

Вестник 2026

Балтийского федерального
университета
им. И. Канта

Серия
Естественные науки

№ 3

ISSN 3034-3739 (Online)

БФУ БАЛТИЙСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ИММАНУИЛА КАНТА

IKBFU IMMANUEL KANT
BALTIC FEDERAL
UNIVERSITY

ВЕСТНИК
БАЛТИЙСКОГО
ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
им. И. КАНТА

Серия
Естественные науки

№3

Калининград
Издательство Балтийского федерального университета
им. Иммануила Канта
2026

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. Спиряевас*, проф., Клайпедский университет; *Д. А. Субетто*, д-р геогр. наук, проф., РГПУ им. А. И. Герцена; *С. А. Суких*, д-р техн. наук, 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
 Адрес электронной почты редакции: vestnik@kantiana.ru
 Телефон: + 7 (4012) 595-595 (доб. 6718)

Издатель

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

СМИ «Вестник БФУ им. И. Канта. Серия: Естественные науки»
 зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
 информационных технологий и массовых коммуникаций (РОСКОМНАДЗОР),
 регистрационный номер ЭЛ № ФС 77-88748 от 2 декабря 2024 г.



СОДЕРЖАНИЕ

Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география

Кропинова Е. Г., Казимирченко В. С. Роль транспорта в развитии калининградского туризма на примере Янтарного городского округа	5
Закиров И. В., Брыгин Е. В., Заринова Л. А. Экономическое и социальное влияние пристольного положения на развитие территории.....	25

3

Физическая география, геоэкология и океанология

Платоненко Г. О., Зотов С. И., Спирин Ю. А. Пространственная дифференциация химического загрязнения и качества вод реки Прохладной в Калининградской области по результатам исследований в весеннем сезоне 2025 гидрологического года	37
Тарасенко А. А., Зонов А. А., Романчук А. Ю. Оценка степени дигрессии природных комплексов в районе проектируемых экологических маршрутов национального парка «Виштынецкий»	50
Ахмаева Э. Э., Пригужалова О. А. Методика выбора и обоснования природно-климатических решений в аграрном секторе.....	69
Коришук Е. В. Экологическая проблематика в государственных СМИ Республики Беларусь	89

Биология, биотехнология и экология

Бабичева О. О., Абраменко И. М., Голубев А. М., Карпунина Л. В. Влияние полисахарида <i>Pleurotus ostreatus</i> P-88 на процессы ризогенеза у косточковой культуры <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	101
Кузьменко В. С., Ивашов А. В. Нектаропродуктивность цветков <i>Salvia sclarea</i> как медового ресурса для <i>Apis mellifera</i> в Крыму	112

CONTENTS

Economic, social, political and recreational geography

Kropinova E. G., Kazimirchenko V. S. The role of transport in the development of Kaliningrad tourism on the example of the yantarny urban district..... 5

Zakirov I. V., Brygin E. V., Zaripova L. A. The economic and social impact of capital-city proximity on territorial development..... 25

Physical geography, geoecology and oceanology

Platonenko G. O., Zotov S. I., Spirin Yu. A. Spatial differentiation of chemical pollution and water quality of the Prokhladnaya River in the Kaliningrad region based on research results in the spring season of the 2025 hydrological year..... 37

Tarasenko A. A., Zonov A. A., Romanchuk A. Yu. Assessment of the digression degree of natural complexes in the area of planned ecological routes of the Vishtynets National Park..... 50

Akhmaeva E. E., Prituzhalova O. A. Methodology of selection and justification of natural based solutions in the agricultural sector..... 69

Korshuk E. V. Environmental issues in the state media of the Republic of Belarus 89

Biology, biotechnology and ecology

Babicheva O. O., Abramenko I. M., Golubev A. M., Karpunina L. V. Influence of the polysaccharide from *Pleurotus ostreatus* P-88 on rhizogenesis processes in stone fruit cultivars *Prunus persica* (L.) Batsch 101

Kuzmenko V. S., Ivashov A. V. Ne ctar productivity of *Salvia sclarea* flowers as a honey resource for *Apis mellifera* in Crimea 112

УДК: 338.48:004.89:711.4

Е. Г. Кропинова, В. С. Казимирченко

**РОЛЬ ТРАНСПОРТА В РАЗВИТИИ КАЛИНИНГРАДСКОГО
ТУРИЗМА НА ПРИМЕРЕ ЯНТАРНОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА**

5

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

Поступила в редакцию 18.02.2026 г.

Принята к публикации 15.04.2026 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-1

Для цитирования: Кропинова Е. Г., Казимирченко В. С. Роль транспорта в развитии калининградского туризма на примере Янтарного городского округа // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные науки. 2026. №3. С. 5—24. doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-1.

Янтарный городской округ занимает особое место в туристическом кластере Калининградской области. Ключевыми особенностями территории являются широкие и благоустроенные пляжи вдоль побережья Балтийского моря, уникальный дендропарк, ряд исторических зданий, музеев, янтарный комбинат, добывающий полудрагоценный камень янтарь карьерным способом. Одной из ключевых проблем остается географическое положение округа, который имеет лишь автомобильное сообщение по региональным дорогам, часто загруженным в туристический сезон; железнодорожное сообщение, существовавшее до 1990-х гг., упразднено. Актуальна разработка концепции по улучшению транспортной доступности с целью популяризации среди туристов и местных жителей пляжей и достопримечательностей муниципального образования «Янтарный городской округ», а также повышения инвестиционной привлекательности строительства и развития средств размещения в данной локации. Авторами разработаны варианты более быстрых маршрутов автобусного сообщения между популярными среди туристов курортными городами, включая Янтарный. Предложены автобусные экспресс-маршруты из курортных городов Светлогорска и Зеленоградска с брендированным оформлением, увеличенной частотой движения. Впервые на научной основе предлагается решение проблемы транспортной доступности Янтарного городского округа посредством транспортировки пассажиров по единому согласованному расписанию с использованием двух и более видов транспорта. Предложенные новации позволят оптимизировать организацию туристического пространства и могут быть использованы для других приморских территорий со схожими проблемами.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура, пространственная организация туризма, Янтарный городской округ, мультимодальные маршруты, Калининградская область



Введение

Под транспортной составляющей туризма в данной статье будем понимать функционирование и взаимодействие между видами транспорта, путями и терминалами, которые поддерживают туристские курорты с точки зрения пассажиропотока в направлении и из пунктов назначения, а также предоставление соединительных видов транспорта в регионе, генерирующем туризм. Развитие туристского транспорта обусловлено наличием соответствующих транспортных средств: дорог, автомагистралей, железнодорожных линий, станций, автовокзалов, речных и морских портов, аэропортов. Современный уровень туризма достигнут во многом благодаря модернизации различных видов транспорта и транспортных средств. Технологический прогресс способствовал включению в сферу туризма ресурсов, находящихся на значительных расстояниях от туристских центров, или преодолению некоторых естественных препятствий [12; 14; 17].

В Калининградской области туризм является одной из самых быстрорастущих отраслей экономики. Стратегическое развитие туризма в регионе соотносится с федеральной стратегией развития отрасли до 2035 г. и предполагает фокусирование усилий и концентрацию поддержки государства на территории Калининградской области, обладающей большим туристским потенциалом для создания конкурентоспособных туристских продуктов [18]. Развитию туризма способствует создаваемая в регионе обеспечивающая инфраструктура: существует развитая сеть автомагистралей, в пригородных и приморских направлениях ходят подвижные железнодорожные составы нового поколения, реконструирован международный аэропорт «Храброво» [2].

Муниципальное образование «Янтарный городской округ» (далее — Янтарный) занимает особое место в туристическом кластере региона. Ключевой особенностью округа являются широкие и благоустроенные пляжи вдоль побережья Балтийского моря, парк имени Морица Беккера, ряд исторических зданий, музеев, янтарный комбинат, добывающий полудрагоценный камень янтарь карьерным способом [5; 6]. В географии миграционных потоков Янтарного городского округа А. В. Лялиной выявлена «ориентация на межрегиональный обмен». При этом указано, что для Янтарного городского округа так же как и для ряда других приморских муниципалитетов (Балтийского и Пионерского городских округов), следует отметить влияние морского фактора: «иммиграция из регионов России полностью компенсирует внутрирегиональный отток» [7, с. 7]. Интерес к Янтарному со стороны, как самих калининградцев, так и туристов из других регионов России обусловлен развитием лечебно-оздоровительного туризма, прежде всего, его пляжной разновидности [10]. Рост туристического потока в регион в целом и в Янтарный в частности подтверждается статистическими данными увеличения числа принятых туристов по муниципальным образованиям Калининградской области [19].

При этом составленный региональными экспертами портрет потребителя туристских услуг муниципального образования «Янтарный городской округ» показал, что, «несмотря на высокий туристский по-



тенциал территории, в настоящий момент основной категорией туристов и посетителей Янтарного городского округа являются внутренние туристы и однодневные рекреанты Калининградской области, которые приезжают в муниципалитет на короткий срок, а также туристы из других регионов Российской Федерации и ближайшего зарубежья, посещающие регион в летний сезон» [11, с. 8]. Это также подтверждает значимость регулирования транспортных потоков с учетом сезонности.

В течение последних лет относительно дальнейшего развития Янтарного обсуждается несколько проектов. Так, например, в стадии реализации находится проект по созданию круглогодичного курорта «Белая дюна», что было поддержано федеральным Министерством экономического развития. Архитектурный конкурс был проведен по заданию АО «Корпорация развития Калининградской области» в 2025 г. Создание туристического кластера «Белая дюна» по существу означает строительство нового города с высоким уровнем функциональной насыщенности, современной архитектурой и населением более 40 тыс. человек. В проекте предусмотрено создание в границах туристско-рекреационного кластера южнее Янтарного 1685 парковочных мест для отелей на все 479,1 га территории, но нет информации о планах по развитию общественного транспорта, в том числе, об использовании нового участка Приморского кольца, строительство которого должно быть завершено в 2028 г. [9].

Одной из ключевых проблем Янтарного остается транспортная доступность округа, который имеет лишь автомобильное сообщение по региональным дорогам, часто загруженным в высокий туристический сезон. Актуальность темы исследования обусловлена тем, что Янтарный, несмотря на высокий туристический потенциал, испытывает инфраструктурные ограничения, сдерживающие его развитие как массового курорта.

Цель исследования — определение роли транспорта и перспектив мультимодальным туристических маршрутов в развитии калининградского туризма на примере Янтарного.

Научная новизна исследования. Изучены факторы и предложены механизмы повышения привлекательности Янтарного для однодневных индивидуальных туристов путем регулирования его транспортной доступности из различных центров концентрации туристов (регионального центра и переполненных курортов Балтийского побережья).

Материалы и методы

В работе использовался метод анализа информации об историческом прошлом, современном состоянии Янтарного на основании архивных материалов, официальных статистических данных. Сведения о транспортной доступности округа были обобщены согласно официальным данным Министерства инфраструктуры Калининградской области, сайтов муниципальных образований и геоинформационных сервисов.

Для визуализации предложений по корректировке существующей маршрутной сети был применен метод моделирования, основанный на использовании картографических данных путем нанесения спроектированных маршрутов на региональную карту Калининградской обла-



сти. Используя математические расчеты, были получены данные о средней скорости движения, стоимости перевозки 1 пассажира на 1 км пути по существующим маршрутам, времени в пути и стоимости перевозки по предлагаемым маршрутам. Номер маршрута, наименование, пункт отправления, пункт прибытия, протяженность маршрута взяты из реестра межмуниципальных маршрутов регулярных перевозок автомобильным транспортом в границах Калининградской области [16]. Время в пути было определено путем анализа расписания автобусных маршрутов на сайте автовокзала Калининграда [15]. Средняя скорость движения автобуса получена путем деления общей протяженности маршрута (от пункта отправления до пункта прибытия) на время в пути без учета затрат времени на пересадку. Стоимость проезда от пункта отправления до пункта прибытия получена на информационном ресурсе Калининградского автовокзала [15]. Стоимость проезда за 1 км рассчитана путем деления стоимости проезда на протяженность маршрута, что является базовой величиной, на основе которой рассчитывается экономически обоснованная стоимость перевозки одного пассажира [8].

Картосхемы существующих маршрутов были воспроизведены авторами с использованием портала 2ГИС. Предлагаемые маршруты были построены авторами с помощью поисково-информационной картографической службы «Яндекс Карты».

Туристический потенциал Янтарного городского округа и состояние его транспортной инфраструктуры

Янтарный богат историческим прошлым. В прошлом пос. Янтарный именовался как прусское поселение Пальмникен (прусское «palwe» — пустошь, безлесное болото), которое впервые упоминалось в документах 1389 г. К основополагающей туристической привлекательности округа относится наличие широкого и благоустроенного песчаного пляжа вдоль побережья Балтийского моря. Он первым в России был удостоен престижной награды «Голубой флаг», что гарантирует туристам соответствие мировым стандартам чистоты воды и безопасности побережья. Более 300 м чистой линии пляжа оборудовано для комфортного отдыха: кафе, террасы для принятия пищи и напитков: доступна аренда лежаков и шезлонгов, платная парковка для автомобилей, действуют общественные туалетные кабины [5].

Особой популярностью у гостей округа пользуется парк имени Морица Беккера. Этот памятник садово-паркового искусства был заложен 21 мая 1881 г. немецким промышленником и «янтарным королем» М. Беккером. Туристическая привлекательность парка обусловлена его уникальной дендрологической коллекцией: здесь произрастают редкие виды деревьев, привезенные из разных уголков света, включая Северную Америку и Японию. Парк гармонично переходит в широкий променад, соединяя историческое наследие с морским пейзажем [5].

Архитектурной доминантой Янтарного является бывшая евангелическая кирха Пальмникена (1887—1892), ныне действующий храм Казанской иконы Божьей Матери. Здание привлекает внимание ценителей



истории своей неоготической архитектурой: оно выполнено из валунов и фигурного кирпича, представляет собой уменьшенную копию капеллы ныне не существующего дворца Монбизу в Берлине.

Познавательный туризм округа также представлен музейно-выставочным комплексом «Янтарный замок», расположенным в здании крепости XIV в. Музей привлекает туристов возможностью погрузиться в историю добычи и обработки камня, осмотреть коллекции антикварной посуды, посетить пыточную камеру в подземелье, что создает эффект полного погружения в атмосферу средневекового Пальмникена [5].

Помимо природной составляющей, экономическую и туристическую уникальность территории определяет АО «Калининградский янтарный комбинат», созданный в 1947 г. на базе Кенигсбергской янтарной фабрики, входившей во времена Восточной Пруссии в состав Государственной янтарной мануфактуры. Калининградский янтарный комбинат — единственное в мире предприятие, ведущее промышленную добычу янтаря открытым карьерным способом и контролирующее около 90 % разведанных мировых запасов «солнечного камня». Комбинат является не только промышленным гигантом, но и важным объектом промышленного туризма, предлагая посетителям возможность увидеть процесс добычи со смотровой площадки и посетить интерактивные выставочные залы [6].

