв. розмариновой кислоты/г СМ) фенилаланина по сравнению с контролем ( $2,92 \pm 0,57$  мг — экв. розмариновой кислоты/г СМ).

Как видно из рисунка 11, б, общее содержание гидроксикоричных кислот в каллусной культуре также было повышено в 2 раза при добавлении в питательную среду тирозина в концентрации 100 мкМ ( $9,25 \pm 1,17$  мг — экв. розмариновой кислоты/г СМ) по сравнению с контролем ( $4,38 \pm 0,77$  мг — экв. розмариновой кислоты/г СМ).

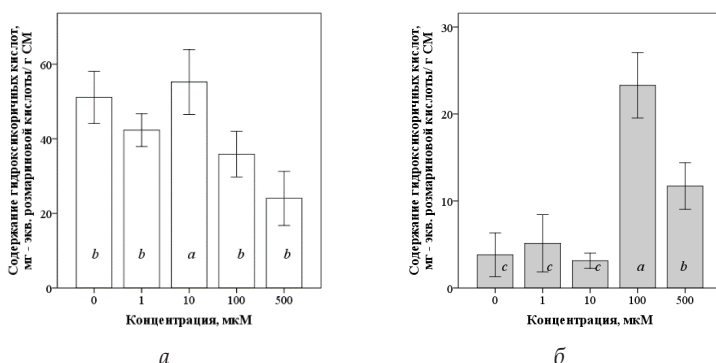


Рис. Содержание гидроксикоричных кислот в каллусной культуре *H. officinalis*, выращенной на среде МС-2 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б). Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

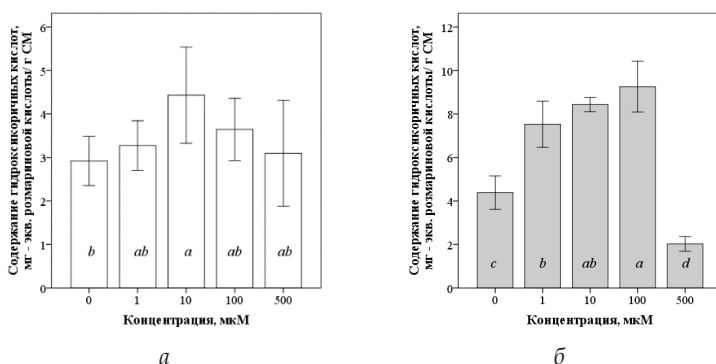


Рис. 11. Содержание гидроксикоричных кислот в каллусной культуре *H. officinalis*, выращенной на среде МС-5 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б). Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

Для каллусной культуры, выращенной на среде MS-6 (рис. 12, а), общее содержание гидроксикоричных кислот было максимальным при добавлении 10 мкМ ( $7,59 \pm 0,78$  мг – экв. розмариновой кислоты/г СМ), 100 мкМ ( $6,35 \pm 0,45$  мг – экв. розмариновой кислоты/г СМ) и 500 мкМ ( $6,63 \pm 1,20$  мг – экв. розмариновой кислоты/г СМ) фенилаланина. Наименьшее содержание гидроксикоричных кислот наблюдалось при концентрации фенилаланина 1 мкМ ( $3,97 \pm 0,26$  мг – экв. розмариновой кислоты/г СМ).

При добавлении разных концентраций тирозина в питательную среду MS-6 общее содержание гидроксикоричных кислот в каллусной культуре *H. officinalis* статистически значимо не изменялось (рис. 12, б).



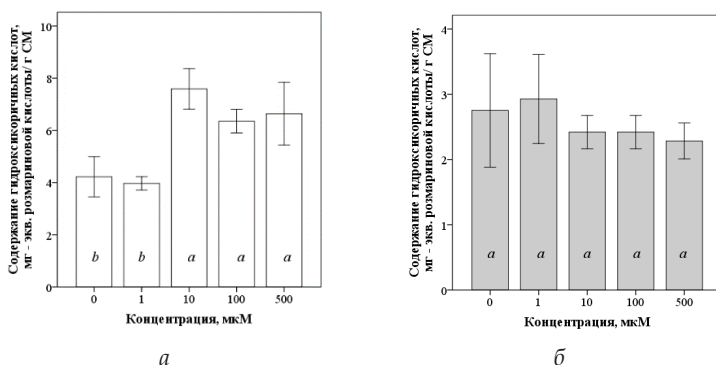


Рис. 12. Содержание гидроксикоричных кислот в каллусной культуре *H. officinalis*, выращенной на среде МС-6 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б). Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

### Влияние разных концентраций аминокислот на антиоксидантную активность

Оценка влияния разных концентраций аминокислот на антиоксидантную активность была проведена с помощью трех методов DPPH, ABTS и FRAP.

При добавлении фенилаланина в среду МС-2 максимальная антиоксидантная активность экстрактов каллусных культур, измеренная методом DPPH, была установлена при концентрации 1 мкМ ( $35,97 \pm 6,69$  мг — экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) и 10 мкМ ( $37,79 \pm 5,14$  мг — экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) (рис. 13, а). Однако значения антиоксидантной активности при этих концентрациях достоверно не различались со значением в контроле ( $38,21 \pm 4,11$  мг — экв. аскорбиновой кислоты/г СМ). Высокие концентрации фенилаланина (100 и 500 мкМ) приводили к понижению антиоксидантной активности каллусной культуры. В то же время при добавлении максимальной концентрации тирозина (500 мкМ) в питательную среду МС-2 наблюдалась наибольшая антиоксидантная активность ( $54,73 \pm 9,04$  мг — экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) (рис. 13, б).

Определение антиоксидантной активности каллусной культуры, выращенной на среде МС-2, методом FRAP показало наивысшее значение при добавлении 100 мкМ фенилаланина ( $95,00 \pm 25,49$  мг — экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) (рис. 14, а). В то же время концентрации тирозина не приводили к повышению антиоксидантной активности, наоборот, максимальная концентрация (500 мкМ) понижала антиоксидантную активность в 2 раза по сравнению с контролем (рис. 14, б).

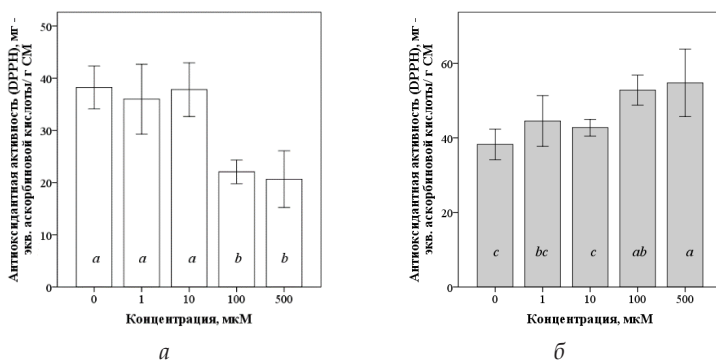


Рис. 13. Антиоксидантная активность (DPPH) экстрактов каллусных культур *H. officinalis*, выращенной на среде МС-2 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б). Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

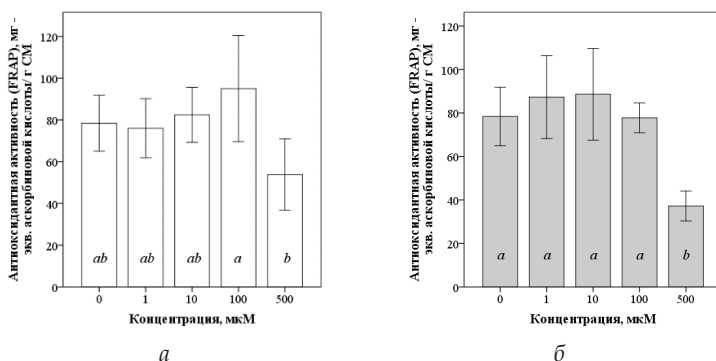


Рис. 14. Антиоксидантная активность (FRAP) экстрактов каллусных культур *H. officinalis*, выращенной на среде МС-2 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б). Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

Согласно методу ABTS была установлена максимальная антиоксидантная активность экстрактов каллусной культуры, выращенной на среде МС-2, при добавлении 10 мкМ фенилаланина ( $55,25 \pm 8,71$  мг – экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) (рис. 15, а). Наименьшая антиоксидантная активность наблюдалась при самой высокой концентрации 500 мкМ фенилаланина ( $24,01 \pm 7,25$  мг – экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) в питательной среде. В это же время при внесении в питательную среду МС-2 различных концентраций тирозина не было установлено статистически значимых различий в антиоксидантной активности экстрактов каллусной культуры (ANOVA,  $F = 1,41$ ;  $p = 0,26$ ) (рис. 15, б).