Гостиничный сектор Янтарного характеризуется сбалансированностью и представлен объектами различной категории комфортности: от бюджетных вариантов размещения (отель «Беккер», апартаменты «40153», гостиничный комплекс «Аквамарин», гостиница «Акватория») до пятизвездочных отелей («Шлосс Янтарный», «TESERA APART-HOTEL & SPA»). Это позволяет охватить широкий спектр целевой аудитории, обеспечивает доступность курорта для массового туриста и семейного отдыха.

Исторически Янтарный был одним из самых труднодоступных приморских муниципалитетов, но в настоящее время округ активно интегрируется в общую транспортную сеть региона. В немецкий период (конец XIX — первая половина XX в.) Пальмникен обладал высокой транспортной доступностью, обусловленной промышленным значением поселка как центра добычи янтаря. Ключевым драйвером развития стало открытие в конце XIX в. (1880-е гг.) железнодорожной ветки, соединившей Пальмникен с Фишхаузенем (ныне Приморск) и далее с Кенигсбергом. Железная дорога обслуживала не только вывоз сырья (янтаря), но и активный пассажиропоток, так как Пальмникен уже тогда позиционировался как морской курорт. Наличие регулярного железнодорожного сообщения позволяло туристам беспрепятственно добираться до побережья, что способствовало формированию развитой курортной инфраструктуры [5].

В соответствии с Указом Президиума Верховного Совета РСФСР «Об административно-территориальном устройстве Калининградской области» 25 июля 1947 г. пос. Пальмникен был переименован в Янтарный. В советское время приоритет был смещен в сторону промышленной функции поселка в связи с функционированием Калининградского янтарного комбината. Железнодорожная ветка на Янтарный была



сохранена, но использовалась преимущественно для грузового трафика янтарного комбината. Это решение заложило фундамент для текущего инфраструктурного дисбаланса: Янтарный и окрестности остались на тепловозной тяге, а пассажирское сообщение развивалось там по остаточному принципу, уступая место автобусным перевозкам [4; 5].

В настоящее время в округе предусмотрено масштабное дорожное строительство: в направлении к северу от пос. Синявино — прокладка 18,7 км улично-дорожной сети, в южном направлении, в пос. Покровском, запланировано обустроить еще 9,6 км дорог. В Янтарном может появиться пешеходная зона от ул. Советской до пляжной зоны. К 2030 г. из Светлогорска до Янтарного должен дойти кольцевой маршрут Приморской рекреационной зоны, представляющий собой скоростную автомобильную дорогу федерального значения, которая свяжет Калининград, приморские курорты Светлогорск, Пионерский, Зеленоградск, международный аэропорт Храброво, а также г. Балтийск и Светлый [1].

Результаты и обсуждение

В основу проекта развития Янтарного нами была положена концепция городских агломераций, зависящих от транспортной инфраструктуры [3]. В структуру рассматриваемой агломерации входят такие городские округа, как Пионерский, Светлогорский и Янтарный, а также Зеленоградский муниципальный округ, в которых основную туристическую привлекательность составляют г. Светлогорск, Зеленоградск, Пионерский и поселок городского типа Янтарный.

К самым посещаемым приморским городам относятся Светлогорск и Зеленоградск. В частности, за летний сезон 2025 г. число бронирований в Зеленоградске и Светлогорске увеличилось в полтора раза по сравнению с прошлым сезоном. При этом спрос на поездки в Зеленоградск и Светлогорск обогнал многие популярные курортные города других регионов страны с населением до 50 тыс. человек. Так, например, в 2025 г., по приблизительным подсчетам, туристический поток в Зеленоградск составил 4 млн человек. В Пионерском в 2025 г. число туристов составило 980 тыс. человек, что почти в 100 раз превысило население города, в котором проживает чуть более 12 тыс. человек. Янтарный с января до конца сентября 2025 г. посетили 750 600 гостей (по сравнению с аналогичным периодом прошлого года количество туристов сократилось на 47 100 человек) [19].

Стратегия развития приморской агломерации может базироваться на принципе функционального зонирования, позволяющего «распределить роли» между туристическими городами побережья. Это дает возможность избежать избыточной конкуренции за один и тот же туристический сегмент и сформировать взаимодополняющий рынок.

В рамках этой модели Зеленоградск может позиционироваться как «входные ворота» агломерации, ориентированные на широкий сегмент потребителей и быстрый транзит благодаря близости к аэропорту. Город Светлогорск может быть трансформирован в культурно-деловой хаб, специализирующийся на санаторно-курортном лечении и деловом туризме (организация конференций, выставок, деловых встреч). Янтар-



ный берет на себя роль центра экологического отдыха (помимо пляжного отдыха предполагаются иные виды, например на оз. Синявино) и промышленного туризма (используется потенциал янтарного комбината). Пионерский становится логистическим центром в связи с наличием порта, более бюджетной альтернативой размещения туристов в сочетании с возможностью пляжного отдыха на балтийском побережье.

К одной из ключевых проблем развития Янтарного и увеличения туристического потока относятся ограниченные возможности существующей транспортной инфраструктуры из-за неудовлетворительной пропускной способности основных подъездных путей, особенно в пиковый летний сезон. Учитывая географическое положение округа как «тупиковой» точки на побережье, основная нагрузка ложится на автомобильную дорогу регионального значения. В периоды массового притока туристов это приводит к образованию многокилометровых заторов, которые блокируют не только частный транспорт, но и нарушают график движения регулярных автобусных рейсов, связывающих пос. Янтарный с Калининградом и соседними муниципалитетами.

В летний сезон улично-дорожная сеть Янтарного не справляется с пиковыми нагрузками, что приводит к дефициту парковочных мест. Историческая планировка Янтарного не была рассчитана на современные объемы автомобилизации. В результате в летние месяцы наблюдается стихийная парковка на обочинах, в жилых дворах и даже в границах водоохраных зон. Это не только ухудшает эстетический облик курорта, но и создает прямую угрозу безопасности: заставленные автомобилями узкие улицы препятствуют проезду спецтехники, включая машины скорой помощи и пожарные расчеты. Отсутствие современных перехватывающих парковок на въезде в городской округ вынуждает весь поток транспорта концентрироваться в историческом центре и вблизи спусков к пляжам.

Не менее значимой проблемой для Янтарного является отсутствие железнодорожного сообщения (в отличие от других приморских городов): железнодорожные пути на участке от Светлогорска до Янтарного были разобраны. Рядом экспертов неоднократно поднимается вопрос о целесообразности восстановления железнодорожного сообщения [9], однако из-за высоких финансовых затрат проблема не решается. Это ставит округ в прямую зависимость от автомобильного транспорта и ограничивает возможности мобильности для тех категорий граждан, которые предпочитают рельсовый транспорт.

Отсутствие альтернативы в виде железнодорожного сообщения делает доступность курорта зависимой от дорожной ситуации на трассах и погодных условий. Основная транспортная связь ориентирована на Калининград и, в меньшей степени, на соседние прибрежные муниципалитеты. Автомобильное сообщение — доминирующий и, по сути, единственный вид транспорта для пассажирских и грузовых перевозок. Главная дорога — трасса 27А-013, которая соединяет Янтарный с Калининградом. Скоростная трасса А-217 «Приморское кольцо» до Янтарного пока не достроена, поэтому добраться можно только по региональным дорогам [21].



Следует подчеркнуть, что из аэропорта «Храброво» в Янтарный туристы могут добраться с помощью такси или каршеринга, что незначительно снижает привлекательность округа в связи с отсутствием альтернативного общественного транспорта. Связь Янтарного с областным центром существует, но, несмотря на наличие прямых маршрутов до Калининграда, интервалы движения в межсезонье остаются значительными. Кроме того, недостаточно развита внутримunicipальная связность: сообщение между центром Янтарного и отдаленными микрорайонами (например, пос. Синявино) осуществляется с перебоями, что создает неудобства для местных жителей в их повседневных трудовых миграциях.

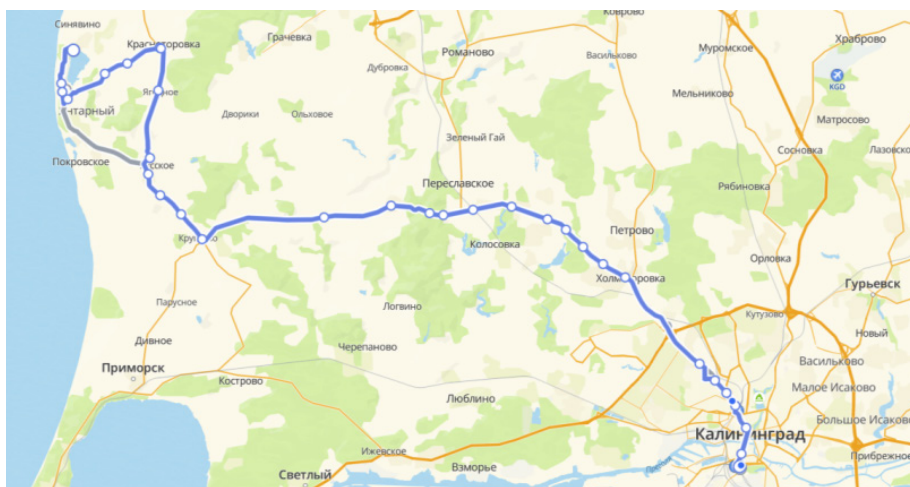
Одним из возможных векторов развития транспортной инфраструктуры Янтарного с целью популяризации среди туристов пляжей и достопримечательностей, а также повышения инвестиционной привлекательности строительства и развития средств размещения может послужить концепция «магистральных экспресс-автобусов».

В существующей маршрутной схеме для туристов, приезжающих на отдых в Зеленоградск (наиболее посещаемый и самый близкий к областному центру приморский город-курорт), добраться из аэропорта Храброво до любой из зеленоградских гостиниц можно только посредством такси или каршеринга. Зеленоградск как место отдыха сочетает в себе посещение достопримечательностей, наличие различных мест развлечений и пляжный отдых. Однако на Зеленоградском побережье ограниченное число удобных для отдыха пляжных зон (достаточно широких для соответствующего отдыха), особенно вдоль главного променада. Поэтому привлекательной для туристов будет поездка на широкий пляж в Янтарный. Кроме того, туристы смогут посетить близлежащие достопримечательности, плотность размещения которых высока, что обуславливает высокую экскурсионную емкость и позволяет организовать отдых в течение нескольких дней с остановкой в гостинице.

До Янтарного курсируют два автобусных маршрута: №120 и 587. Протяженность маршрута №120 (Калининград — пос. Синявино) составляет 52,9 км. Он единственный связывает пос. Янтарный с областным центром. Маршрут проходит через множество поселков, включая Холмогоровку, Переславское, Кумачево, Русское, Красноторовку и конечные остановочные пункты — пос. Янтарный и Синявино. На маршруте курсируют одновременно семь автобусов большого класса, один автобус среднего класса, два автобуса малого класса. Время в пути до конечной точки составляет 1 ч 25 мин при благоприятной ситуации на дороге (рис. 1).

Протяженность маршрута №587 (Зеленоградск — Балтийск) составляет 92 км, что делает его одним из самых протяженных в области. Он связывает курортный север (Зеленоградск, Светлогорск, Пионерский) с западной точкой региона и крупнейшим портом (Балтийск) через Янтарный. Маршрут №587 проходит через центральные курортные города побережья: Балтийск, пос. Приморск, Круглово, Поваровка, Янтарный (три остановочных пункта), Светлогорск, Пионерский, Зеленоградск. На маршруте курсируют два автобуса большого класса, один автобус

среднего класса. Время в пути до конечной точки (Зеленоградск) составляет 2 ч 50 мин при благоприятной ситуации на дороге, до Янтарного — 1 ч 35 мин (рис. 2).



13

Рис. 1. Трасса автобусного маршрута № 120
«Калининград — Янтарный — Синавино»

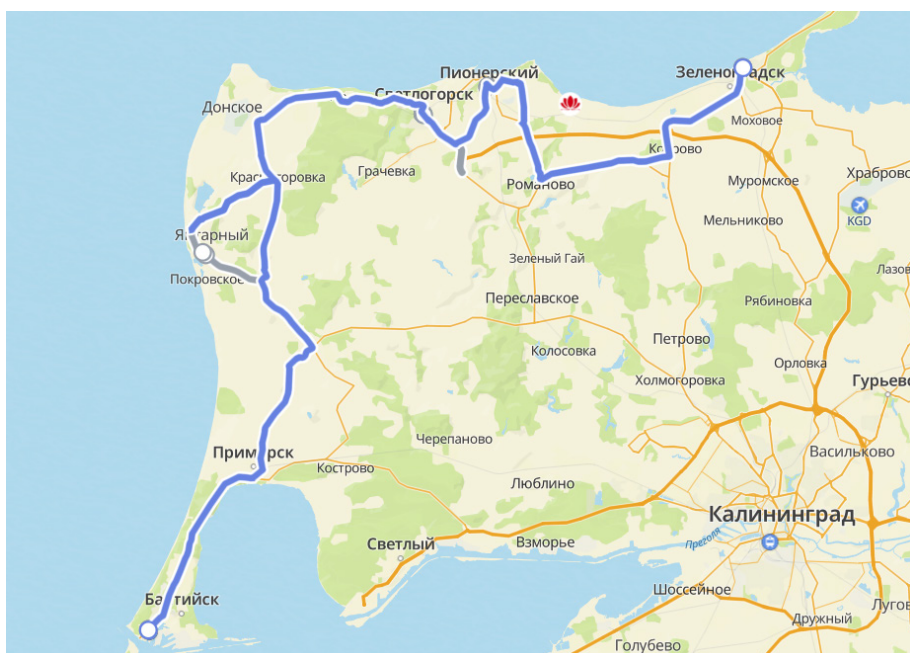


Рис. 2. Трасса автобусного маршрута № 587
«Зеленоградск — Янтарный — Балтийск»

Нами разработаны два варианта экспресс-маршрутов, следующих из аэропорта «Храброво» в города на побережье и пос. Янтарный. Пред-



лагается использовать брендированный яркий окрас автобусов, чтобы привлечь внимание и обозначить уникальность, а также ввести простую и понятную нумерацию.

Первый вариант экспресс-маршрутов представлен на рисунке 3.

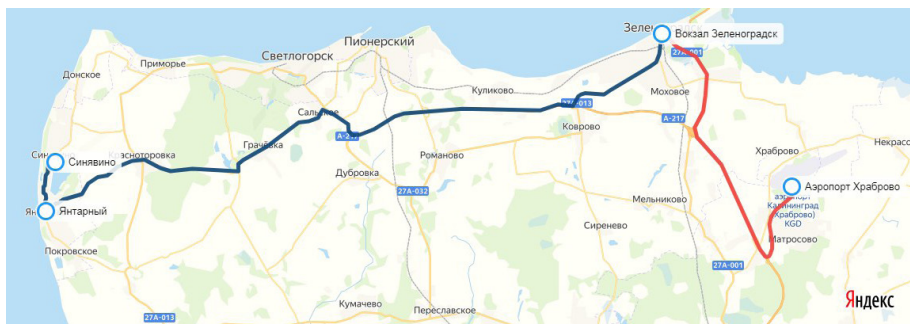


Рис. 3. Первый вариант экспресс-маршрутов (А-1, Е-1)

Корректировка существующей маршрутной сети включает следующие предложения:

1. Введение прямого автобусного маршрута (А-1) из аэропорта Храброво до автовокзала Зеленоградска, протяженность которого составит 20 и 21,5 км – в обратном направлении.

2. Использование брендированных экспресс-автобусов от Зеленоградска до Янтарного (например, Е-1) протяженностью 47 км с остановками в центре Янтарного, у Морской набережной и конечной остановкой в пос. Синявино.

Второй вариант разработки экспресс-маршрутов представлен на рисунке 4.

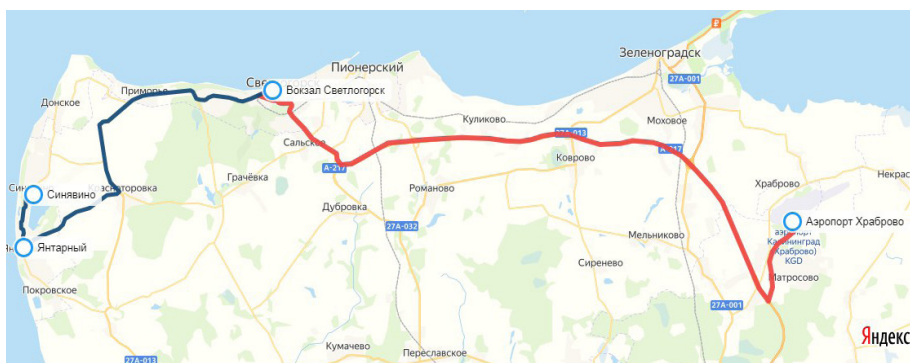


Рис. 4. Второй вариант разработки экспресс-маршрутов (А-2, Е-2)

В существующей маршрутной схеме для туристов, приезжающих на отдых в Светлогорск, добраться из аэропорта Храброво до гостиницы можно только с помощью такси или каршеринга. Светлогорск как место отдыха сочетает в себе посещение достопримечательностей и наличие различных мест развлечений. Пляжный отдых в Светлогорске отсутству-



ет в связи с затянувшейся реконструкцией променада и формированием пляжных зон посредством намыва морского песка. Таким образом, пляж Янтарного — один из вариантов для пляжного отдыха туристов, разместившихся в Светлогорске как в основной локации.

Из Светлогорска до Янтарного курсируют те же автобусные маршруты (№582, 587), что и из Зеленоградска. Время в пути от Светлогорска до конечной точки в Янтарном составляет 46 мин, из Янтарного в Светлогорск — 35 мин при благоприятной ситуации на дороге.

Время в пути по автобусному маршруту №587 (Зеленоградск — Балтийск) от Светлогорска до конечной точки в Янтарном составляет 31 мин, из Янтарного в Светлогорск — 35 мин при благоприятной ситуации на дороге.

Корректировка существующей маршрутной сети включает следующие предложения:

1. Введение прямого автобусного маршрута из аэропорта Храброво до железнодорожного вокзала Светлогорска (А-2), протяженность которого составит 39 и 42 км — в обратном направлении.

2. Использование брендированных экспресс-автобусов от железнодорожного вокзала Светлогорска до Янтарного (Е-2) протяженностью 24 км с остановками в микрорайоне Отрадное, в центре Янтарного, у Морской набережной и конечной остановкой в пос. Синявино.

Нами была проанализирована экономическая составляющая существующих автобусных маршрутов, связывающих областной центр с аэропортом, приморскими городами и Янтарным. Проведен расчет потенциальной стоимости перевозки пассажиров по предлагаемым маршрутам (табл. 1).

Рассчитаны возможные маршруты движения из аэропорта Храброво с учетом существующей маршрутной сети и возможные точки пересадки. Исходя из того, что большая часть предлагаемых маршрутов проходит по Приморскому кольцу, средняя скорость движения принята равной скорости движения маршрута 244Э (Аэропорт Храброво — Калининград) на участке до въезда в Калининград и составляет 72,80 км/ч.

По состоянию на март 2026 г. участок Приморского кольца от поворота на Светлогорск до поворота на Янтарный находится в стадии строительства. На основании этого средняя скорость по предлагаемому маршруту Е-2 (Светлогорск — Янтарный) принята равной скорости движения по существующему маршруту Аэропорт Храброво — Калининград — Светлогорск (244Э, 118; 244Э, 118А) и составляет 35,52 км/ч. Время в пути на предлагаемых маршрутах рассчитано путем деления протяженности на среднюю скорость движения на маршруте [13].

В соответствии с пунктом 4 Методических рекомендаций по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования «экономически обоснованная стоимость 1 км пробега пассажирского транспортного средства является базовой величиной, на основе которой рассчитывается экономически обоснованная стоимость перевозки одного пассажира» [8].



Таблица 1

Экономическая оценка существующих и предлагаемых маршрутов

Тип маршрута (существующий / предлагаемый)	Номер маршрута	Наименование маршрута	Пункт отправле- ния	Пункт прибытия	Протяженность маршрута, км	Время в пути, мин	Средняя скорость движения автобуса, км/ч	Стоимость проезда, руб.	Стоимость проезда за километр пути, руб.	Примечание
Существующий	244Э	Аэропорт Храброво – Калининград	Аэропорт	Остановка БСМП (первая остановка в городе)	18,2	15	72,8	180,00	9,89	Протяженность маршрута и время в пути указаны до остановки БСМП
Существующий	244Э, 140	Аэропорт Храброво – Калининград – Зеленоградск	Аэропорт	Зеленоградск	46,0	64	43,1	339,00	7,37	Время в пути указано без учета времени на пересадку
Существующий	244Э, 141	Аэропорт Храброво – Калининград – Зеленоградск	Аэропорт	Зеленоградск	54,4	94	34,7	339,00	6,23	Время в пути указано без учета времени на пересадку
Существующий	244Э, 114	Аэропорт Храброво – Калининград – Зеленоградск	Аэропорт	Зеленоградск	47,0	64	44,1	339,00	7,21	Время в пути указано без учета времени на пересадку
Существующий	244Э, 114А	Аэропорт Храброво – Калининград – Зеленоградск	Аэропорт	Зеленоградск	47,0	64	44,1	339,00	7,21	Время в пути указано без учета времени на пересадку



Существующий	244Э, 118	Аэропорт Храброво – Калининград – Светлогорск	Аэропорт	Светлогорск	59,2	100	35,5	368,00	6,22	Время в пути указано без учета времени на пересадку
Существующий	244Э, 118А	Аэропорт Храброво – Калининград – Светлогорск	Аэропорт	Светлогорск	59,2	100	35,5	368,00	6,22	Время в пути указано без учета времени на пересадку
Существующий	244Э, 120	Аэропорт Храброво – Калининград – Янтарный	Аэропорт	Янтарный	66,4	100	39,8	410,00	6,17	Время в пути указано без учета времени на пересадку
Существующий	587	Зеленоградск – Янтарный	Зелено- градск	Янтарный	60,0	95	37,9	273,00	4,55	–
Существующий	587	Светлогорск – Янтарный	Светло- горск	Янтарный	20,4	28	43,7	108,00	5,29	–
Предлагаемый	А-1	Аэропорт Храброво – Зеленоградск	Аэропорт	Зеленоградск	21,5	18	72,8	158,46	7,37	–
Предлагаемый	А-2	Аэропорт Храброво – Светлогорск	Аэропорт	Светлогорск	42,0	35	72,8	261,24	6,22	–
Предлагаемый	Е-1	Зеленоградск – Янтарный – Синявино	Зелено- градск	Синявино	47,0	39	72,8	213,85	4,55	–
Предлагаемый	Е-2	Светлогорск – Янтарный – Синявино	Светло- горск	Синявино	24,0	41	35,5	126,96	5,29	–
Предлагаемый	А-1, Е-1	Аэропорт Храброво – Зеленоградск – Янтарный – Синявино	Аэропорт	Синявино	68,5	56	72,8	372,31	5,44	Время в пути указано без учета времени на пересадку
Предлагаемый	А-2, Е-2	Аэропорт Храброво – Светлогорск – Янтарный – Синявино	Аэропорт	Синявино	65,0	54	72,8	388,20	5,97	Время в пути указано без учета времени на пересадку



В таблице 1 для каждого существующего маршрута рассчитана стоимость одного километра пробега пассажирского транспортного средства (автобуса). С учетом того, что тарифы на маршрутах определены по результатам конкурсов и утверждены приказом Службы по государственному регулированию цен и тарифов Калининградской области [8], полученная величина стоимости 1 км пробега пассажирского транспортного средства может быть принята в качестве экономически обоснованной стоимости.

Для предлагаемых маршрутов: № А-1, А-2, Е-1, Е-2 — стоимость 1 км пробега принята равной стоимости 1 км пробега по существующему аналогичному маршруту. Общая стоимость перевозки по маршруту рассчитана как произведение стоимости 1 км пробега и протяженности маршрута в километрах.

Общая стоимость перевозки пассажира по маршруту № А-1, Е-1 рассчитана как сумма стоимости перевозки по маршрутам № А-1 и Е-1. Стоимость 1 км пробега пассажирского транспортного средства (автобуса) по маршруту № А-1, Е-1 определена как частное от деления общей стоимости перевозки по маршруту на полную протяженность маршрута в одном направлении и составляет 5,44 руб./км.

Аналогичным образом определены общая стоимость перевозки пассажира и стоимость 1 км пробега маршруту № А-2, Е-2, которые составляют 388,20 руб. и 5,97 руб./км соответственно.

Проведен сравнительный анализ технико-экономических показателей предлагаемых маршрутов относительно аналогичных существующих маршрутов (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительный анализ технико-экономических показателей предлагаемых маршрутов относительно аналогичных существующих маршрутов

Наименование маршрута	Пункт отправления	Пункт прибытия	Существующий			Предлагаемый			Относительное отклонение, %		
			Протяженность маршрута, км	Время в пути, мин	Стоимость проезда, руб.	Протяженность маршрута, км	Время в пути, мин	Стоимость проезда, руб.	Протяженность маршрута	Время в пути	Стоимость проезда
Аэропорт Храброво — Зеленоградск	Аэропорт	Зеленоградск	46,0	64	339,00	21,5	18	158,46	-53	-72	-53
Аэропорт Храброво — Светлогорск	Аэропорт	Светлогорск	59,2	100	368,00	42,0	35	261,24	-29	-65	-29



Наименование маршрута	Пункт отправления	Пункт прибытия	Существующий			Предлагаемый			Относительное отклонение, %		
			Протяженность маршрута, км	Время в пути, мин	Стоимость проезда, руб.	Протяженность маршрута, км	Время в пути, мин	Стоимость проезда, руб.	Протяженность маршрута	Время в пути	Стоимость проезда
Аэропорт Храброво — Янтарный / Синявино	Аэропорт	Янтарный / Синявино	66,4	100	410,00	65,0	54	388,20	-2	-46	-5
Зеленоградск — Янтарный / Синявино	Зеленоградск	Янтарный / Синявино	60,0	95	273,00	47,0	39	213,85	-22	-59	-22
Светлогорск — Янтарный / Синявино	Светлогорск	Янтарный / Синявино	20,4	28	108,00	24,0	41	126,96	18	45	18

Относительное отклонение — это разница между значениями параметров предлагаемых и существующих маршрутов, выраженная в процентах от значений существующих маршрутов.

В предлагаемых маршрутах до Янтарного увеличена протяженность из-за добавления одного остановочного пункта — Синявино. Поэтому при сравнении параметров принято допущение о равнозначности маршрутов.

На маршрутах Аэропорт Храброво — Зеленоградск, Аэропорт Храброво — Светлогорск, Зеленоградск — Янтарный / Синявино выявлено существенное сокращение протяженности, времени в пути и стоимости проезда.

На маршруте Аэропорт Храброво — Янтарный / Синявино выявлено существенное сокращение времени в пути. Протяженность маршрута и стоимость проезда сократились незначительно.

На маршруте Светлогорск — Янтарный / Синявино выявлено существенное увеличение показателей, что может характеризовать его как малоперспективный.

Другим вектором трансформации транспортной инфраструктуры Янтарного может быть создание железнодорожной альтернативы Приморского кольца (по принципу Московского центрального кольца) как отход от тупиковых маршрутов в пользу сквозных радиусов. В контексте Балтийского побережья это означает восстановление и электрификацию железнодорожной ветки на Янтарный не по маршруту «Калинин-



град — Янтарный», а по вектору «Калининград — Приморск — Янтарный — Светлогорск — Зеленоградск — Храброво — Калининград». Такая конфигурация превратит Янтарный из «тупика» в транзитный узел, связывающий западную и северную части области без обязательного заезда в областной центр.

Ключевым технологическим решением разработки железнодорожной альтернативы Приморского кольца может быть внедрение тактового движения пригородных поездов (интервал 15–20 мин), что фактически сформирует «наземное метро».

Решением проблемы транспортной доступности Янтарного может стать внедрение перевозки пассажиров по единому согласованному расписанию с использованием двух и более видов транспорта. Опираясь на московский стандарт обустройства транспортно-пересадочного узла (например, ТПУ «Нижегородская») [20], в Янтарном необходимо проектирование единого хаба, объединяющего железнодорожную платформу, автовокзал и перехватывающую парковку.

Возможной комбинацией может быть маршрут «электропоезд+шаттл». Учитывая наличие железнодорожных веток до Светлогорска и Зеленоградска, можно организовать стыковочные рейсы. Турист покупает единый билет, прибывает на скоростном электропоезде в Светлогорск или Зеленоградск, где его уже ожидает комфортабельный брендированный автобус-шаттл, следующий экспрессом до центра Янтарного. При этом можно согласовать единый билет с отелями Янтарного, чтобы он включал дополнительную опцию — доставку до стойки регистрации.

На примере методики «Последняя миля», успешно апробированной в Москве, возможно создание перехватывающих хабов на въездах в города. Ограничение движения личного транспорта компенсируется развитием микромобильности. Например, в пос. Покровское, располагающемся в 3 км от центра муниципального образования Янтарный, можно создать перехватывающие парковки с достаточным количеством машино-мест, от которых будет организован трансфер посредством комфортного общественного транспорта, что позволит освободить исторический центр от личных средств передвижения туристов. Таким образом, использование адаптированного опыта столичного региона позволяет приморской агломерации перейти от модели «конкурирующих курортов» к модели «единого линейного города».