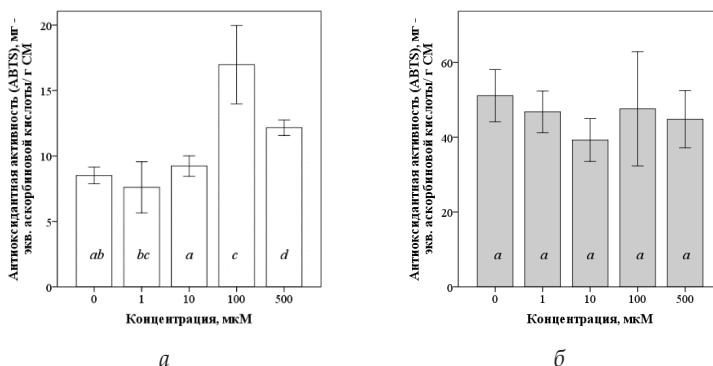


Рис. 15. Антиоксидантная активность (ABTS) экстрактов каллусных культур *H. officinalis*, выращенной на среде МС-2 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б).  
 Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

Проведенный анализ показал наличие значимых корреляций между концентрациями фенилаланина и антиоксидантной активностью (DPPH, FRAP, ABTS) каллусной культуры, выращенной на среде МС-2 (табл. 1). Сильная отрицательная связь была установлена между концентрациями фенилаланина и антиоксидантной активностью, измеренной методом ABTS ( $r = -0,76$ ;  $p \leq 0,01$ ). Также умеренная отрицательная связь наблюдалась между концентрациями фенилаланина и антиоксидантной активностью, измеренной методом DPPH ( $r = -0,68$ ;  $p \leq 0,01$ ) и FRAP ( $r = -0,49$ ;  $p \leq 0,01$ ).

Таблица 1

**Матрица корреляций фитохимических параметров каллусной культуры *H. officinalis*, выращенной на среде МС-2 с добавлением фенилаланина**

Параметр	СФС	СГК	DPPH	FRAP	ABTS
Концентрация фенилаланина	-0,307	-0,184	-0,681**	-0,493**	-0,757**
СФС	1	0,840**	0,359	0,105	0,547**
СГК	—	1	0,219	-0,043	0,351
DPPH	—	—	1	0,148	0,686**
FRAP	—	—	—	1	0,316
ABTS	—	—	—	—	1

\*\* Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

СФС — общее содержание фенольных соединений; СГК — общее содержание гидроксикоричных кислот; DPPH — антиоксидантная активность, определяемая методом DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил); FRAP — железовосстанавливающая антиоксидантная активность; ABTS — антиоксидантная активность, определяемая методом ABTS (2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоная кислота)).



В результате корреляционного анализа была установлена связь между концентрациями тирозина в питательной среде MS-2 и антиоксидантной активностью (DPPH и FRAP) (табл. 2). Высокая отрицательная степень корреляции была установлена между концентрациями тирозина и антиоксидантной активностью, измеренной методом FRAP ( $r = -0,80$ ;  $p \leq 0,01$ ). Умеренная положительная корреляция была зафиксирована между концентрациями тирозина и антиоксидантной активностью, измеренной методом DPPH ( $r = 0,59$ ;  $p \leq 0,01$ ).

Таблица 2

**Матрица корреляций фитохимических параметров  
кallусной культуры *H. officinalis*, выращенной на среде MS-2  
с добавлением тирозина**

Параметр	СФС	СГК	DPPH	FRAP	ABTS
Концентрация тирозина	0,340	0,321	0,592**	-0,797**	-0,050
СФС	1	0,923**	0,574**	-0,171	-0,002
СГК	—	1	0,608**	-0,170	0,080
DPPH	—	—	1	-0,399*	0,065
FRAP	—	—	—	1	0,009
ABTS	—	—	—	—	1

\*\* Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

\* Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

СФС — общее содержание фенольных соединений; СГК — общее содержание гидроксикоричных кислот; DPPH — антиоксидантная активность, определяемая методом DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил); FRAP — железозосстанавливающая антиоксидантная активность; ABTS — антиоксидантная активность, определяемая методом ABTS (2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоная кислота)).

Методами DPPH ( $25,43 \pm 3,41$  мг — экв. аскорбиновой кислоты/г СМ), FRAP ( $122,61 \pm 99,04$  мг — экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) и ABTS ( $59,60 \pm 9,06$  мг — экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) была установлена максимальная антиоксидантная активность каллусной культуры при добавлении 10 мкМ фенилаланина в питательную среду MS-5 (рис. 16, а, 17, а и 18, а).

Также высокая антиоксидантная активность, определенная методом DPPH, была зафиксирована при добавлении тирозина в концентрациях 1 мкМ ( $46,14 \pm 3,10$  мг — экв. аскорбиновой кислоты/г СМ), 10 мкМ ( $43,27 \pm 1,92$  мг — экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) и 100 мкМ ( $48,08 \pm 2,02$  мг — экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) (рис. 16, б). Метод FRAP показал, что наибольшее значение антиоксидантной активности наблюдалось при добавлении 100 мкМ тирозина ( $133,89 \pm 27,74$  мг — экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) (рис. 17, б). В свою очередь, самое высокое значение антиоксидантной активности каллусной культуры, согласно методу ABTS, было установлено при внесении 10 мкМ тирозина ( $55,69 \pm 11,96$  мг — экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) в питательную среду MS-5 (рис. 18, б).

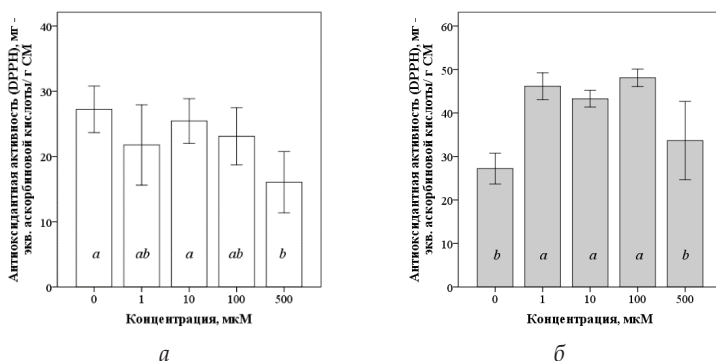


Рис. 16. Антиоксидантная активность (DPPH) экстрактов каллусных культур *H. officinalis*, выращенной на среде МС-5 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б). Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

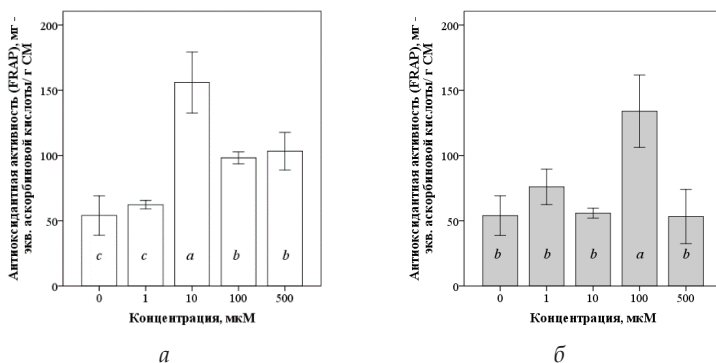


Рис. 17. Антиоксидантная активность (FRAP) экстрактов каллусных культур *H. officinalis*, выращенной на среде МС-5 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б). Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

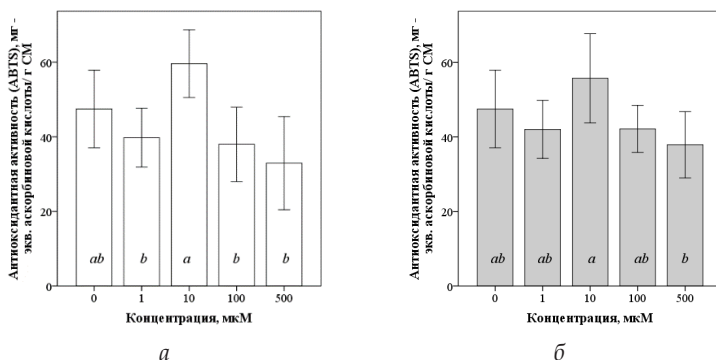


Рис. 18. Антиоксидантная активность (ABTS) экстрактов каллусных культур *H. officinalis*, выращенной на среде МС-5 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б). Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )



Проведенный корреляционный анализ показал наличие отрицательной умеренной связи между концентрациями фенилаланина и антиоксидантной активностью определенной методом DPPH ( $r = -0,6$ ;  $p \leq 0,01$ ) и ABTS ( $r = -0,45$ ;  $p \leq 0,05$ ) (табл. 3).