Выводы

Развитие туристского транспорта любого региона обусловлено наличием соответствующих транспортных средств: дорог, автомагистралей, железнодорожных линий, станций, автовокзалов, речных и морских портов, аэропортов. Транспортная система в Калининградской области характеризуется достаточно высоким уровнем, что обеспечивает ежегодный поток туристов. Янтарный занимает особое место в туристическом кластере региона. Ключевыми особенностями городского округа являются доступный, комфортный пляжный отдых и ряд достоприме-



чательностей. Гостиничный сектор Янтарного характеризуется сбалансированностью, представлен объектами различных категорий: от бюджетных вариантов размещения до пятизвездочных отелей. Проблемой остается транспортная доступность округа для туристов. Разработанные автобусные экспресс-маршруты из основной точки прибытия туристов (аэропорт) в популярные курортные города: Светлогорск, Зеленоградск и далее в Янтарный — позволят совершать более быстрые и комфортные однодневные поездки или обеспечивать длительное пребывание в округе. Согласно проведенным расчетам, предлагаемые нами маршруты имеют экономическую перспективу внедрения, так как сокращают время в пути и имеют более низкую стоимость перевозки пассажиров относительно существующих маршрутов. На маршрутах Аэропорт Храброво — Зеленоградск, Аэропорт Храброво — Светлогорск, Зеленоградск — Янтарный / Синявино сокращение протяженности маршрутов составляет от 22 до 53 %, сокращение времени в пути — от 59 до 72 %, а прогнозируемое уменьшение стоимости проезда — от 22 до 53 % относительно аналогичных существующих маршрутов. Альтернативным решением проблемы транспортной доступности Янтарного может стать внедрение транспортировки пассажиров по единому согласованному расписанию с использованием двух и более видов транспорта. Данные новации закладывают основу для формирования единого транспортного кольца вокруг приморских городов и Калининграда, сокращая время поездок и повышая привлекательность отдаленных населенных пунктов для туристов. Такие изменения в транспортной сети позволяют оптимизировать себестоимость организации транспортного сообщения.

Список литературы

1. *Генеральный план муниципального образования «Янтарный городской округ» Калининградской области* : утв. Постановлением Правительства Калининградской области от 23.06.2021 г. № 370. URL: <https://gov39.ru/vlast/agency/aggradostroenie/zip/territory/yantarnyy-go> (дата обращения: 16.12.2025).
2. Гуменюк И. С., Самусенко Д. Н. Анализ влияния транспортного фактора на инвестиционную конкурентоспособность приморских регионов европейской части России // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2019. № 4. С. 21 — 34. EDN: YYCWPK.
3. Гуменюк И. С., Гуменюк Л. Г. Транспортная обеспеченность сельских населенных пунктов // Повышение ценности сельской местности в России: опыт и пути внедрения социальных инноваций в Калининградской области : монография / под ред. Г. М. Федорова. Калининград, 2023. С. 58 — 96.
4. *История поселка городского типа Янтарного*. URL: <https://www.prussia39.ru/geo/hist.php?id=124> (дата обращения: 16.12.2025).
5. *История Янтарного*. URL: <https://yantarny.gov39.ru/turizm/istoriya-yantarnogo-gorodskogo-okuga.php> (дата обращения: 15.12.2025).
6. Костяшова З. В. История Калининградского янтарного комбината. 1947 — 2007. Калининград, 2007.



7. Лялина А. В. Миграционные процессы в приморских муниципалитетах Калининградской области: «агломерационные» эффекты или талассоаттрактивность? // Псковский регионологический журнал. 2021. № 2 (46). С. 58 – 78. doi: 10.37490/S221979310014364-3. EDN: JHOGVX.

8. Методические рекомендации по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/3566> (дата обращения: 30.03.2026).

9. Минэкономразвития поддержало заявку Калининградской области на строительство курорта «Белая Дюна». URL: https://www.economy.gov.ru/material/news/minekonomrazvitiya_podderzhalo_zayavku_kaliningradskoy_oblasti_na_stroitelstvo_kurorta_belaya_dyuna.html (дата обращения: 15.12.2025).

10. Митрофанова А. В., Хильшер В. А. Глава 4. Перспективы развития лечебно-оздоровительного туризма в регионе // Приоритетные направления развития туризма в Калининградской области, 2022. С. 45 – 65. EDN: QYLJUP.

11. Митрофанова А. В., Баландова У. А. Портрет потребителя туристских услуг муниципального образования «Янтарный городской округ» // Псковский регионологический журнал. 2020. № 2 (42). С. 136 – 146. EDN: NLZWHK.

12. Морошкина М. В., Кондратьева С. В. Региональная доступность как фактор развития туристского направления // Регионология. 2021. Т. 29, № 1. С. 60 – 81.

13. О тарифах на перевозки пассажиров и багажа автомобильным транспортом по муниципальным и межмуниципальным маршрутам регулярных перевозок в пригородном и междугородном сообщениях : приказ от 31 мая 2022 г. № 29-01н/22 // Служба по государственному регулированию цен и тарифов Калининградской области». URL: <https://tarif.gov39.ru/> (дата обращения: 30.03.2026).

14. Пшеничных Ю. А., Маслак Е. Н. Роль транспорта в развитии туристического сектора России // Сервис в России и за рубежом. 2024. Т. 18, № 5. С. 112 – 128.

15. Расписание по автовокзалу г. Калининград. URL: <https://avl39.ru/routes/reg/kaliningrad/> (дата обращения: 30.03.2026).

16. Реестр межмуниципальных маршрутов регулярных перевозок автомобильным транспортом в границах Калининградской области // Министерство развития инфраструктуры Калининградской области. URL: <https://infrastruktura.gov39.ru/activity/route-registry/> (дата обращения: 30.03.2026).

17. Саидова Л. И., Какаева М. М., Абдулмажидова Х. А. Роль транспортного обслуживания в развитии индустрии туризма : сб. ст. III Междунар. науч.-практ. конф. Саратов, 2020. С. 98 – 101.

18. Стратегия развития туризма в Российской Федерации на период до 2035 года : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2019 г. № 2129-р.

19. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области. URL: https://39.rosstat.gov.ru/statistical_news/document/135689 (дата обращения: 27.03.2026).

20. ТПУ «Нижегородская» в Москве. URL: <https://prorus.ru/projects/tpu-nizhegorodskaya-v-moskve/> (дата обращения: 16.12.2025).



21. Участок Приморского кольца между подъездами к Светлогорску и Янтарному готов на 90 %. URL: <https://www.newkaliningrad.ru/news/briefs/community/24144168-uchastok-primorskogo-koltsa-mezhdu-podezdami-k-svetlogorsku-i-yantarnomu-gotov-na-90.html> (дата обращения: 18.12.2025).

Об авторе

Елена Геннадиевна Кропинова – д-р геогр. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

ORCID: 0000-0002-6971-7275

SPIN-код: 7410-8432

E-mail: EKropinova@kantiana.ru

23

Владимир Сергеевич Казимирченко – студ., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: vladimir172vk@gmail.com

E. G. Kropinova, V. S. Kazimirchenko

THE ROLE OF TRANSPORT IN THE DEVELOPMENT OF KALININGRAD TOURISM ON THE EXAMPLE OF THE YANTARNY URBAN DISTRICT

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 18 February 2026

Accepted 15 April 2026

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-1

To cite this article: Kropinova E. G., Kazimirchenko V. S., 2026, The role of transport in the development of Kaliningrad tourism on the example of the yantarny urban district, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 5–24. doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-1.

The Yantarny Urban District occupies a distinctive position within the tourism cluster of the Kaliningrad Region. The key features of the area include extensive and well-maintained beaches along the Baltic Sea coast, a unique arboretum, a number of historical buildings and museums, as well as an amber mining and processing plant extracting the semi-precious gemstone amber by open-pit mining. One of the major challenges remains the geographical location of the district, which is accessible only by regional roads frequently congested during the tourist season; the railway connection that existed until the 1990s has been discontinued. There is a pressing need to develop a concept for improving transport accessibility in order to increase the popularity of the beaches and tourist attractions of the Yantarny Urban District among both tourists and local residents, as well as to enhance the investment attractiveness of the construction and development of accommodation facilities in the area. The authors have developed alternative, faster bus routes connecting popular tourist resort towns, including Yantarny. They propose branded express bus services operating from the resort towns of Svetlogorsk and Zelenogradsk, featuring increased service frequency. For the first time, a scien-



tifically grounded solution to the problem of transport accessibility to the Yantarny Urban District is proposed through passenger transportation based on a unified coordinated timetable involving two or more modes of transport. The proposed innovations will optimize the organization of the tourist space and may also be applied to other coastal areas facing similar challenges.

Keywords: transport infrastructure, special tourism development, tourism, Yantarny urban district, multimodal routes, Kaliningrad region

The authors

24

Prof. Elena G. Kropinova, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

ORCID: 0000-0002-6971-7275

E-mail: EKropinova@kantiana.ru

Vladimir S. Kazimirchenko, student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: vladimir172vk@gmail.com

И. В. Закиров, Е. В. Брыгин, Л. А. Заринова

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ И СОЦИАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ПРИСТОЛИЧНОГО ПОЛОЖЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИИ

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Поступила в редакцию 01.04.2026 г.

Принята к публикации 28.05.2026 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-2

Для цитирования: Закиров И. В., Брыгин Е. В., Заринова Л. А. Экономическое и социальное влияние пристольичного положения на развитие территории // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные науки. 2026. №3. С. 25 – 36. doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-2.

Анализируется влияние пристольичного положения на социально-экономическое развитие территорий. Цель исследования – выявление характера этого воздействия, проявляющегося как в стимулировании экономического роста, так и в формировании социальных диспропорций. В работе применена сравнительная методология, основанная на анализе статистических показателей пристольичных районов и их столичных центров. Результаты исследования подтверждают, что пристольичное положение обеспечивает доступ к агломерационным преимуществам, что выражается в более высоких макроэкономических индикаторах, включая уровень заработной платы и показатели валового регионального продукта на душу населения, а также в адаптированной структуре экономики. Установлено, что в пристольичных регионах усиливается специализация на торговле, услугах и обрабатывающих производствах. Однако выявлено, что параллельно обостряются социальные проблемы, в частности, формируется рынок недвижимости с завышенными ценами, углубляется социальное неравенство, наблюдается отставание инфраструктурного развития, рост маятниковой миграции и демографическое напряжение. Подчеркивается двойственный, нелинейный характер развития пристольичных территорий, требующий для минимизации выявленных проблем адресной политики, направленной на диверсификацию экономики и инфраструктурное развитие данных территорий.

Ключевые слова: пристольичные территории, социально-экономическое развитие, региональная экономика, маятниковая миграция, диверсификация экономики

Введение

Пристольичное положение тесно связано с теорией экономико-географического положения и выступает как его составляющая, то есть раскрывает его через близкое расположение к столице с учетом ее экономического и социального значения [12; 13]. В этом качестве оно является



совокупностью пространственных параметров взаимоотношения региона, города, сельского поселения с другими экономико-географическими объектами [14].

Пристоличное положение понимается как специфическое географическое и функциональное состояние территории, граничащей с ареалом, выполняющим столичные функции. Основным аспектом данного положения является интенсивное взаимодействие через общую границу, формирующее особый тип пространственных связей [25].

Феномен пристоличного положения также сопряжен с концепцией «центр-периферия», широко используемой в региональной экономике и общественной географии. В рамках данной концепции пространственное развитие рассматривается как результат неравномерного распределения экономической активности, при котором центры концентрируют капитал, инновации и управленческие функции, тогда как периферийные территории оказываются в зависимом положении. Классические положения этой теории были сформулированы такими исследователями, как Джон Фридман, Вальтер Кристаллер, Торстен Хегерstrand, Франсуа Перру и др., которые обосновали механизмы пространственной концентрации, агломерационных эффектов и диффузии инноваций.

В региональной интерпретации данная концепция позволяет рассматривать пристоличные территории как переходную зону между столицей и периферией, сочетающую признаки обоих типов пространств. С одной стороны, они интегрированы в экономическую основу и получают доступ к ее ресурсам, с другой стороны, они сохраняют черты периферийной зависимости, включая структурные диспропорции и уязвимость к оттоку ресурсов. В современной российской научной литературе перечисленные процессы активно изучаются в рамках исследований региональной дифференциации и агломерационного развития [8].

Актуальность исследования пристоличного положения как фактора социально-экономического развития обусловлена тем, что в современной экономике любая территория функционирует как открытая система. Ее динамика не определяется исключительно внутренними ресурсами; решающее значение приобретают интенсивность и характер внешних связей. В этой системе главный центр концентрации капитала, человеческих ресурсов и управленческих решений формирует для прилегающих территорий среду с набором специфических возможностей и системных ограничений. Изучение данного феномена позволяет не только выявить географические границы столичного влияния, но и количественно оценить эффекты: от стимулирования экономического роста и роста доходов населения до усиления социального неравенства и инфраструктурного дефицита.

Следовательно, пристоличное положение характеризуется двойственностью. С одной стороны, оно предоставляет конкурентные преимущества, являясь зоной непосредственного распространения столичных агломерационных эффектов, например, инвестиций, инноваций, высококвалифицированной рабочей силы. С другой стороны, эта близость формирует среду повышенной конкуренции, способствует потоку капиталов и человеческих ресурсов и может вести к деградации собственной экономической базы периферии, становясь источником социально-экономического напряжения.



Пристоличность — это совокупность специфических, пространственно неравномерных признаков и процессов, зона проявления которых не имеет четких географических границ [24, с. 34].

Степень выраженности феномена пристоличности напрямую зависит от размера населенного пункта. В крупных городах, способных стать полноценными узлами агломерации, его влияние максимально. В малых городах оно, как правило, минимально.

Исключением является ситуация, когда в малом городе базируется крупное градообразующее предприятие, принадлежащее столичным собственникам или управляемое из столицы. В этом случае такое предприятие формирует в городе локальный «центр роста», оказывая влияние на окружающую территорию через создание рабочих мест, развитие инфраструктуры и формирование устойчивых экономических связей со столицей.

Рассматривая развитие пристоличных территорий, также можно отметить, что интенсивное развитие агломераций имеет двойственный характер и практически каждое их преимущество порождает сопутствующую «теневую сторону» [5].

Основным становится обострение транспортных проблем, так как маятниковая миграция жителей пристоличного района, работающих в столице, приводит к увеличению времени в дороге и росту транспортной усталости (формирующейся при ежедневных поездках свыше 1,5 ч). Активное освоение территорий под жилую и коммерческую застройку, стимулируемое спросом со стороны столицы, сокращает зеленые зоны и разрушает естественный ландшафт [23].

Социально-экономические последствия также значимы. С одной стороны, пристоличное положение притягивает население из более отдаленных регионов, но с другой, — этот рост часто происходит за счет собственных малых городов и сельских районов, которые теряют ресурсы и человеческий капитал [7]. Внутри пристоличной зоны может углубляться неравенство, так как формируются районы с высокой стоимостью жизни и качественной инфраструктурой рядом с территориями, страдающими от дефицита услуг. Рост цен на недвижимость и землю, прямое следствие спроса из столицы, создает дополнительное давление на местных жителей и бизнес [5].