Таблица 3

**Матрица корреляций фитохимических параметров каллусной культуры *H. officinalis*, выращенной на среде МС-5 с добавлением фенилаланина**

Параметр	СФС	СГК	DPPH	FRAP	ABTS
Концентрация фенилаланина	0,236	0,341	-0,601**	0,140	-0,453*
СФС	1	0,721**	0,025	0,736**	0,306
СГК	—	1	-0,195	0,828**	0,079
DPPH	—	—	1	0,003	0,420*
FRAP	—	—	—	1	0,345
ABTS	—	—	—	—	1

\* Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

\*\* Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

СФС — общее содержание фенольных соединений; СГК — общее содержание гидроксикоричных кислот; DPPH — антиоксидантная активность, определяемая методом DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил); FRAP — железовосстанавливающая антиоксидантная активность; ABTS — антиоксидантная активность, определяемая методом ABTS (2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоная кислота)).

По результатам корреляционного анализа были выявлено наличие значимых корреляций между концентрациями тирозина в питательной среде МС-5 и содержанием фенольных соединений, гидроксикоричных кислот и антиоксидантной активностью (ABTS) (табл. 4). Умеренная положительная связь была установлена между концентрациями тирозина и содержанием фенольных соединений ( $r = 0,62$ ;  $p \leq 0,01$ ). Также умеренная отрицательная связь наблюдалась между концентрациями тирозина и содержанием гидроксикоричных кислот ( $r = 0,68$ ;  $p \leq 0,01$ ), антиоксидантной активностью, измеренной методом ABTS ( $r = -0,37$ ;  $p \leq 0,05$ ).

Таблица 4

**Матрица корреляций фитохимических параметров каллусной культуры *H. officinalis*, выращенной на среде МС-5 с добавлением тирозина**

Параметр	СФС	СГК	DPPH	FRAP	ABTS
Концентрация тирозина	0,624**	-0,678**	-0,244	-0,146	-0,373*
СФС	1	-0,034	0,217	0,523**	-0,331
СГК	—	1	0,700**	0,612**	-0,258
DPPH	—	—	1	0,593**	0,101



Параметр	СФС	СГК	DPPH	FRAP	ABTS
FRAP	—	—	—	1	-0,053
ABTS	—	—	—	—	1

\* Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

\*\* Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

СФС – общее содержание фенольных соединений; СГК – общее содержание гидроксикоричных кислот; DPPH – антиоксидантная активность, определяемая методом DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил); FRAP – железовосстанавливающая антиоксидантная активность; ABTS – антиоксидантная активность, определяемая методом ABTS (2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновая кислота)).

Согласно методу DPPH экстракт каллусной культуры на среде MS-6 показал высокую антиоксидантную активность при внесении 100 мкМ (33,03 ± 5,24 мг – экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) и 500 мкМ (31,21 ± 3,47 мг – экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) фенилаланина в питательную среду (рис. 19, а). Также максимальная антиоксидантная активность данной каллусной культуры была зафиксирована при добавлении 1 (38,56 ± 3,34 мг – экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) и 10 (40,58 ± 4,52 мг – экв. аскорбиновой кислоты/г СМ) мкМ тирозина в питательную среду (рис. 19б). В целом концентрации тирозина (1 – 500 мкМ) в питательной среде MS-6 приводили к достоверному повышению антиоксидантной активности почти в 4 раза по сравнению с контролем.

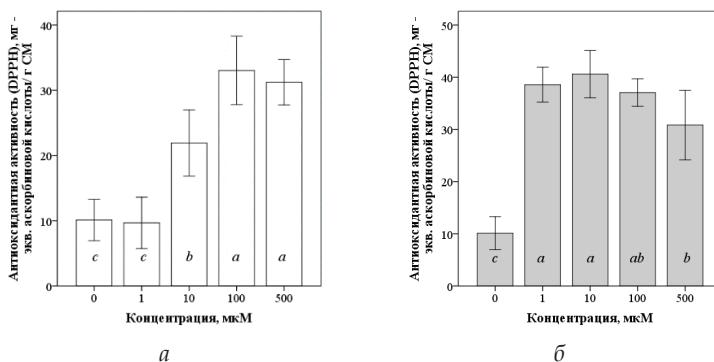


Рис. 19. Антиоксидантная активность (DPPH) экстрактов каллусных культур *H. officinalis*, выращенной на среде MS-6 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б).

Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

Определение антиоксидантной активности методом FRAP (рис. 20, а) для каллусной культуры, выращенной на среде MS-6, показало повышение активности при концентрации фенилаланина 100 мкМ (66,29 ± 7,98 мг – экв. аскорбиновой кислоты/г СМ), по сравнению с

контролем ( $38,50 \pm 10,23$  мг — экв. аскорбиновой кислоты/г СМ). В свою очередь, методом ABTS (рис. 21, а) было установлено снижение антиоксидантной активности при добавлении разных концентраций фенилаланина.

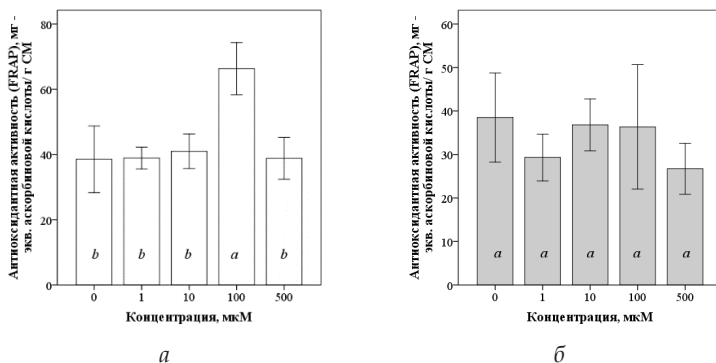


Рис. 20. Антиоксидантная активность (FRAP) экстрактов каллусных культур *H. officinalis*, выращенной на среде МС-6 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б). Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

Как мы видим из рисунка 20, б, не было установлено статистически значимых различий в повышении антиоксидантной активности каллусной культуры *H. officinalis* согласно методу FRAP при добавлении различных концентраций тирозина в питательной среде МС-6 (ANOVA,  $F=1,98$ ;  $p=0,13$ ). То же самое показало определение антиоксидантной активности методом ABTS (ANOVA,  $F=2,209$ ;  $p=0,1$ ) (рис. 21, б).

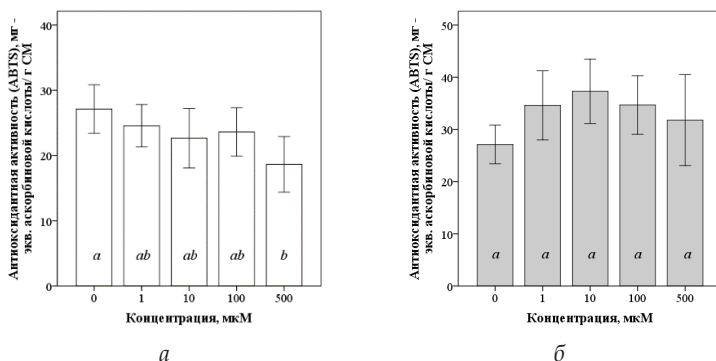


Рис. 21. Антиоксидантная активность (ABTS) экстрактов каллусных культур *H. officinalis*, выращенной на среде МС-6 с добавлением фенилаланина (а) и тирозина (б). Разные буквы указывают на статистически значимые различия (ANOVA, тест Тьюки (HSD),  $p \leq 0,05$ )

По результатам корреляционного анализа были выявлено наличие значимых корреляций между концентрациями фенилаланина в пита-





тельной среде МС-6 и содержанием фенольных соединений, антиоксидантной активностью, измеренной методами DPPH и ABTS (табл. 5). Умеренная положительная связь была установлена между концентрациями фенилаланина и содержанием фенольных соединений ( $r=0,54$ ;  $p \leq 0,01$ ), а также антиоксидантной активностью, измеренной методом DPPH ( $r=0,6$ ;  $p \leq 0,01$ ). В то же время между концентрациями фенилаланина и антиоксидантной активностью, измеренной методом ABTS, была зафиксирована умеренная отрицательная связь ( $r=0,47$ ;  $p \leq 0,01$ ).

Таблица 5

**Матрица корреляций фитохимических параметров каллусной культуры *H. officinalis*, выращенной на среде МС-6 с добавлением фенилаланина**

121

Параметр	Концентрация фенилаланина	СФС	СГК	DPPH	FRAP	ABTS
Концентрация фенилаланина	1	0,544**	-0,175	0,601**	-0,068	-0,475**
СФС	—	1	0,265	0,489**	-0,129	-0,102
СГК	—	—	1	0,241	0,274	-0,157
DPPH	—	—	—	1	0,515**	-0,377*
FRAP	—	—	—	—	1	0,071
ABTS	—	—	—	—	—	1

\* Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

\*\* Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

СФС — общее содержание фенольных соединений; СГК — общее содержание гидроксикоричных кислот; DPPH — антиоксидантная активность, определяемая методом DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил); FRAP — железовосстанавливающая антиоксидантная активность; ABTS — антиоксидантная активность, определяемая методом ABTS (2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоная кислота)).

Проведенный корреляционный анализ не показал наличие значимых корреляций между концентрациями тирозина в питательной среде МС-6 и остальными показателями (табл. 6).