На основании вышесказанного была поставлена цель исследования — провести анализ дифференцированного влияния пристоличного положения на экономические и социальные показатели региона.

Гипотеза исследования: пристоличные регионы демонстрируют более высокие макроэкономические показатели, но одновременно испытывают усиленное социальное напряжение и внутрирегиональное неравенство по сравнению с удаленными регионами.

Материалы и методы

Объектом исследования является пристоличный административный район (на примере Уфимского района Республики Башкортостан).

Для выявления общих закономерностей в рамках данной работы также было проведено сравнение объекта исследования с другими пристоличными регионами России (Московская и Ленинградская области).



Следует отметить, что в рамках исследования не ставится задача прямого сопоставления территорий одного таксономического уровня. Уфимский район рассматривается как типичный пример пристольичного муниципального образования, тогда как Московская и Ленинградская области выступают в качестве более крупных территориальных систем России, в границах которых также действуют механизмы «пристоличного района», но более крупного масштаба. Они являются пристольичными территориями более высокого таксономического уровня (макроуровень).

Сравнение носит не столько количественный, сколько качественно-типологический характер и направлено на выявление общих закономерностей развития пристольичных территорий вне зависимости от их административного статуса и масштаба. Уфимский район в данном контексте представляет собой классическую пристольичную территорию, непосредственно примыкающую к крупному региональному центру (Уфе).

В качестве методов анализа использованы анализ данных (статистические сборники, открытые данные органов власти регионов, отчетные статистические материалы, периодические публикации и др.), сравнительный анализ, расчет относительных удельных показателей.

Для исследования социального влияния были выбраны такие показатели, как среднемесячная заработная плата, уровень безработицы, стоимость потребительской корзины, стоимость жилья, миграционный приток и отток, демографические показатели.

Для изучения экономического влияния проанализированы показатели внутреннего регионального продукта на душу населения и структура экономики (доля услуг, промышленности, сельского хозяйства).

Результаты

Собранные данные были проанализированы и представлены в виде графиков. Социальные показатели отражены на рисунках 1 – 4.

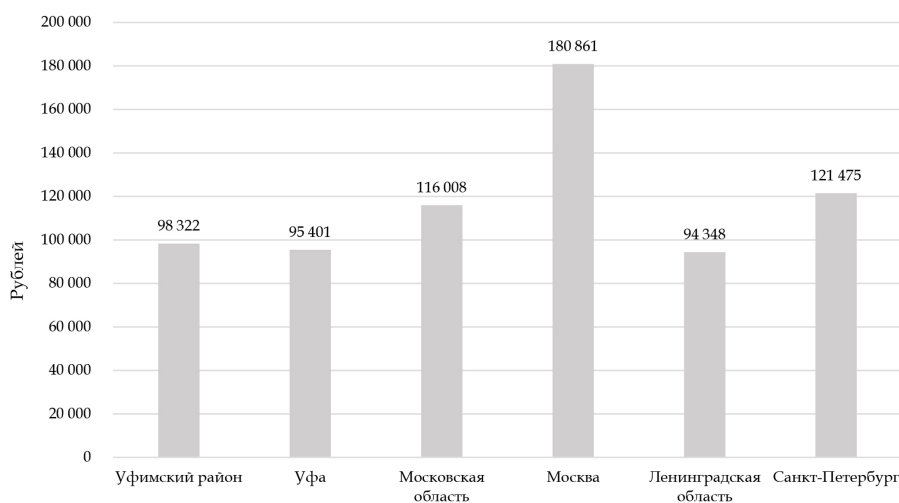


Рис. 1. Среднемесячная заработная плата в 2025 г., руб. [18; 22]

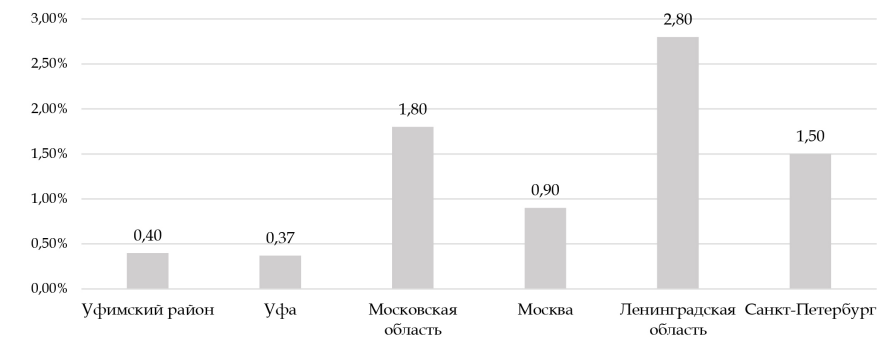


Рис. 2. Уровень безработицы, 2025 г., % [11; 16; 21]

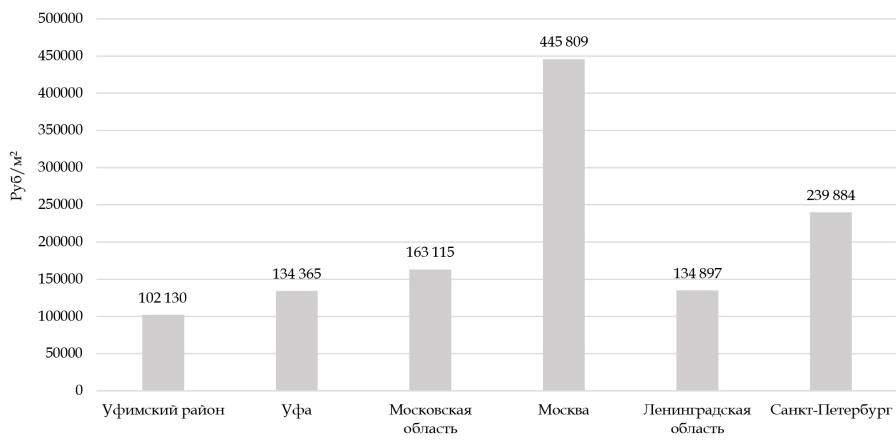


Рис. 3. Стоимость жилья (вторичный рынок), руб./м² [6; 19]

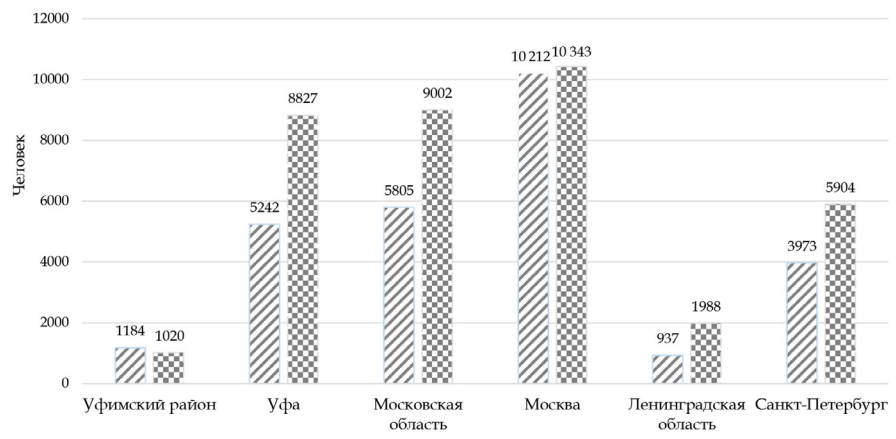


Рис. 4. Демографические показатели, чел. [1; 3; 7; 20]

Аналогично показатели внутреннего регионального продукта на душу населения представлены на рисунке 5. В открытых источниках актуальные данные по Уфе и Уфимскому району отсутствуют.

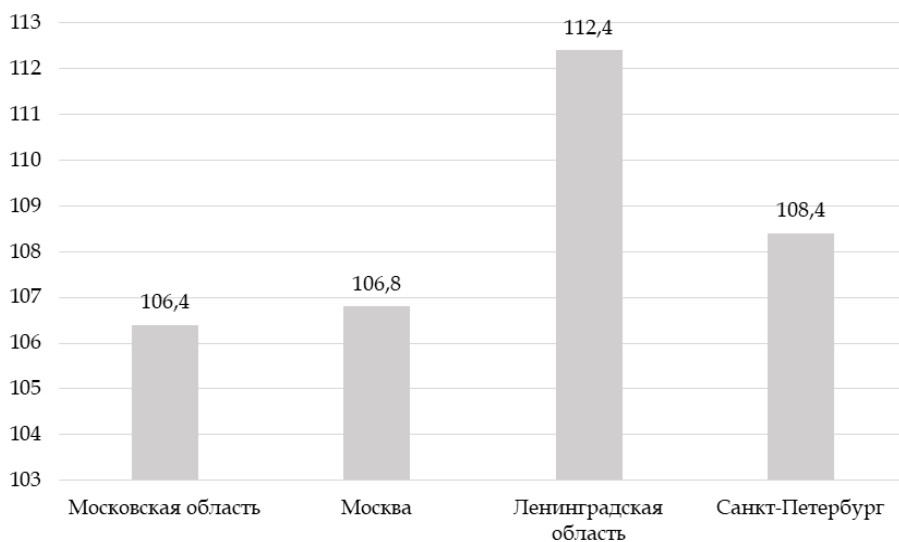


Рис. 5. Показатели внутреннего регионального продукта на душу населения [9]

В ходе анализа экономических показателей была рассмотрена структура экономики изучаемых территорий. Преобладающие направления распределены следующим образом:

- Уфимский район: ведущими секторами являются торговля (32,2 %), промышленность (27,0 %) и сельское хозяйство (20,1 %) [9];
- Уфа: экономика города в основном ориентирована на промышленное производство, которое составляет 53,5 % [4];
- Московская область: основные направления – торговля оптовая и розничная (20,6 %) и обрабатывающие производства (20,3 %) [2];
- Москва: структура экономики имеет выраженную специализацию на сфере услуг, которая занимает около 70 %;
- Ленинградская область: промышленность является ведущим сектором, составляя 36 % [15];
- Санкт-Петербург: основными направлениями выступают торговля оптовая и розничная (34,2 %) и промышленность (15,7 %) [17].

Обсуждение

Результаты анализа демонстрируют, что пристольные территории обладают определенными экономическими преимуществами. Так, среднемесячная заработная плата в Московской области (116 008 руб.) превышает показатель Уфы (95 401 руб.) и близка к показателю Санкт-Петербурга (121 475 руб.), приближаясь к уровню столичного региона в целом.

Аналогично, внутренний региональный продукт на душу населения в Ленинградской области является наивысшим среди всех рассмотренных субъектов, что подтверждает действие агломерационных эффектов, когда столица стимулирует экономическую активность в прилегающих районах, создавая логистические и инвестиционные преимущества.



Структура экономики пристоличных территорий также адаптируется под нужды центра. Так, в Московской области значительную долю занимают торговля и обрабатывающие производства, обслуживающие московский рынок, а в Ленинградской области доминирует промышленность, тесно взаимодействующая с предприятиями Санкт-Петербурга.

Однако параллельно с экономическими преимуществами в пристоличных районах обостряется комплекс социальных проблем, что полностью согласуется с теоретическими представлениями о «теневой стороне» агломераций. Наиболее информативным индикатором является рынок недвижимости: стоимость квадратного метра жилья в Московской области (163 115 руб./м²) значительно превышает показатели Уфы (134 365 руб./м²), тогда как в Ленинградской области (134 897 руб./м²) находится практически на сопоставимом уровне. Высокий уровень цен на рынке напрямую связан с маятниковой миграцией и спросом со стороны столичных покупателей.

Социальное неравенство и инфраструктурное напряжение также подтверждаются данными статистики. Несмотря на относительно высокие зарплаты, уровень безработицы в пристоличных областях (1,80 % в Московской и 2,80 % в Ленинградской) существенно выше, чем в самих столицах (0,90 и 1,50 % соответственно), что может указывать на диспропорции на локальных рынках труда. Демографические показатели (превышение числа умерших над родившимися в Уфе, Московской и Ленинградской областях) на фоне роста агломераций косвенно свидетельствуют о социальном напряжении и отставании развития социальной инфраструктуры от темпов хозяйственного и жилищного строительства.

Проведенный анализ подтверждает, что пристоличное положение, с одной стороны, дает доступ к экономическому динамизму и ресурсам столичной агломерации, что отражается на более высоких заработках и адаптированной экономической структуре. Однако, с другой стороны, оно делает эти территории уязвимыми к негативным эффектам, выражающимся в повышении цен на рынке жилья, усилении социального расслоения, транспортных перегрузок и демографическом напряжении, что подтверждает тот факт, что развитие пристоличных территорий является нелинейным процессом, где выгоды от близости к центру неизбежно сопровождаются возрастающими социальными издержками.

На основании полученных результатов можно сформулировать несколько предложений для региональной политики.

Первым из них является диверсификация развития. Основной задачей для минимизации негативных эффектов, возникших в результате взаимодействия по модели «центр — периферия», при котором пристоличные территории выступают преимущественно в роли поставщика трудовых ресурсов и жилищного фонда для столицы. Данное предложение предполагает целенаправленную политику по диверсификации экономики, включающую развитие собственных деловых, научно-образовательных и производственных отраслей в пристоличных районах. Цель этих мер — создание полноценных рабочих мест, снижение зави-



симости от маятниковой миграции в столичный центр, что позволит существенно уменьшить транспортную нагрузку, сократить временные затраты населения и снизить социальное расслоение.

Установленная корреляция между высокой стоимостью жилья, демографическим напряжением и не всегда высоким качеством жизни в пристоличных районах указывает на отставание уровня инфраструктуры от темпов жилищного строительства, поэтому вторым предложением является ее развитие. Вариант решения данной проблемы — ужесточение нормативно-правовой базы для выдачи разрешений на новое строительство только при наличии всей необходимой инженерной, транспортной и социальной инфраструктуры (школы, детские сады, поликлиники, объекты коммунального хозяйства, дорожная сеть) или подтвержденного плана ее создания. Такая мера направлена на предотвращение формирования социально уязвимых территорий с высокой плотностью населения и дефицитом общественных благ, что является типичным «теневым» эффектом пристоличных районов.

Заключение

Пристоличное положение является значимым фактором экономического развития, что подтверждают более высокие значения средней заработной платы и валового регионального продукта на душу населения в пристоличных районах по сравнению с территориями, удаленными от крупных агломерационных центров. Данное преимущество обусловлено действием агломерационных эффектов, включая интеграцию в общие логистические схемы, доступ к инвестиционным ресурсам и распространение экономической активности столицы. В результате экономическая структура пристоличных территорий формируется под влиянием спроса со стороны столичной агломерации.

Однако выявлено, что данный рост сопровождается социальными и экономическими диспропорциями. В пристоличных районах наблюдается существенное превышение стоимости жилья, опережающее рост доходов местного населения, а также более высокий уровень безработицы по сравнению со столицей, что приводит к усилению социального неравенства, демографическому напряжению и инфраструктурной нагрузке, порожденной маятниковой миграцией. Следовательно, можно сделать вывод, что пристоличное развитие формирует комплекс специфических проблем, требующих разработки и реализации региональной политики для их минимизации и решения.

Особого внимания заслуживают зафиксированные в ходе исследования разнонаправленные процессы развития пристоличных территорий. Установлено, что рост экономических показателей, включая увеличение заработной платы, инвестиционной активности и улучшение сферы услуг, сопровождается ухудшением ряда социальных параметров. Данная диспропорция обусловлена тем, что темпы экономического и жилищного роста существенно опережают развитие социальной инфраструктуры.

Основным фактором формирования социальной напряженности в пристоличных районах выступает возрастающая нагрузка на объекты



социальной инфраструктуры. В условиях активного миграционного притока и интенсивного жилищного строительства происходит увеличение численности населения, не сопровождающееся пропорциональным ростом количества мест в образовательных и медицинских учреждениях. Это приводит к снижению обеспеченности населения врачами, педагогическими кадрами, местами в детских садах и больничным коечным фондом, что формирует устойчивый дефицит социальных услуг.

Таким образом, выявленная «социальная деградация» не является следствием снижения уровня экономического развития, а представляет собой результат структурного дисбаланса между экономическим ростом и развитием инфраструктурной базы. Это служит подтверждением, что пристольичное развитие носит асинхронный характер и требует опережающего планирования социальной инфраструктуры.

Список литературы

1. В Башкирии назвали муниципалитеты с рекордной смертностью населения. URL: <https://myseldon.com/ru/news/index/2904808981> (дата обращения: 03.04.2026).
2. Валовый региональный продукт Московской области // Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Москве и Московской области. URL: <https://77.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Валовой%20региональный%20продукт%20Московской%20области%20в%202023%20году.pdf> (дата обращения: 03.04.2026).
3. Гатауллин Р. Ф., Аслаева С. Ш. Пространственные пропорции в развитии промышленности Республики Башкортостан // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2023. № 6. С. 10–17. doi: 10.34773/EU.2023.6.2. EDN: MGCMMN.
4. Гоффе Н. В. Социальные проблемы в экономическом пространстве мегаполиса // Мировая экономика и международные отношения. 2016. Т. 60, № 10. С. 62–72. doi: 10.20542/0131-2227-2016-60-10-62-72. EDN: WXDWKJ.
5. Домклик. URL: <https://ufa.domclick.ru/> (дата обращения: 03.04.2026).
6. Естественное движение населения в разрезе субъектов Российской Федерации. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/> (дата обращения: 03.04.2026).
7. Боголюбов А. В., Закиров И. В. Миграционное движение сельского населения Республики Башкортостан: актуальные тенденции // Географическая среда и живые системы. 2021. № 2. С. 30–45. doi: 10.18384/2712-7621-2021-2-30-45.
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. EDN: SAYAND.
9. Муниципальный район Уфимский район Республики Башкортостан. URL: <https://ufim.bashkortostan.ru/activity/5066/> (дата обращения: 03.04.2026).
10. Национальные счета // Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts> (дата обращения: 03.04.2026).
11. О занятости и безработице. Ноябрь 2025 г. – январь 2026 г. // Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Москве и Московской



области. URL: <https://77.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/О%20занятости%20и%20безработице%20в%20Московской%20области%20за%20ноябрь%202025%20г.-январь%202026%20г..pdf> (дата обращения: 03.04.2026).

12. *Одинцова А. В.* Городские агломерации: объективные основы формирования и проблемы институционализации в России // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2021. № 5. С. 57–79. doi: 10.52180/2073-6487_2021_5_57_79. EDN: KNYFXQ.

13. *Орешиников В. В., Аитова Ю. С.* Применение методов экономико-математического моделирования при разработке стратегии развития муниципального образования // Вопросы территориального развития. 2019. № 3 (48). С. 3. doi: 10.15838/tdi.2019.3.48.3. EDN: FWPULC.

14. *Орлов Б. П., Шнипер Р. И.* Экономическая реформа и территориальное планирование. М., 1969.

15. *Промышленность* Ленинградской области // Агентство экономического развития Ленинградской области. URL: <https://lenoblinvest.ru/investoru/investitsionnye-nishi/promyshlennost-leningradskoj-oblasti/> (дата обращения: 03.04.2026).

16. *Рейтинг* регионов по уровню безработицы во II кв. 2025 г. // РиаРейтинг. URL: <https://riarating.ru/infografika/20250915/630286094.html> (дата обращения: 03.04.2026).

17. *Санкт-Петербург: основные итоги социально-экономического развития за январь – декабрь 2025 года.* URL: https://cedipt.gov.spb.ru/media/uploads/userfiles/2026/02/16/Справка_СЭР_декабрь_12.2025.pdf (дата обращения: 03.04.2026).

18. *Средняя зарплата в России в 2026 году от Росстата* // Godov. URL: <https://gogov.ru/articles/average-salary> (дата обращения: 03.04.2026).

19. *Средняя стоимость недвижимости в России* // Godov. URL: <https://gogov.ru/articles/average-property-prices> (дата обращения: 03.04.2026).

20. *Стало известно, где в Башкирии больше всего родилось детей* // Огни Агидели. URL: <https://ogni-agideli.ru/news/novosti/2024-11-14/stalo-izvestno-gde-v-bashkirii-bolshe-vsego-rodilos-detey-4007691> (дата обращения: 03.04.2026).

21. *Уровень безработицы в Башкирии остается рекордно низким* // Башинформ. URL: <https://www.bashinform.ru/news/economy/2025-01-14/uroven-bezrobotitsy-v-bashkirii-ostaetsya-rekordno-nizkim-4083342> (дата обращения: 03.04.2026).

22. *Уфимский район лидирует по уровню зарплат, в отдаленных районах фиксируются минимальные показатели* // Журнал Уфа. URL: <https://zur-ufa.ru/news/article/srednyaya-zarplata-v-bashkortostane-v-kakih-rayonah-samyeshchedrye-rabotodateli-42612/> (дата обращения: 03.04.2026).

23. *Швецов А. Н.* Поляризация урбанистического пространства: особенности российского процесса в контексте мировых тенденций // Регионалистика. 2017. Т. 4, № 5. С. 20–34. EDN: ZRPCMN.

24. *Яськова Т. И.* Столичный регион и пристольное положение: соотношение понятий // Региональные исследования. 2008. № 3 (18). С. 29–34. EDN: NDZKZN.

25. *Яськова Т. И.* Типология районов Смоленской области по положению в системе пространственных отношений «столица-пристольный» регион // Региональные исследования. 2013. № 3 (41). С. 137–146. EDN: PTRXKI.



Об авторах

Ильнур Вагизович Закиров — канд. геогр. наук, доц., Уфимский университет науки и технологий, Россия.

ORCID: 0000-0001-7199-8064

SPIN-код: 6812-6550

E-mail: ziv7702@yandex.ru

Егор Викторович Брыгин — асп., Уфимский университет науки и технологий, Россия.

SPIN-код: 9792-3066

E-mail: begir74@gmail.com

35

Лилия Ауфасовна Зарипова — канд. геогр. наук, доц., Уфимский университет науки и технологий, Россия.

ORCID: 0000-0003-4645-7789

SPIN-код: 1007-2051

E-mail: la30-6@mail.ru

I. V. Zakirov, E. V. Brygin, L. A. Zaripova

THE ECONOMIC AND SOCIAL IMPACT OF THE CAPITAL-CITY PROXIMITY ON TERRITORIAL DEVELOPMENT

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

Received 01 April 2026

Accepted 28 May 2026

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-2

To cite this article: Zakirov I. V., Brygin E. V., Zaripova L. A., 2026, The economic and social impact of capital-city proximity on territorial development, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural Sciences*, № 3. P. 25 — 36. doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-2.

The article analyzes the influence of capital-adjacent location on the socio-economic development of territories. The aim of the study is to identify the nature of this influence, which manifests itself both in stimulating economic growth and in generating social disparities. The study employs a comparative methodology based on the analysis of statistical indicators of capital-adjacent regions and their respective capital cities. The findings confirm that proximity to the capital provides access to agglomeration advantages, as reflected in higher macroeconomic indicators, including average wage levels and gross regional product per capita, as well as in a more adaptive economic structure. It has been established that capital-adjacent regions exhibit increasing specialization in trade, services, and manufacturing industries. At the same time, the study reveals that this development is accompanied by the intensification of social problems, including an overheated real estate market characterized by inflated property prices, growing social inequality, lagging infrastructure development, increasing commuter migration, and mounting demographic pressures. The article emphasizes the dual and non-linear nature of the



development of capital-adjacent territories, arguing that addressing the identified challenges requires targeted public policies aimed at economic diversification and infrastructure development in these regions.

Keywords: capital-adjacent regions, socio-economic development, regional economy, commuter migration, economic diversification

The authors

Dr. Ilnur V. Zakirov, associate professor, Ufa University of Science and Technology, Russia.

ORCID: 0000-0001-7199-8064

E-mail: ziv7702@yandex.ru

Egor V. Brygin, PhD student, Ufa University of Science and Technology, Russia.

E-mail: begir74@gmail.com

Dr. Lilia Aufasovna Zaripova, associate professor, Ufa University of Science and Technology, Russia.

ORCID: 0000-0003-4645-7789

E-mail: la30-6@mail.ru

УДК 504.4.054

Г. О. Платоненко¹, С. И. Зотов¹, Ю. А. Спирин²

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ
ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
И КАЧЕСТВА ВОД РЕКИ ПРОХЛАДНОЙ
В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ
В ВЕСЕННЕМ СЕЗОНЕ 2025 ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ГОДА**

37

¹ Балтийский Федеральный университет им. И. Канта,
Калининград, Россия

² Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия

Поступила в редакцию 12.01.2026 г.

Принята к публикации 06.04.2026 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-3

Для цитирования: Платоненко Г. О., Зотов С. И., Спирин Ю. А. Пространственная дифференциация химического загрязнения и качества вод реки Прохладной в Калининградской области по результатам исследований в весеннем сезоне 2025 гидрологического года // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные науки. 2026. №3. С. 37—49. doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-3.

Основу речной сети Калининградской области, находящейся в условиях избыточного увлажнения, составляют малые водотоки, к которым относится р. Прохладная. Водоток испытывает весь спектр характерных для региона антропогенных воздействий, основным из которых рассматривается сельское хозяйство. Химический сток реки оказывает большое влияние на экосистему Калининградского залива. Предшествующие исследования р. Прохладной фрагментарны и эпизодичны. Впервые проведен анализ химического загрязнения водотока на основе системного мониторинга, отвечающего пространственным критериям. Цель исследования — выявление пространственной дифференциации и оценка химического загрязнения и качества вод р. Прохладной по результатам химических анализов проб воды, отобранных в весенний гидрологический сезон 2025 г. Расчет интегрального индекса загрязненности воды показал, что качество вод изменяется от категории «чистые» до «загрязненные». Загрязненные воды отмечаются в верховьях реки (здесь фиксируются дефицит кислорода, превышения по химическому потреблению кислорода, содержанию аммония и железа); в средней части они характеризуются как умеренно загрязненные и чистые; в устье реки воды вновь относятся к категории «умеренно загрязненные», но ближе к нижнему интервалу это-



го класса (наблюдаются превышения по нитритам и повышенные концентрации натрия). Основной вклад в загрязнение водотока вносят высокие и повышенные показатели химического потребления кислорода, железа, биохимического потребления кислорода и единично – нитритов, а также низкое содержание растворенного кислорода в воде. Превышения предельно допустимых концентраций по этим показателям обусловлены воздействием комплекса природных и антропогенных факторов.

Ключевые слова: река Прохладная, химическое загрязнение, индекс загрязненности воды, качество воды, антропогенные воздействия, природные факторы

Введение

Изучение малых рек Калининградской области имеет особую актуальность, поскольку они являются главными каналами загрязнения Балтийского моря и основой водных ресурсов региона. Однако систематический экологический мониторинг этих водотоков практически отсутствует, что приводит к скудности данных и делает невозможным планирование природоохранных мероприятий. Без восполнения этого пробела невозможно ни оценить реальный ущерб, ни предотвратить дальнейшую деградацию уникальных водных экосистем области. Исследования малых рек Калининградской области показывают химическое загрязнение и неудовлетворительное качество вод, что обусловлено антропогенными воздействиями, а также влиянием природных факторов. Мониторинг состояния водотоков фрагментарен и не представляет целостной системы, отвечающей пространственным и временным критериям [11; 18].

Типичным малым водотоком в Калининградской области является река Прохладная, которая рассматривается нами в качестве объекта исследования. Она представляет собой почти полностью внутренний водоток региона с минимальным трансграничным воздействием, что делает ее гидрологические и экологические характеристики особенно показательными для условий области. Впадая в Калининградский залив, Прохладная оказывает влияние на качество прибрежных вод, а природно-хозяйственные условия ее бассейна типичны для значительной части территории региона. Это позволяет рассматривать ее как модельный водоток и использовать полученные результаты для анализа и прогнозирования состояния других схожих водотоков Калининградской области. Цель работы заключается в выявлении пространственной дифференциации и оценке химического загрязнения и качества вод реки по результатам химических анализов проб воды, отобранных в весенний гидрологический сезон 2025 г.

Водосбор р. Прохладной располагается в юго-западной части Калининградской области, площадь водосбора составляет 1183 км², из них 160 км² располагается на территории Польши (рис. 1).

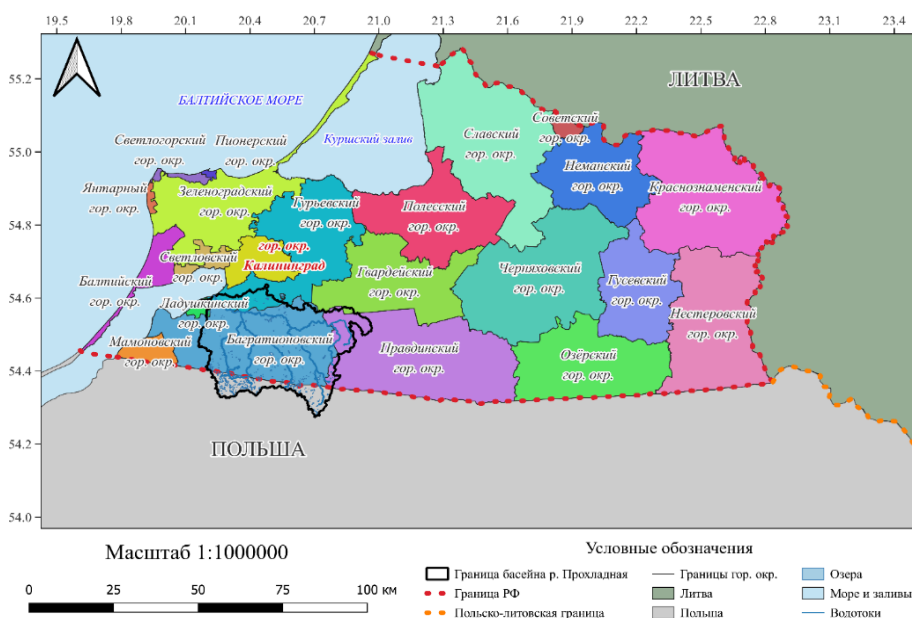


Рис. 1. Картограмма водосборного бассейна р. Прохладной относительно РФ (Калининградской области и ее муниципалитетов), Польши и Литвы

Река Прохладная характеризуется следующими гидрографическими и гидрологическими параметрами. Длина водотока — 77 км, средний уклон русла — $1,32 \text{ }^{\circ}/_{00}$, исток находится около п. Зайцево Правдинского городского округа; впадает в Калининградский залив в районе п. Ушаково Гурьевского городского округа. Густота речной сети на водосборе составляет около $1,01 \text{ км на } 1 \text{ км}^2$, модуль годового стока — $7,8 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$. Скорости течения реки находятся в интервале $0,2 - 1,0 \text{ м/с}$. Для водного режима характерны паводки в течение всего года. Весеннее половодье в среднем продолжается 40 суток. Меженные явления на реке выражены нечетко. Ледостав отсутствует из-за непродолжительных похолоданий в зимний период. Воды относятся к гидрокарбонатному классу. Устьевой участок реки испытывает воздействие подпора и ветровых нагонов воды из Калининградского залива [3; 5; 13].