Таблица 6

**Матрица корреляций фитохимических параметров каллусной культуры *H. officinalis*, выращенной на среде МС-2 с добавлением тирозина**

Параметр	Концентрация тирозина	СФС	СГК	DPPH	FRAP	ABTS
Концентрация тирозина	1	0,165	-0,337	0,032	-0,340	-0,070
СФС	—	1	0,297	0,623**	0,396*	0,363*
СГК	—	—	1	0,082	0,495**	0,267
DPPH	—	—	—	1	-0,116	0,577**



Параметр	Концентрация тирозина	СФС	СГК	DPPH	FRAP	ABTS
FRAP	–	–	–	–	1	-0,026
ABTS	–	–	–	–	–	1

\* Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

\*\* Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

СФС – общее содержание фенольных соединений; СГК – общее содержание гидроксикоричных кислот; DPPH – антиоксидантная активность, определяемая методом DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил); FRAP – железовосстанавливающая антиоксидантная активность; ABTS – антиоксидантная активность, определяемая методом ABTS (2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновая кислота)).

### Заключение

В ходе проведения исследования влияния различных концентраций фенилаланина и тирозина на рост каллусных культур *H. officinalis* не было выявлено статистически значимых эффектов, повышающих прирост биомассы исследуемых каллусных культур.

Для каллусной культуры *H. officinalis*, выращенной на среде МС-2, было установлено повышение общего содержания фенольных соединений и гидроксикоричных кислот при внесении 10 мкМ фенилаланина и 100 мкМ тирозина. Также было выявлено повышение антиоксидантной активности экстракта каллусной культуры при добавлении в питательную среду 100 мкМ фенилаланина (согласно методу FRAP), 500 мкМ тирозина (согласно методу DPPH) и 10 мкМ фенилаланина (согласно методу ABTS).

Повышение общего содержания фенольных соединений и гидроксикоричных кислот для каллусной культуры *H. officinalis*, выращенной на среде МС-5, наблюдалось при добавлении 10 мкМ фенилаланина. Также общее содержание фенольных соединений в экстракте данной каллусной культуры было повышено при концентрации 100 и 500 мкМ тирозина в питательной среде, а общее содержание гидроксикоричных кислот – при концентрации 100 мкМ тирозина. Антиоксидантная активность экстракта данной каллусной культуры была максимальной при концентрации 10 мкМ фенилаланина и концентрациям тирозина 1, 10 и 100 мкМ в питательной среде (согласно методам DPPH, FRAP и ABTS).

Каллусная культура *H. officinalis*, выращенная на среде МС-6, показала высокое содержание фенольных соединений при добавлении в питательную среду 10 и 500 мкМ фенилаланина, а также 10 и 100 мкМ тирозина. Общее содержание гидроксикоричных кислот было повышено при внесении в питательную среду 10, 100 и 500 мкМ фенилаланина. Согласно методам DPPH и FRAP повышение антиоксидантной активности экстракта данной каллусной культуры было зафиксировано при концентрации 100 и 500 мкМ фенилаланина, а также при концентрации 1 и 10 мкМ тирозина в питательной среде.

Таким образом, добавление аминокислот в оптимальной концентрации может повысить выработку биологически активных веществ. В исследованиях других клеточных культур растений семейства Lamiaceae сообщалось о положительном влиянии фенилаланина и тирозина на



биосинтез вторичных метаболитов [30–33]. Например, добавление фенилаланина в концентрации 0,25 г/л приводило к более высокому накоплению розмариновой кислоты (в 4,1 раза) в клеточной культуре *Ocimum sanctum* L. по сравнению с контролем [32]. В то же время при исследовании содержания фенолов в каллусной ткани *Coleus blumei* Benth. наибольшее значение было зафиксировано при добавлении 0,2 г/л тирозина, в то время как при добавлении фенилаланина были показаны более низкие значения [33].

В нашем исследовании аминокислоты фенилаланин и тирозин оказывают недостаточное стимулирующее влияние на рост и биосинтез вторичных метаболитов, в связи с этим использование данных аминокислот в качестве элиситоров для исследуемых каллусных культур *H. officinalis* не видится перспективным.

### Список литературы

1. Kumar V., Kaur N., Kaur A. et al. Phytochemistry and Pharmacology of Indian Traditional Plant Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.): A Review // The Natural Products Journal. 2023. Vol. 13, №4. P. 11–41.
2. Grigore A., Colceru-Mihul S., Bubueanu C. et al. Chemical composition and antioxidant activity of *Hyssopus officinalis* L. selective fractions obtained by different methods. 2019.
3. Ortiz de Elguea-Culebras G. Sánchez-Vioque R., Berruga M.I. et al. Biocidal potential and chemical composition of industrial essential oils from *Hyssopus officinalis*, *Lavandula× intermedia* var. super, and *Santolina chamaecyparissus* // Chemistry & Biodiversity. 2018. Vol. 15, №1. P. e1700313.
4. Judžentienė A. Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. Vilnius, 2016. Ch. 53. P. 471–479.
5. Tahir M., Khushhtar M., Fahad M. et al. Phytochemistry and pharmacological profile of traditionally used medicinal plant Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) // Applied Pharmaceutical Science. 2018. Vol. 8, №7. P. 132–140.
6. Зацова Е., Генева М., Станчева И. et al. Evaluation of the antioxidant potential of in vitro propagated hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) with different plant growth regulators // Medicinal Plants-International Journal of Phytomedicines and Related Industries. 2018. Vol. 10, №4. P. 295–304.
7. Mobaiyen H., Jafari-Sales A. Antibacterial effects of methanolic extracts of *Reum ribes* L. and *Hyssopus officinalis* on some standard pathogenic bacteria // Jorjani Biomedicine Journal. 2019. Vol. 7, №3. P. 34–44.
8. Гребенникова О. А., Палий А. Е., Хлыпенко Л. А. и др. Биологически активные вещества *Hyssopus officinalis* L // Орбита. 2017. №1. С. 21–28.
9. Shekarchi M., Hajimehdipoor H., Saeidnia S. et al. Comparative study of rosmarinic acid content in some plants of *Labiatae* family // Pharmacognosy magazine. 2012. Vol. 8, №29. P. 37–41.
10. Bernatoniene J., Cizauskaite U., Ivanauskas L. et al. Novel approaches to optimize extraction processes of ursolic, oleanolic and rosmarinic acids from *Rosmarinus officinalis* leaves // Industrial Crops and Products. 2016. Vol. 84. P. 72–79.
11. Razboršek M. I. Stability studies on trans-rosmarinic acid and GC-MS analysis of its degradation product // Journal of pharmaceutical and biomedical analysis. 2011. Vol. 55, №5. P. 1010–1016.
12. Efferth T. Biotechnology applications of plant callus cultures // Engineering. 2019. T. 5, №1. С. 50–59.



13. Wang S., Cizauskaite U., Ivanauskas L. et al. Effect of elicitors, precursors and metabolinhibitors on paclitaxel production by *Taxus cuspidata* cell culture // J. For. Res. 2016. Vol. 27, №6. P. 1257–1263.
14. Veeresham Ciddi V. C., Shuler M. L. Camptothecine from callus cultures of *Nothapodytes foetida* // Biotechnology Letters. 2000.
15. Martino E., Casamassima G., Castiglione S. et al. Vinca alkaloids and analogues as anti-cancer agents: Looking back, peering ahead // Bioorganic & medicinal chemistry letters. 2018. Vol. 28, №17. P. 2816–2826.
16. Echeverri J. P., Ortega I. C., Peñuela M. A. et al. Antimicrobial activity of callus and cell suspension cultures extracts of *Thevetia peruviana* // Revista de la Facultad de Ciencias. 2019. Vol. 8, №1. P. 45–56.
17. Kayani W. K., Kiani B. H., Dilshad E. et al. Biotechnological approaches for artemisinin production in *Artemisia* // World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2018. Vol. 34. P. 1–14.
18. Benjamin E. D., Ishaku G. A., Peingurta F. A. et al. Callus culture for the production of therapeutic compounds // American Journal of Plant Biology. 2019. Vol. 4, №4. P. 76–84.
19. Babich O., Sukhik, S., Pungin A. et al. Evaluation of the conditions for the cultivation of callus cultures of *Hyssopus officinalis* regarding the yield of polyphenolic compounds // Plants. 2021. Vol. 10, №5. P. 915.
20. Chandran H., Meena M., Barupal T. et al. Plant tissue culture as a perpetual source for production of industrially important bioactive compounds // Biotechnology reports. 2020. Vol. 26. P. e00450.
21. Szoke E., Krajewska A. NMR characterisation of lobeline from *Lobelia inflata* tissue cultures // Medical Science Monitor. 1998. Vol. 4, №1. P. BR15–BR19.
22. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures // Physiologia plantarum. 1962. Vol. 15 (3). P. 473–497.
23. Padhi E. M. T., Liu R., Hernandez M. et al. Total polyphenol content, carotenoid, tocopherol and fatty acid composition of commonly consumed Canadian pulses and their contribution to antioxidant activity // Journal of Functional Foods. 2017. Vol. 38. P. 602–611.
24. Štefan M. B., Vuković Rodríguez J., Blažeković B. et al. Total hydroxycinnamic acids assay: Prevalidation and application on *Lamiaceae* species // Food Analytical Methods. 2014. Vol. 7. P. 326–336.
25. 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.
26. Skrypnik L., Feduraev P., Golovin A. et al. Biotechnological potential of different organs of mistletoe (*Viscum album* L.) collected from various host tree species in an urban area // Plants. 2022. Vol. 11, №20. P. 2686.
27. Demirci T., Çelikkol Akçay U., Göktürk Baydar N. Effects of 24-epibrassinolide and l-phenylalanine on growth and caffeic acid derivative production in hairy root culture of *Echinacea purpurea* L. Moench // Acta Physiologiae Plantarum. 2020. Vol. 42, №4. P. 1–11.
28. Masoumian M., Arbakariya A., Syahida A. et al. Effect of precursors on flavonoid production by *Hydrocotyle bonariensis* callus tissues // African Journal of Biotechnology. 2011. Vol. 10, №32. P. 6021–6029.
29. Urmantseva V. V., Gaevsкая, O. A., Karyagina, T. B. et al. The effect of amino acids as components of nutrient medium on the accumulation of protoberberine alkaloids in the cell culture of *Thalictrum minus* // Russian Journal of Plant Physiology. 2005. Vol. 52. P. 388–391.



30. Pavlov A., Ilieva M. The influence of phenylalanine on accumulation of rosmarinic and caffeic acids by *Lavandula vera* MM cell culture // World Journal of Microbiology and Biotechnology. 1999. Vol. 15. P. 397–399.

31. Sahraroo A., Mirjalili M.H., Corchete P. et al. Enhancement of rosmarinic acid production by *Satureja khuzistanica* cell suspensions: effects of phenylalanine and sucrose // SABRAO Journal of Breeding & Genetics. 2018. Vol. 50, №1. P. 25–35.

32. Hakkim F.L., Kalyani S., Essa M. et al. Production of rosmarinic in *Ocimum sanctum* cell cultures by the influence of sucrose, phenylalanine, yeast extract, and methyl jasmonate // Int J Biol Med Res. 2011. Vol. 2, №4. P. 1070–1074.

33. Musbah H.M., Ibrahim K.M., Ibrahim K. Effects of feeding tyrosine or phenylalanine on the accumulation of polyphenols in *Coleus Blumei* in Vivo and in Vitro // Journal of Biotechnology Research Center. 2019. Vol. 13, №1. P. 35–43.

### Об авторах

Елена Александровна Попова — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: elena\_popova97@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7008-3823>

Артем Викторович Пунгин — канд. геогр. наук, доц. Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: APungin@kantiana.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8374-3907>

Анастасия Павловна Пантюхина — студентка, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: pantuhinaanastasia42@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-5907-290X>

***E. A. Popova, A. V. Pungin, A. P. Pantyukhina***

## **INCREASED BIOSYNTHESIS OF SECONDARY METABOLITES IN CALLUS CULTURES OF *HYSSOPUS OFFICINALIS* L.**

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 25 May 2024

Accepted 17 June 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-8

**To cite this article:** Popova E. A., Pungin A. V., Pantyukhina A. P., 2024, Increased biosynthesis of secondary metabolites in callus cultures of *Hyssopus officinalis* L., *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 102–126. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-8.

Currently, callus cultures of medicinal plants are actively used for the production of important biologically active compounds. Investigating conditions that enhance the biosynthesis of these compounds in callus cultures is highly relevant. This article examines the influence of various concentrations of phenylalanine and tyrosine (1–500  $\mu$ M) on the content of phenolic compounds and the antioxidant activity of three callus cultures of *Hyssopus officinalis* L. It



*was found that the addition of phenylalanine at a concentration of 10  $\mu\text{M}$  and tyrosine at a concentration of 100  $\mu\text{M}$  to the nutrient media leads to an increase in the content of phenolic compounds and hydroxycinnamic acids in the callus cultures. An increase in the antioxidant activity of the extracts from the studied callus cultures was recorded at phenylalanine concentrations of 10 and 100  $\mu\text{M}$ , as well as tyrosine concentrations of 1, 10, and 100  $\mu\text{M}$  in the nutrient media.*

**Keywords:** medicinal plant, callus culture, growth, biologically active substances, amino acids

#### The authors

126

Elena A. Popova, PhD student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.  
E-mail: elena\_popova97@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-7008-3823>

Dr Artem V. Pungin, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.  
E-mail: APungin@kantiana.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8374-3907>

Anastasia P. Pantukhina Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.  
E-mail: pantuhinaanastasia42@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0009-5907-290X>

**В. П. Дедков, Н. Г. Петрова, Л. А. Харитоновна  
Т. А. Яковлева<sup>1</sup>, С. А. Яковлева**

## **БИОРАЗНООБРАЗИЕ РАСТЕНИЙ КОЛЛЕКЦИОННОГО ФОНДА БОТАНИЧЕСКОГО САДА БФУ ИМ. И. КАНТА**

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

Поступила в редакцию 10.06.2024 г.

Принята к публикации 24.07.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-9

**Для цитирования:** Дедков В. П., Петрова Н. Г., Харитоновна Л. А., Яковлева Т. А., Яковлева С. А. Биоразнообразие растений коллекционного фонда Ботанического сада БФУ им. И. Канта // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №3. С. 127–137. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-9.

*Статья посвящена подведению итогов инвентаризации коллекционного фонда растений Ботанического сада БФУ им. И. Канта. За последние 20 лет таксономический состав увеличился почти вдвое. Созданы новые коллекционные участки (плодовых растений, магнолий, сиреней, рододендронов, лекарственных растений и др.), проведенная реконструкция оранжерейного фонда позволила существенно обогатить коллекцию тропических, субтропических и аридных растений. Инвентаризация проводилась по общепринятым методикам, используемым при учете растений в ботанических садах. Названия растений соответствуют требованиям Международного кодекса ботанической номенклатуры 2017 г., с учетом современной Международной таксономической системы классификации (APG IV) и базы данных Международного энциклопедического интернет-проекта по систематике растений (The Plant List).*

*По результатам инвентаризации таксономического состава коллекций подготовлен к печати новый «Каталог растений Ботанического сада БФУ им. И. Канта. К 120-летию основания». Каталог содержит информационный ресурс о биоразнообразии коллекционного фонда сада, систематическую характеристику таксонов, научную упорядоченность объектов.*

**Ключевые слова:** акклиматизация, адаптация, интродукция, таксономическая принадлежность, дендрарий, биоразнообразие

### **Введение**

Важнейшими задачами ботанических садов в области интродукции являются охрана растительного мира и обогащение коллекций за счет ресурсов мировой флоры, что невозможно без изучения таксономической принадлежности растений. Цель настоящей работы — подведение итогов инвентаризации растений коллекционного фонда Ботаническо-



го сада БФУ им. И. Канта. Ботанический сад БФУ им. И. Канта располагается на территории бывшего городского Кёнигсбергского садоводства, основанного Паулем Кэбером, профессором, заведующим кафедрой высших растений и систематики Кёнигсбергского университета, в 1904 г. В годы Второй мировой войны ботанический сад сильно пострадал. В большей или меньшей степени сохранились лишь растения коллекций дендрария, оранжерейные полностью погибли. В послевоенные годы Ботанический сад находился в ведении различных научно-исследовательских и производственных организаций, а с 1968 г. — Калининградского государственного университета (ныне БФУ им. И. Канта). Первый каталог таксономического разнообразия коллекций Ботанического сада (более 2500 таксонов) был подготовлен коллективом сотрудников кафедры ботаники и экологии растений факультета биоэкологии и специалистов Ботсада КГУ в 2004 г. к 100-летию его основания [9].

В течение последующих 20 лет (под руководством директора Т. А. Яковлевой) происходило пополнение коллекционных фондов благодаря интенсивному обмену посадочным материалом со многими зарубежными и отечественными ботаническими учреждениями. На территории сада созданы новые демонстрационные участки (плодовых растений, магнолий, сиреней, рододендронов, лекарственных растений и др.), проведена реконструкция оранжерейных комплексов, позволяющая более полно представлять флору тропической и субтропической зон, а также аридных областей нашей планеты. Коллекции служат базой для обучения студентов и проведения научных исследований в области интродукции и акклиматизации растений, оценки их адаптации, декоративных качеств и возможности использования в озеленении интерьеров и зеленых насаждений городов.

Ботанический сад занимает площадь 13,57 га, на его территории располагаются оранжереи, парники, пруд, питомник древесных растений, коллекционные участки травянистых и древесных растений, подсобные помещения.