Материалы и методы

Исследования р. Прохладной носят фрагментарный и эпизодический характер, системный и долговременный мониторинг загрязнения и качества вод отсутствует. Можно отметить публикации по изучению гидрологических особенностей водостока [1], его гидрохимическим и геоэкологическим исследованиям [8; 16].

Нами определено географическое расположение 9 пунктов мониторинга реки, начиная с верховья и завершая устьем (рис. 2).

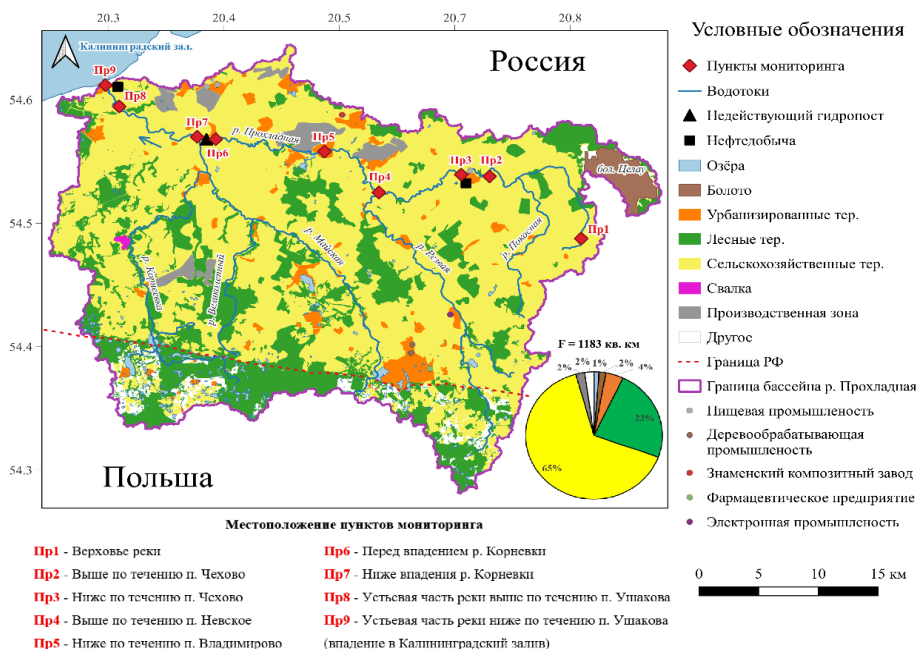


Рис. 2. Картограмма расположения пунктов мониторинга на р. Прохладной

Пункты мониторинга. Пункт Pr1 (фоновый) — район истока между пос. Каштаново и Зайцево. Пункт Pr2 — выше по течению пос. Чехово (в этих двух пунктах осуществлялся контроль качества вод в верховьях водосбора с воздействием верхового болота Целау и сельскохозяйственной нагрузкой). Пункт Pr3 — ниже по течению пос. Чехово (контроль качества вод для оценки влияния населенного пункта с индивидуальными домохозяйствами). Пункт Pr4 — выше по течению пос. Невское (контроль качества вод на участке водосбора со значительной сельскохозяйственной нагрузкой). Пункт Pr5 — ниже по течению пос. Владимирово (контроль качества вод для оценки влияния автомобильных дорог, железнодорожных путей, населенных пунктов с индивидуальными жилыми домохозяйствами, сельскохозяйственной нагрузки). Пункт Pr6 — перед впадением реки Корневки (контроль качества вод на участке водосбора со значительной сельскохозяйственной нагрузкой). Пункт Pr7 — ниже впадения реки Корневки (контроль качества вод с учетом влияния реки Корневки). Пункт Pr8 — устьевая часть реки выше по течению пос. Ушаково (контроль качества вод на участке водосбора с заболоченной поймой и воздействием индивидуальных жилых домохозяйств). Пункт Pr9 — устьевая часть реки ниже по течению пос. Ушаково в месте впадения в Калининградский залив (контроль качества вод на всем водосборе с учетом накопительного эффекта загрязнения и эффекта разбавления, а также воздействия индивидуальных жилых домохозяйств) [16].



Выезд для исследования водотока осуществлен 24.04.2025 г. Измерены скорость течения, ширина и средняя глубина реки в пунктах мониторинга, затем рассчитан расход воды. Отбор проб воды осуществлен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб». Химические анализы проводились в лаборатории Высшей школы живых систем ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта». Определение показателей качества воды проводилось по утвержденным методикам: Органолептические показатели — ГОСТ Р 57164-2016; взвешенные вещества — РД 52.24.468-2019; химическое потребление кислорода (далее — ХПК) — ПНД Ф 14.1:2.4. 190-2003; биологическое потребление кислорода за 5 суток (далее — БПК₅) — ПНД Ф 14.1:2.3:4.123-97; нитраты — ПНД Ф 14.1:2.4-95; нитриты — ПНД Ф 14.1:2.4.3-95; аммоний и аммонийный азот — ПНД Ф 14.1:2.1-95; фосфаты — ПНД Ф 14.1:2.1-95; сухой остаток — ПНД Ф 14.1:2.4.261-2010; хлориды — ГОСТ 4245-72; сульфаты — ПНД Ф 14.1:2.159-2000; натрий, магний, калий, кальций — ПНД Ф 14.1:2.159-2000; железо — ПНД Ф 14.1:2.159-2000; нефтепродукты — ПНД Ф 14.1:2.116-98. Для проведения анализов использовались двухлучевой спектрофотометр *UV-1800 Shimadzu* и система капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ-105М». На основе сравнения результатов химических анализов с ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения [13] определены загрязнители, кратности превышения ПДК, рассчитан индекс загрязнения воды (далее — ИЗВ) [9] и соответствующий ему класс качества воды¹.

Расчет ИЗВ проводился по формуле для поверхностных вод суши:

$$\text{ИЗВ} = \left(\sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right) / 6,$$

где C_i — наибольшая относительно ПДК концентрация i -го загрязняющего вещества в воде с обязательным учетом растворенного кислорода и БПК₅; ПДК — предельно допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества.

Границы водосборных бассейнов рек были дешифрированы по данным дистанционного зондирования (SRTM) с применением инструментария ГИС-пакета SAGA. В рамках бассейново-ландшафтного подхода, трактующего качество речных вод как интегральный индикатор состояния водосборной территории, была проведена пространственная дифференциация ИЗВ. Бассейн был рассечен от устья к истоку локальными водосборами для каждой точки мониторинга с последовательным наложением их друг на друга. В дальнейшем на них были спроецированы данные ИЗВ [1; 10; 21].

Природно-хозяйственные условия водосбора были классифицированы по ключевым категориям землепользования с точки зрения их потенциального воздействия на качество воды: сельскохозяйственные и урбанизированные земли, лесистость, доля болотных систем, наличие свалок

¹ Классы качества воды в зависимости от значения ИЗВ: чистые (ИЗВ: 0,2–1,0, II класс), умеренно загрязненные (ИЗВ: 1,0–2,0, III класс), загрязненные (ИЗВ: 2,0–4,0, IV класс).



и производственных зон, а также озерность [10; 12]. Исходные сведения получены в результате синтеза материалов тематических атласов и баз пространственных данных [20; 22]. При этом для детализации лесного покрова дополнительно использовалась глобальная карта ЕС JRC 2020, V2 с разрешением 10 м [4]. На основе этих характеристик была создана карта-схема бассейна реки, отражающая пространственное распределение факторов природно-хозяйственной структуры водосбора, потенциально влияющих на качество воды (см. рис. 1).

Результаты исследования и их обсуждение

Во время весеннего полевого выезда, проведенного 24.04.2025 г., был отмечен высокий уровень воды в реке. Он обусловлен одним из двух пиков уровня (а в отдельные годы — даже трех), которые наблюдаются с января по март, реже в апреле [15]. В день отбора проб метеорологические параметры были следующими: температура воздуха в среднем составляла 13 °С; ветер северо-западный 320—340°, 4 м/с; порывы 6—8 м/с; влажность — 85 %; давление — 757,4 мм рт.ст.; переменная облачность, без осадков [14].

Результаты полевых и лабораторных химических анализов представлены в таблице 1, точки маркированы в соответствии с картосхемой на рисунке 2.

Таблица 1

Гидрохимические показатели р. Прохладной

Параметр	Пр1	Пр2	Пр3	Пр4	Пр5	Пр6	Пр7	Пр8	Пр9
pH, ед.	7,63	7,80	7,84	7,92	8,06	7,54	7,95	8,10	8,17
Растворенный O ₂ , мг/л	3,47	8,84	7,36	7,07	7,12	10,00	8,73	5,97	6,45
ХПК, мг/л	81,2	105,3	51,1	48,1	48,1	24,1	6,0	36,1	21,2
БПК ₅ , мг/л	3,1	2,5	2,5	3,9	2,2	2,5	2,8	0,3	2,0
Нитраты, мг/л	0,337	0,005	0,294	0,4	1,143	1,002	1,421	0,660	0,263
Нитриты, мг/л	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,165
Аммоний, мг/л	0,424	0,224	0,005	0,215	0,170	0,169	0,196	0,005	0,005
Фосфаты, мг/л	0,018	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Хлориды, мг/л	11,33	13,15	10,54	11,56	17,82	16,58	15,87	30,24	21,03
Сульфаты, мг/л	19,31	25,34	21,90	21,16	30,69	27,47	25,50	24,74	47,67
Натрий, мг/л	13,31	7,29	8,21	10,59	9,38	9,39	6,12	15,4	97,25
Магний, мг/л	15,99	8,87	9,65	12,11	8,97	9,38	6,19	9,92	21,14
Железо, мг/л	0,125	0,536	0,299	0,125	0,174	0,176	0,215	0,158	0,017
Нефтепродукты, мг/л	0,025	0,027	0,025	0,025	0,025	0,027	0,025	0,025	0,024
Калий, мг/л	4,266	2,595	3,097	3,752	3,145	3,099	2,481	3,342	6,341
Кальций, мг/л	98,14	44,11	61,6	66,01	55,09	56,78	41,97	52,51	57,93



Рис. 3. Пространственная дифференциация ИЗВ в бассейне р. Прохладной

Кратности превышения ПДК, а также рассчитанные значения ИЗВ с соответствующими им классами качества воды и пространственной дифференциацией приведены в таблице 2 и на рисунке 3.

Таблица 2

Кратность превышения ПДК, ИЗВ и класс качества воды в исследуемом водотоке

Параметр	Пр1	Пр2	Пр3	Пр4	Пр5	Пр6	Пр7	Пр8	Пр9
pН, ед.	0,95	0,98	0,98	0,99	1,01	0,94	0,99	1,01	1,02
Растворенный O ₂ , мг/л	8,65	0,68	0,82	0,85	0,84	0,60	0,69	2,01	0,93
ХПК, мг/л	5,41	7,02	3,41	3,21	3,21	1,61	0,40	2,41	1,41
БПК ₅ , мг/л	1,48	1,19	1,19	1,86	1,05	1,19	1,33	0,14	0,95
Нитраты, мг/л	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	0,02	0,01
Нитриты, мг/л	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	2,07
Аммоний, мг/л	0,85	0,45	0,01	0,43	0,34	0,34	0,39	0,01	0,01
Фосфаты, мг/л	0,35	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Хлориды, мг/л	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,05	0,10	0,07
Сульфаты, мг/л	0,19	0,25	0,22	0,21	0,31	0,27	0,26	0,25	0,48
Натрий, мг/л	0,11	0,06	0,07	0,09	0,08	0,08	0,05	0,13	0,81
Магний, мг/л	0,40	0,22	0,24	0,30	0,22	0,23	0,15	0,25	0,53
Железо, мг/л	1,25	5,36	2,99	1,25	1,74	1,76	2,15	1,58	0,17
Нефтепродукты, мг/л	0,50	0,54	0,49	0,49	0,49	0,54	0,49	0,49	0,48
Калий, мг/л	0,09	0,05	0,06	0,08	0,06	0,06	0,05	0,07	0,13
Кальций, мг/л	0,55	0,25	0,34	0,37	0,31	0,32	0,23	0,29	0,32



Параметр	Пр1	Пр2	Пр3	Пр4	Пр5	Пр6	Пр7	Пр8	Пр9
ИЗВ	3,02	2,51	1,52	1,31	1,28	1,01	0,91	1,15	1,11
Класс качества воды	IV	IV	III	III	III	III	II	III	III

Примечание: жирным шрифтом выделены значения кратности превышения ПДК по соответствующим гидрохимическим показателям.

Анализ данных, представленных в таблице 2 и на рисунке 3, показал следующие особенности пространственного распределения химического загрязнения и качества вод р. Прохладной. Наибольшие значения ИЗВ зафиксированы в верховьях реки: в пункте Пр1 – 3,02, в пункте Пр2 – 2,51, что характеризует воды как загрязненные. В средней части водотока ИЗВ последовательно уменьшается с 1,52 (умеренно загрязненные воды) в пункте Пр3 до 0,91 (чистые воды) в пункте Пр6. В устьевой части, в пунктах Пр8 и Пр9, ИЗВ незначительно возрастает до 1,15 и 1,11 соответственно, что маркирует воды как умеренно загрязненные.