В 2020—2023 гг. сотрудниками Ботанического сада БФУ им. И. Канта совместно с коллегами Института медицины и наук о жизни (МЕДБИО) проведена детальная инвентаризация таксономического состава коллекционного фонда растений.

### Материалы и методы

Материалом данной работы является коллекционный фонд растений открытого и закрытого грунта Ботанического сада БФУ им. И. Канта.

Таксономический анализ древесной флоры осуществлялся путем уточнения каждого исследуемого вида в соответствии со сводками и классификацией отечественных ученых-ботаников С. К. Черепанова [23]; И. В. Грушвицкого, С. Г. Жилина [3]; А. Л. Тахтаджяна [4]; Г. А. Фирсова, В. В. Бялта, А. Г. Хмарика [20] и др. [2; 10; 12; 15; 16], а также некоторых ведущих зарубежных специалистов [25; 27; 28].

Названия таксонов оранжерейных растений и травянистых открытого грунта даны в соответствии с Международным кодексом ботани-





ческой номенклатуры 2017 г., с учетом современной Международной таксономической системы классификации, разработанной «Группой филогении покрытосеменных» (Angiosperm Phylogeny Group, APG) с учетом базы данных Международного энциклопедического интернет-проекта по систематике растений The Plant List [5; 17; 26].

## Результаты

В настоящее время в коллекциях сада насчитывается свыше 4471 таксонов (около 2000 внутривидовых) интродуцированных и местных растений из четырех отделов: Polypodiophyta, Cycadophyta, Pinophyta (Gymnospermae) и Magnoliophyta (Angiospermae, Angiosperms), 198 семейств и 978 родов. Некоторые одни и те же древесные, оранжерейные и травянистые растения с успехом культивируются в разных отделах открытого и закрытого грунтов (*Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) J. Buchholz, *Vinca minor* L., *Artemisia abrotanum* L., *Hedera helix* L., *Fargesia murielae* (Gamble) T. P. Yi и др.).

Отдел Polypodiophyta (папоротниковидные, или Папоротники) представлен в Ботаническом саду 2 классами — Equisetopsida (Хвощовые) и Polypodiopsida (Папоротниковые). В их состав входят растения 11 семейств (Aspleniaceae, Dryopteridaceae, Nephrolepidaceae, Pteridaceae, Salviniaceae, Equisetaceae и др.), 16 родов (*Equisetum*, *Dryopteris*, *Cyrtomium*, *Phlebodium*, *Salvinia* и др.) и 34 таксона.

Отдел Cycadophyta (Саговниковидные) состоит из 1 класса — Cycadopsida (Саговниковые), 2 семейств (*Cycadaceae*, *Zamiaceae*), 2 родов (*Cycas*, *Zamia*) и 2 таксонов (*Cycas revoluta* Thunb., *Zamia furfuracea* L. f. ex Aiton).

Отдел Pinophyta, или Gymnospermae (Голосеменные), содержит растения 2 классов — Ginkgoopsida (Гинкговые) и Pinopsida (Хвойные), относящиеся к 7 семействам (*Ginkgoaceae*, *Araucariaceae*, *Podocarpaceae*, *Pinaceae*, *Cupressaceae*, *Taxaceae*, *Taxodiaceae*), 23 родам (*Araucaria*, *Juniperus*, *Platycladus*, *Thuja*, *Pinus*, *Metasequoia*, *Taxodium*, *Sequoiadendron* и др.) и 223 таксонам.

Самый многочисленный отдел Magnoliophyta, или Angiospermae, Angiosperms (Цветковые, или Покрытосеменные), включающий 4212 таксона, 937 родов, 178 семейств (табл. 1).

Таблица 1

### Таксономический и численный состав растений коллекционного фонда Ботанического сада БФУ им. И. Канта

Отдел	Количество		
	семейств	родов	таксонов
Polypodiophyta	11	16	34
Cycadophyta	2	2	2
Pinophyta (Gymnospermae)	7	23	223
Magnoliophyta (Angiosperms, Angiospermae)	178	937	4212
<i>Всего</i>	198	978	4471



Самыми многочисленными таксонами представлены семейства Asteraceae (295 таксонов), Asparagaceae (205), Cactaceae (162), Amaryllidaceae (128), Rosaceae (340), Cupressaceae (116), Pinaceae (93), Acereae (51), Asphodelaceae (45) и др.

В красные книги различного ранга (Российской Федерации, стран Балтии, Калининградской области) занесен 161 таксон растений открытого и закрытого грунтов, растущих в Ботаническом саду им. И. Канта. Из них 61 вид включен в Красную книгу Российской Федерации. Большая часть этих растений имеет охранный статус 2 (V) – «уязвимый вид», то есть в ближайшем будущем они могут оказаться под угрозой исчезновения. В условиях коллекций Ботанического сада представители данной группы показали себя как достаточно адаптированные виды. Так, успешно цветет и плодоносит в пальмовой оранжерее *Ficus carica* L. (инжир, смоковница, фиговое дерево) – реликт флоры третичного периода, обитающий в России на северной границе ареала (Дагестан). В открытом грунте (участок многолетников и лекарственные травянистые растения) 17 таксонов из 15 семейств, имеющих статус 2 (V), проходят полный цикл развития и образуют семена хорошего качества. К таким растениям относятся *Galanthus nivalis* L. (подснежник белоснежный), *Eremurus spectabilis* M. Bieb. (эремурус замечательный), *Crocus speciosus* M. Bieb. (крокус, шафран прекрасный), *Iris reticulata* M. Bieb. (ирис, иридодиктиум сетчатый), *Paeonia tenuifolia* L. (пион узколистный, тонколистный), *Primula juliae* Kusn. (первоцвет Юлии, примула Юлии) и др.

В дендрарии к этой группе относится 21 вид из 14 семейств: *Microbiota decussata* Kom. (микробиота перекрестнопарная) – единственная представительница эндемичного рода флоры России, произрастающая в горах Сихотэ-Алинь; реликт третичного периода *Taxus baccata* L. (тис ягодный, красное дерево), отличающийся большой продолжительностью жизни – от 1,5 до 4 тыс. лет; *Ostrya carpinifolia* Scop. (хмелеграб обыкновенный) – единственный представитель своего рода, дико растущий в широколиственных лесах горных поясов Кавказа, Европы и Малой Азии; *Corylus colurna* L. (лещина древовидная, орех медвежий) – дерево высотой до 20–30 м, живущее до 200 лет, с густой широкопирамидальной кроной, обитающее на Северо-Западном Кавказе и в Закавказье, и другие растения.

Четырнадцать видов из 10 семейств имеют статус 3 (R) – «редкий вид». В природе их численность невелика и представлена небольшими популяциями. В настоящее время им не грозит исчезновение, однако риск перехода в другую категорию все же существует (крупнолистная береза Максимовича – *Betula maximowicziana* Regel, ползучий можжевельник прибрежный – *Juniperus conferta* Parl., золотистоплодный абрикос маньчжурский – *Armeniaca mandshurica* (Maxim.) Skvorts.) и др.

Восемь видов (из 8 семейств) обладают статусом 1 (E) – «исчезающий вид». К таким растениям относятся *Dioscorea caucasica* Lipsky (диоскорея кавказская) – реликтовый вид, многолетняя травянистая лиана из западных районов Закавказья; *Pterocarya pterocarpa* (Michx.) Kunth ex I. Pjinsk. (лапина крылоплодная) – редчайший вид с дизъюнктивным ареалом, реликт третичного периода арктической флоры; *Juglans ailantifolia* Carr (орех айлантолистный, орех Зибольда) – один из весьма зимостойких



видов семейства ореховых с очень маленьким сокращающимся ареалом (юг Сахалина и Кореи, остров Кунашир, горные леса Японии) — и другие древесные растения.

Кроме указанных выше охраняемых оранжерейных, травянистых и древесных видов в коллекциях сада имеются 164 таксона (18 семейств), подлежащих строгой охране СИТЕС [18].

Коллекция закрытого грунта содержит уникальные виды, представляющие большой интерес при изучении габитуса растений древнейших родов и семейств, биоразнообразия и жизненных циклов, жизненных форм и способов адаптации к разным условиям обитания.

В связи с работами по реконструкции оранжерей некоторые семейства полностью выпали из списка коллекции (Oleandraceae, Sinopteridaceae, Thelypteridaceae и др.). В целом же коллекция растений закрытого грунта обновилась на 40%. Появились новые, редкие во флористическом отношении растения из семейств Salviniaceae (*Salvinia natans* (L.) All.), Cycadaceae (*Cycas revoluta* Thunb.), Annonaceae (*Annona cherimola* Mill.), Sarraceniaceae (*Sarracenia purpurea* L.) и др.

Растения экспозиций закрытого грунта относятся к четырем отделам (табл. 2). Отдел Polypodiophyta содержит 24 таксона, 11 родов, 8 семейств, 1 класс (Polipodiopsida). От мощных эпифитных папоротников семейства Aspleniaceae (лист до 1,5 м), произрастающих в тропической Юго-Восточной Азии, — *Asplenium nidus* L. (аспленium, костенец гнездовидный) до миниатюрных однолетних папоротников из семейства Salviniaceae — *Salvinia natans* (L.) All. (сальвиния плавающая) — единственного из видов этого рода, который можно встретить на территории России (Западная Сибирь, Дальний Восток) в водоемах со стоячей или медленно текущей водой.

Отдел Cycadophyta, представляющий древнейшую группу семенных растений, окаменелости которых обнаруживаются в отложениях раннего карбона (300—325 млн лет назад), состоит из 2 таксонов (*Cycas revoluta* Thunb., *Zamia furfuracea* L. f. ex Aiton), 2 родов (*Cycas*, *Zamia*), 2 семейств (Cycadaceae, Zamiaceae) и единственного современного класса — Cycadopsida [3].

Отдел Pinophyta представлен 12 таксонами из класса Pinopsida, относящихся к 4 семействам и 9 родам. Особую ценность представляют субтропические растения-долгожители (4,5—5,0 тыс. лет), реликты и самые высокие на Земле деревья: *Sequoia sempervireus* (D. Don) Endl. и *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) J. Buchholz, эндемик — *Araucaria heterophylla* (Salisb.) Franco и др.

Отдел Magnoliophyta включает 893 таксона из 87 семейств и 303 родов (табл. 2). Самые многочисленные семейства — это Cactaceae (162 таксона — почти все виды входят в список СИТЕС), Crassulaceae (81), Asparagaceae (77), Araceae (49) и др. Большая часть теплолюбивых растений благополучно вегетирует и цветет: *Chamaerops humilis* L., *Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl., *Fatsia japonica* (Thunb.) Decne. & Planch., *Selenicereus grandiflorus* (L.) Britton & Rose, *Opuntia robusta* H. L. Wendl., *Acca sellowiana* (O. Berg) Burret, *Laurus nobilis* L., *Murraya paniculata* (L.) Jack, *Annona cherimola* Mill. («сметанное дерево», считается самым вкусным фруктом) и др. Регулярно цветут и плодоносят вечнозеленая *Magnolia grandiflo-*



ra L., *Ficus carica* L., *Mammillaria gracilis* Pfeiff, *Rhipsalis baccifera* (J. S. Muell.) *Citrus aurantifolia* 'Chinotto', *Citrus japonica* Thunb., *Citrus reticulata* 'Unshiu', *Skimmia japonica* Thunb. и др.

Множество декоративных сортов, форм, гибридов имеют роды *Ficus* (16 наименований), *Philodendron* (8), *Dracaena* (10) [4; 5; 11; 19; 22].

Таблица 2

Таксономический и численный состав растений в отделах  
Ботанического сада БФУ им. И. Канта

Отдел сада	Отдел	Количество		
		семейств	родов	таксонов
Оранжерейные растения	Polypodiophyta	8	11	24
	Cycadophyta	2	2	2
	Pinophyta (Gymnospermae)	4	9	12
	Magnoliophyta (Angiosperms, Angyospermae)	87	303	893
Травянистые растения открытого грунта	Polypodiophyta	5	6	10
	Magnoliophyta (Angiosperms, Angyospermae)	81	503	2325
Древесные растения открытого грунта	Pinophyta (Gymnospermae)	5	17	214
	Magnoliophyta (Angiosperms, Angyospermae)	63	154	994

132

Коллекцию травянистых растений открытого грунта составляют 2335 таксона (из них 323 – дикорастущие виды), 509 родов, 86 семейств из 2 отделов (Polypodiophyta, Magnoliophyta) (табл. 2).

Наиболее многочисленные семейства – это Asteraceae (276 таксонов), Liliaceae (229), Iridaceae (171), Asparagaceae (128). Некоторые роды немногочисленных семейств (Araceae, Araliaceae, Euphorbiaceae, Cleomaceae, Dioscoreaceae, Cucurbitaceae и др.) отличаются пищевыми качествами, древним происхождением и лекарственными свойствами (*Arisaema*, *Aralia*, *Dioscorea*, *Bryonia* и др.), высокой декоративностью и зимостойкостью (*Hosta*, *Astilbe*, *Cleome*, *Hedera*, *Euphorbia* и др.), например средиземноморский *Helichrysum italicum* (Rhot) Guss, используемый как пряность в кулинарии, не обмерзает в условиях Калининградской области, хотя его зоны морозостойкости – это 7–10 USDA. Большой интерес у посетителей, медиков, студентов и ученых вызывает участок лекарственно-пряных растений, содержащий более 140 таксонов из 40 семейств. Самое многочисленное – Ranunculaceae (25 таксонов). Растения данной группы включают объекты с охраняемым статусом, аборигенные и чужеземные виды, имеющие не только учебно-познавательное значение, но и высокие декоративные качества [1; 3; 5; 13; 14; 24].

При всем богатстве коллекций оранжерейных и травянистых растений Ботанического сада наиважнейшей частью его растительного фонда является дендрологическая коллекция. В открытом грунте на территории 10 га произрастают свыше 1208 таксонов (171 род, 68 семейств, 2 отдела) деревьев, кустарников, полукустарников и лиан из Европы, Китая, Японии, Америки, Кавказа и других флористических областей



земного шара (в том числе 38 — автохтонные виды). Более половины коллекции (653 наименования — 54,17 %) — высокодекоративные формы, разновидности и сорта.

По жизненным формам древесные растения распределены следующим образом: кустарники (49 %), деревья (45 %), лианы (3 %), полукустарники (2 %), полукустарнички (1 %) (рис. 1).



Рис. 1. Распределение древесных растений по жизненным формам, %

Большинство деревьев (51 %) среднего возраста — 20–40 лет, старовозрастных — более 100 лет — 32 %, 17 % — до 20 лет; у кустарников преобладают образцы 10–20 лет.

Отдел Pinophyta, или Gymnospermae, состоит из 2 классов (Ginkgoopsida и Pinopsida), 5 семейств, 17 родов, 214 таксонов. Успешно интродуцированы «живые ископаемые»: *Ginkgo biloba* L. — гинкго двулопастное — мезозойский реликт и эндемик горных лесов Китая, *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng — метасеквойя глиптостробиовидная из Восточного Китая — реликт миоценоплиоценовых периодов, *Sequoiadendron giganteum* Lindl. — калифорнийский реликт гигантских размеров когда-то широко распространенный в Северном полушарии в конце мелового и третичного периодов. В качестве эксперимента в дендрарий посажены два образца *Sequoiadendron giganteum* Lindl. Один экземпляр выращен из семян, полученных из г. Эссена (Германия, 1999), второй саженец из Польши (2018) сразу посажен в грунт. Оба образца вполне зимостойки, нормально вегетируют, но образование стробилов еще не отмечено.

Значительно увеличился таксономический состав многих семейств отдела Pinophyta: Cupressaceae — 111 таксонов (73 таксона в 2004 г.), Pinaceae — 89 (51 таксон в 2004 г.) и др. Только *Thuja occidentalis* имеет 46 таксонов, из которых 38 — декоративных форм (колоновидная, шаровидная, спиральная, золотистая, пестрая, нитчатая и др.) [9].



Отдел Magnoliophyta, или Angiosperms, Angiospermae, представлен 63 семействами, 154 родами и 994 таксонами. В таксономическом отношении преобладают семейства Rosaceae (222 таксона, 31 род), Oleaceae (66 таксонов, 6 родов), Aceraceae (51 таксон, 1 род), Ericaceae (46 таксонов, 7 родов). Реликтовое семейство Magnoliaceae представлено 2 родами (*Magnolia* и *Liriodendron*) и 28 таксонами, в их числе *Magnolia obovata* Thunberg – магнолия обратнаяйцевидная – единственный «краснокишечный вид», имеющий природный ареал в России (остров Кунашир). Обогатили дендрокolleкцию сада растения семейств из более теплых областей (восток Северной Америки и Восточная Азия, Южная Европа, Северо-Западная Африка, Юго-Западная Азия): Lauraceae (*Sassafras officinarum* J. Presl), Aquifoliaceae (*Ilex aquifolium* 'Argentea – Marginata', *I. meserveae* 'Blue Holly'), Annonaceae (*Asimina triloba* Dunal) и др. В коллекции сада вегетируют и образуют семена хорошего качества более 90 % древесных интродуцированных и автохтонных видов.

### Заключение

Анализ коллекционного фонда растений Ботанического сада БФУ им. И. Канта показал значительное увеличение его таксономического состава за последние 20 лет (2004 г. – более 2500 таксонов, 2024 г. – свыше 4471 таксонов, из них около 2000 внутривидовых таксонов). Это позволяет рассматривать сад как хранилище генофонда интродуцированных и автохтонных видов, растений гибридного происхождения, садовых форм и сортов для использования в озеленении, садоводстве и лесном хозяйстве региона.

### Список литературы

1. Алексеева Н. Б. Ирисы – *Iris* L. (Iridaceae Juss.) России = *Iris* L. (Iridaceae Juss.) in the Russia. СПб., 2020.
2. Фирсов Г. А., Орлова Л. В., Волчанская А. В. Аннотированный каталог голосеменных растений парка – дендрария Ботанического сада Петра Великого БИН РАН. СПб., 2020.
3. Жизнь растений : в 6 т. / гл. ред. Ал. А. Федоров. Т. 4 : Мхи. Плауны. Хвощи. Папоротники. Голосеменные растения / под ред. И. В. Грушвицкого, С. Г. Жилина. М., 1978.
4. Жизнь растений : в 6 т. / гл. ред. Ал. А. Федоров. Т. 6 : Цветковые растения / под ред. А. Л. Тахтаджяна. М., 1982.
5. The Plant List. URL: <http://www.theplantlist.org/> (дата обращения: 22.03.2024).
6. Складина О. В., Мелихова Г. И. Красная книга. Растения России. М., 2013.
7. Красная книга России. URL: <https://redbookrf.ru/> (дата обращения: 15.06.2023).
8. Красная книга Калининградской области / под ред. В. П. Дедкова, Г. В. Гришанова. Калининград, 2010.
9. Дедков В. П., Петрова Н. Г., Губарева И. Ю. и др. Каталог растений Ботанического сада Калининградского государственного университета / отв. ред. В. П. Дедков. Калининград, 2004.



10. *Каталог растений. Деревья, кустарники, многолетники, рекомендованные Союзом польских питомников.* Варшава, 2013.
11. *Сладкова О. В. Комнатные растения : энциклопедия.* М., 2010.
12. *Коновалова Т. Ю., Шевырёва Н. А. Атлас декоративных деревьев и кустарников.* М., 2018.
13. *Коновалова Т. Ю., Шевырёва Н. А. Декоративные травы : атлас-определитель.* М., 2018.
14. *Карпионовна Р. А., Бочкова И. Ю., Васильева И. В. и др. Культурная флора травянистых декоративных многолетников средней полосы России : атлас.* М., 2011.
15. *Лебедева М. В., Кашаева Г. Г., Якупова В. В. Древесные растения флоры Восточной и Юго-Восточной Азии в оранжерее Ботанического сада-института УНЦ РАН // Бюллетень ГБС. 2017. №3 (203). С. 8–13.*
16. *Марковский Ю. Б., Успенский И. В. Хвойные растения для декоративного сада : иллюстрированный справочник.* М., 2018.
17. *Международный кодекс номенклатуры водорослей, грибов и растений (Шэньчжэньский кодекс), принятый девятнадцатым Международным ботаническим конгрессом Шэньчжэнь.* URL: <https://www.iapt-taxon.org> (дата обращения: 20.12.2023).
18. *Перечень видов животных и растений, подпадающих под действие Конвенции о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (СИТЕС) (утв. Росприроднадзором), 2023.* URL: <https://cites.org/sites/default/files/eng/app/2023/E-Appendices-2023-02-23.pdf> (дата обращения: 20.12.2023).
19. *Сааков С. Г. Оранжерейные и комнатные растения.* Л., 1983.
20. *Фирсов Г. А., Бялт В. В., Хмарик А. Г. Деревья и кустарники парка «Дубки» (Санкт-Петербург, Россия).* М., 2020.
21. *Киселева К. В., Майоров С. Р., Новиков В. С. Флора средней полосы России : атлас-определитель / под ред. проф. В. С. Новикова.* М., 2010.
22. *Хессайон Д. Г. Все о комнатных растениях.* М., 2014.
23. *Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР).* СПб., 1995.
24. *Яковлева О. В. Энциклопедия редких и популярных садовых растений.* М., 2012.
25. *Ahrendt L. M. Berberis and Mahonia, A taxonomic revision.* *Lauren. Linn // Soc. London (Bot).* 1961. Vol. 369, №57. P. 1–140.
26. *APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV // Bot. J. Linn. Soc. Vol. 181, iss. 1. P. 1–20. doi: 10.1111/boj.12385.*
27. *Krussmann G. Manual of Cultivated Conifers.* Portland, Oregon, 1995.
28. *Rehder A. Manual of Cultivated Trees and Shrubs Hardy in North America.* N. Y., 1949.

#### Об авторах

Виктор Павлович Дедков — д-р биол. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: [vdedkov@kantiana.ru](mailto:vdedkov@kantiana.ru)

<https://orcid.org/0000-0001-9716-5036>



Наталья Григорьевна Петрова — канд. биол. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: petrova\_sov@mail.ru; npetrova@kantiana.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8097-4096>

Лидия Александровна Харитоновна — канд. биол. наук, доц., зав. лабораторией систематики растений, Ботанический сад Балтийского федерального университета им. И. Канта, Россия.

E-mail: liasvet@bk.ru

<https://orcid.org/0009-0009-5767-531X>

136

Татьяна Александровна Яковлева — директор, Ботанический сад Балтийского федерального университета им. И. Канта, Россия.

E-mail: garden.kantiana@yandex.ru

<https://orcid.org/0009-0003-0504-7406>

Светлана Анатольевна Яковлева — зав. лабораторией семеноведения ботанического сада, Ботанический сад Балтийского федерального университета им. И. Канта, Россия.

E-mail: syakovleva@kantiana.ru

<https://orcid.org/0009-0000-3140-3484>

*V. P. Dedkov, N. G. Petrova, L. A. Kharitonova  
T. A. Yakovleva, S. A. Yakovleva*

## PLANT BIODIVERSITY IN THE COLLECTION OF IMMANUEL KANT BAL TIC FEDERAL UNIVERSITY'S BOTANICAL GARDEN

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 10 June 2024

Accepted 24 July 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-9

**To cite this article:** Dedkov V. P., Petrova N. G., Kharitonova L. A., Yakovleva T. A., Yakovleva S. A., 2024, Plant biodiversity in the collection of Immanuel Kant Baltic Federal University's Botanical Garden. *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 127–137. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-9.

*The article is dedicated to summarizing the results of the inventory of the plant collection at the Botanical Garden of the Immanuel Kant Baltic Federal University (IKBFU). Over the past 20 years, the taxonomic composition has nearly doubled. New collection sections have been created (for fruit plants, magnolias, lilacs, rhododendrons, medicinal plants, and others), and the reconstruction of the greenhouse collection has significantly enriched the assortment of tropical, subtropical, and arid plants. The inventory was conducted using standard methodologies applied for plant accounting in botanical gardens. The plant names comply with the requirements of the International Code of Botanical Nomenclature (2017), taking into account the modern International Taxonomic System of Classification (APG IV) and the database of the International Plant Taxonomy Encyclopedic Internet Project (The Plant List). As a result*





*of the inventory of the taxonomic composition of the collections, a new “Catalogue of Plants of the Botanical Garden of IKBFU for the 120<sup>th</sup> Anniversary of its Founding” has been prepared for publication. The catalogue provides an informational resource on the biodiversity of the garden’s collection, a systematic characterization of taxa, and the scientific organization of the objects.*

**Keywords:** acclimatization, adaptation, introduction, taxonomic affiliation, arboretum, biodiversity

#### The authors

Prof. Viktor P. Dedkov, Doctor of Biological Sciences, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: [vdedkov@kantiana.ru](mailto:vdedkov@kantiana.ru)

<https://orcid.org/0000-0001-9716-5036>

Dr Natalia G. Petrova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: [petrova\\_sov@mail.ru](mailto:petrova_sov@mail.ru); [npetrova@kantiana.ru](mailto:npetrova@kantiana.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-8097-4096>

Dr Lidiya A. Kharitonova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of Plant Systematics Laboratory, the IKBU’s Botanical Garden, Russia.

E-mail: [liasvet@bk.ru](mailto:liasvet@bk.ru)

<https://orcid.org/0009-0009-5767-531X>

Tatyana A. Yakovleva, Director of the IKBFU’s Botanical Garden, Russia.

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

<https://orcid.org/0009-0003-0504-7406>

Svetlana A. Yakovleva, Head of Seed Science Laboratory, the IKBU’s Botanical Garden, Russia.

E-mail: [syakovleva@kantiana.ru](mailto:syakovleva@kantiana.ru)

<https://orcid.org/0009-0000-3140-3484>

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

Серия: Естественные и медицинские науки



### Правила публикации статей в журнале

138

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 информация;
- 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

2024

№ 3

Редактор *Е. Т. Иванова*  
Компьютерная верстка *Е. В. Денисенко*

Подписано в печать 25.10.2024 г.  
Формат 70 × 108 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Усл. печ. л. 12,3  
Тираж 40 экз. Цена свободная. Заказ 116

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