Наибольший вклад в значения ИЗВ вносят высокие и повышенные концентрации ХПК (кратности превышений ПДК варьируют от 7,02 до 1,41), железа (кратности превышений ПДК варьируют от 5,36 до 1,25), БПК₅ (кратности превышений ПДК варьируют от 1,86 до 1,05) и единично растворенного кислорода (кратности превышений ПДК в пункте Пр1 – 8,65, а в пункте Пр8 – 2,01), нитритов (кратность превышения ПДК в пункте Пр9 – 2,07). Остальные гидрохимические показатели находятся в интервалах ниже ПДК. В верховьях реки высокие значения ИЗВ обусловлены следующими обстоятельствами: в пункте Пр1 аномально низкое значение растворенного кислорода и высокое значение ХПК; в пункте Пр2 высокий уровень ХПК и железа. В обоих пунктах зафиксированы повышенные значения БПК₅. Отмеченные высокие гидрохимические показатели связаны с поступлением органических веществ с сельскохозяйственных угодий, органических веществ и железа с водами болота Целау, питающими р. Прохладную. Отсутствие эффекта разбавления рассматривается нами как одна из причин низкого содержания растворенного кислорода в воде в пункте Пр1. В средней части водотока умеренную загрязненность водам придают повышенные значения ХПК, обусловленные поступлением органических веществ с сельскохозяйственных угодий, со стоками от индивидуальных жилых домохозяйств, а также поступлением железа с питающими реку подземными водами. Необходимо отметить важную роль подземных вод в формировании химического состава и качества вод рек Калининградской области [6; 7]. В реках региона отмечаются высокие и повышенные концентрации железа, превышающие ПДК, что подтверждается и нашими исследованиями [11]. В пункте Пр7 качество воды характеризуется как чистое, что связано с поступлением незагрязненных вод притока Корневки, протекающей в облесенных моренных ландшафтах. В устьевой части (пункты Пр8 и Пр9) качество вод незна-



чительно ухудшается за счет повышенных значений ХПК и нитритов, обусловленных стоками от индивидуальных жилых домохозяйств, расположенных по берегам реки.

Одним из существенных факторов, влияющих на качество вод в весенний период, является аккумуляция стока по руслу реки, что показано на рисунке 4. График отражает улучшение качества по мере роста расходов р. Прохладной.

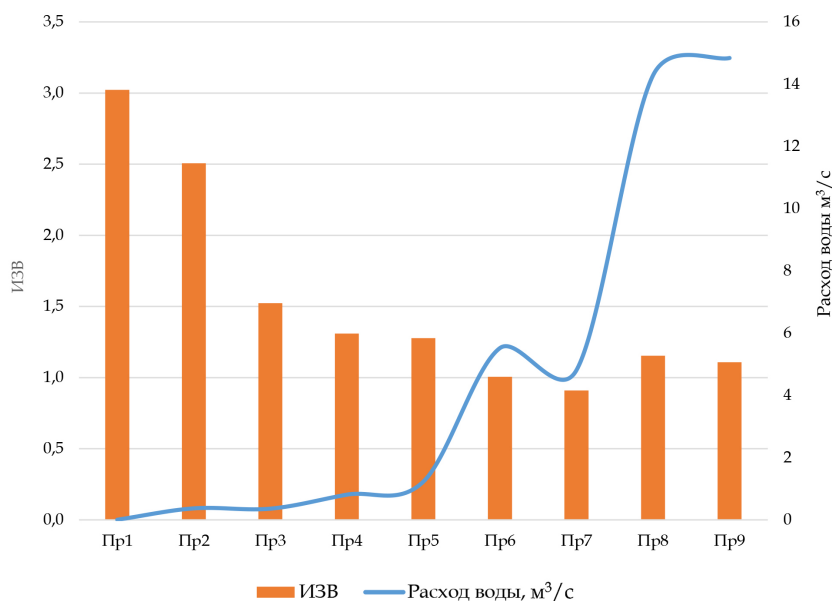


Рис. 4. ИЗВ и расход реки Прохладной в пунктах мониторинга

Выводы

Качество вод р. Прохладной варьирует от загрязненной до чистой. Загрязненные воды отмечаются в верховьях реки в пунктах Пр1 и Пр2. В средней части реки воды характеризуются как умеренно загрязненные и чистые. В устьевой части качество вод умеренно загрязненное, но ближе к нижней границе этого класса. Такая пространственная дифференциация определяется комплексом природных и антропогенных факторов, причем весенний фактор аккумуляции стока, способствующий разбавлению загрязнителей за счет увеличения объема воды и тем самым снижению концентрации загрязняющих веществ, дополняет действие естественных процессов самоочищения и влияние точечных источников загрязнения. Природные факторы включают поступление органических веществ и железа в верховья водотока из болота Целау, железа с подземными водами на протяжении всей реки, незагрязненных вод с основным притоком — Корневкой, протекающей в облесенных моренных ландшафтах. Антропогенные факторы представлены стоками биогенных элементов и органических веществ с сельскохозяйственных угодий и из индивидуальных жилых домохозяйств. Фактор аккумуля-



ции стока в весенний период играет роль потенциального механизма разбавления загрязнителей. Увеличение объема воды способствует снижению концентрации загрязняющих веществ.

Мониторинг загрязнения реки за один гидрологический сезон не предоставляет исчерпывающей информации о его масштабах и причинах. Для выявления пространственно-временной динамики загрязнения реки Прохладной и установления факторов, его обуславливающих, необходим комплексный анализ данных, полученных в ходе мониторинга за весь гидрологический год с учетом сезонных особенностей.

Список литературы

1. Ахмедова Н. Р., Валл Е. В., Наумов В. А. Восстановление гидрологического ряда реки Прохладной // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития. 2022. С. 121 – 125.
2. Балдаков Н. А., Кудишин А. В. Автоматизация расчета характеристик водосборного бассейна для решения задач моделирования поверхностного стока // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 4, №1. С. 83 – 89. doi: 10.33764/2618-981X-2019-4-1-83-89.
3. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям : утв. Госкомгидрометом СССР 22.09.1986 г. №250-1163.
4. Генеральные планы муниципальных образований. URL: <https://mingrad.gov39.ru/> (дата обращения: 20.12.2024).
5. Географический атлас Калининградской области / гл. ред. В. В. Орленок. Калининград, 2002.
6. Гидрогеология СССР. Т. XLV. Калининградская область РСФСР. М., 1970.
7. Глуценко А. И. Экологическое состояние и качество подземных вод калининградского скважинного водозабора // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. 2008. №1. С. 25 – 31.
8. Грицино А. В., Цветкова Н. Н. Геоэкологическая характеристика реки Прохладной по наблюдениям в 2019 – 2020 гг. // Дни науки : материалы Межвуз. науч.-техн. конф. студ. и курсантов, Калининград, 12 – 25 апреля 2021 года. Калининград, 2021. С. 123 – 129.
9. Джамалов Р. Г., Мироненко А. А., Мягкова К. Г. и др. Пространственно-временной анализ гидрохимического состава и загрязнения вод в бассейне Северной Двины // Водные ресурсы. 2019. Т. 46, №2. С. 149 – 160.
10. Дмитриева В. А., Нефедова Е. Г. Гидроэкологическая роль лесных насаждений в формировании режима водных ресурсов // Лесотехнический журнал. 2015. Т. 5, №3 (19). С. 22 – 33. doi: 10.12737/14150.
11. Зотов С. И., Спирин Ю. А., Таран В. С. Оценка химического загрязнения и качества вод рек юго-восточной части Калининградской области // Известия Российской академии наук. Сер. географическая. 2024. Т. 88, №4. С. 554 – 567.
12. Кирейчева Л. В., Лентяева Е. А. Влияние сельскохозяйственного производства на загрязнение водных объектов // Природообустройство. 2020. №5. С. 18 – 26.
13. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых concentra-



ций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. №552. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1312976080> (дата обращения: 24.09.2025).

14. Основные гидрологические характеристики (за 1976—1985 гг. и весь период наблюдений). Т. 4. Прибалтийский район, вып. 3. Литовская ССР и Калининградская область РСФСР. Л., 1988.

15. Основные метеорологические параметры (срочные данные) // Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации. URL: <http://meteo.ru/data/basic-parameters> (дата обращения: 28.04.2025).

16. Платоненко Г. О. Программа мониторинга качества вод реки Прохладной в Калининградской области // ХимБиоSeasons 2025 : сб. тез. докладов XI Всерос. форума молодых исследователей, Калининград, 10—18 апреля 2025 г. Кемерово, 2025. С. 319.

17. Прозоров А. А., Цветкова Н. Н. Характеристика гидрохимических условий реки Прохладной по результатам, полученным в ходе учебной гидрологической практики // Вестник молодежной науки. 2022. №5 (37).

18. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 4, вып. 3 : Прибалтийский район. Литовская ССР и Калининградская область РСФСР / сост. А. С. Мицкус, М. С. Юшкене, В. Т. Плаушка [и др.] ; под ред. Д. И. Некрошене. Л., 1973.

19. Спирин Ю. А., Зотов С. И. Методика исследования и геоэкологическая оценка водосборов малых водотоков пойменных земель Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2022. №2. С. 46—65.

20. Domin D., Chubarenko B., Lewandowski A. Vistula Lagoon catchment: Atlas of water use. М., 2015.

21. Lämmchen M., Klasmeier J., Hernandez-Leal L., Berlekamp J. Spatial Modelling of Micro-pollutants in a Strongly Regulated Cross-border Lowland Catchment // Environmental Processes. 2021. Vol. 8. P. 973—992.

22. Open Street Map. URL: www.openstreetmap.org (дата обращения: 20.12.2024).

Об авторах

Галина Олеговна Платоненко — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

ORCID: 0009-0000-4811-6342

SPIN-код: 2689-6177

E-mail: mitruwenkova@mail.ru

Сергей Игоревич Зотов — д-р геогр. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

ORCID: 0000-0002-6509-7398

SPIN-код: 3905-1307

E-mail: zotov.prof@gmail.com

Юрий Александрович Спирин — канд. геогр. наук, науч. сотр., Институт географии Российской академии наук, Россия.

ORCID : 0000-0003-3481-9666

SPIN-код: 5749-3160

E-mail: spirin.yuriy@rambler.ru



G. O. Platonenko¹, S. I. Zotov¹, Yu. A. Spirin²

SPATIAL DIFFERENTIATION OF CHEMICAL POLLUTION
AND WATER QUALITY OF THE PROKHLADNAYA RIVER
IN THE KALININGRAD REGION BASED
ON RESEARCH RESULTS IN THE SPRING SEASON
OF THE 2025 HYDROLOGICAL YEAR

¹Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

²Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Received 12 January 2026

Accepted 06 April 2026

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-3

48

To cite this article: Platonenko G.O., Zotov S.I., Spirin Yu. A., 2026, Spatial differentiation of chemical pollution and water quality of the Prokhladnaya River in the Kaliningrad region based on research results in the spring season of the 2025 hydrological year, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural Sciences*, №2. P. 37–49. doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-3.

The river network of the Kaliningrad Region, located in a zone of excessive moisture, is predominantly composed of small watercourses, among which the Prokhladnaya River is one. The river is subject to the full range of anthropogenic impacts typical of the region, the most significant of which is agricultural activity. The river's chemical runoff exerts a considerable influence on the ecosystem of the Kaliningrad Lagoon. Previous studies of the Prokhladnaya River have been fragmentary and sporadic. For the first time, an analysis of the river's chemical pollution has been carried out on the basis of systematic monitoring that meets spatial coverage criteria. The aim of the study is to identify the spatial differentiation of chemical pollution and to assess the water quality of the Prokhladnaya River on the basis of chemical analyses of water samples collected during the spring hydrological season of 2025. The calculation of the integrated Water Pollution Index demonstrated that water quality varies from the "clean" to the "polluted" category. Polluted waters were recorded in the upper reaches of the river, where oxygen deficiency and exceedances of the standards for chemical oxygen demand, ammonium, and iron were observed. In the middle reaches, the water was classified as "moderately polluted" and "clean." In the river mouth area, the water again fell into the "moderately polluted" category, although close to the lower threshold of this class, with exceedances in nitrite concentrations and elevated sodium levels. The principal contributors to the pollution of the watercourse are high and elevated values of chemical oxygen demand, iron, biochemical oxygen demand, and, in isolated cases, nitrites, as well as low concentrations of dissolved oxygen in the water. Exceedances of the maximum permissible concentrations for these parameters are attributable to the combined influence of natural and anthropogenic factors.

Keywords: Prokhladnaya River, chemical pollution, water pollution index, water quality, anthropogenic impacts, natural factors



The authors

Galina O. Platonenko, PhD student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

ORCID: 0009-0000-4811-6342

E-mail: mitruwenkova@mail.ru

Prof. Sergey I. Zotov, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

ORCID: 0000-0002-6509-7398

E-mail: zotov.prof@gmail.com

Dr. Yuri A. Spirin, research associate, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Russia.

ORCID : 0000-0003-3481-9666

E-mail: spirin.yuriy@rambler.ru

А. А. Тарасенко^{1,2}, А. А. Зонов², А. Ю. Романчук²

**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ДИГРЕССИИ
ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ В РАЙОНЕ
ПРОЕКТИРУЕМЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ВИШТЫНЕЦКИЙ»**

50

¹ Государственное автономное учреждение Калининградской области
«Экологический центр «ЕКАТ-Калининград», Калининград, Россия

² Балтийский федеральный университет им. И. Канта,
Калининград, Россия

Поступила в редакцию 10.03.2026 г.

Принята к публикации 03.06.2026 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-4

Для цитирования: Тарасенко А. А., Зонов А. А., Романчук А. Ю. Оценка степени дигрессии природных комплексов в районе проектируемых экологических маршрутов национального парка «Виштынецкий» // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные науки. 2026. №3. С. 50 – 68. doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-4.

Проведена оценка степени дигрессии природных комплексов национального парка «Виштынецкий» в районе трех проектируемых экологических маршрутов: «Озеро Проточное», «Три сосны», «Озеро Мариново». Методическую базу исследования составили методика стадийной оценки дигрессии лесных биогеоценозов Н. С. Казанской и соавторов, адаптированная для линейных объектов, и методика оценки стихийных сходов А. С. Кузнецовой, Э. А. Бикташевой. Полевые работы, проведенные в августе 2025 г., включали маршрутное обследование с профилированием буферных зон и инвентаризацию стихийных сходов. По результатам исследования на маршруте «Озеро Проточное» выявлены I – II стадии дигрессии природных комплексов с преобладанием I (фоновой) стадии, зафиксировано два схода II уровня нарушенности. Степень дигрессии на маршруте «Три сосны» соответствует I – III стадиям, выявлены два схода II – III уровня нарушенности. На маршруте «Озеро Мариново» преобладает I стадия дигрессии, II приурочена к пешеходной тропе, локально выявлена III стадия (у объектов показа, на стихийных сходах к озеру, на съездах для мотоциклов). Зафиксировано наличие шести стихийных сходов, из которых три (к озеру и вдоль лесной дороги) соответствуют III уровню, три (съезды для мотоциклов) – IV уровню нарушенности. Разработаны дифференцированные рекомендации по обустройству маршрутов и управлению рекреационной нагрузкой с целью сохранения природных комплексов.

Ключевые слова: Калининградская область, экологический туризм, ООПТ, рекреационная дигрессия, стихийные сходы



Введение

Национальный парк «Виштынецкий» — особо охраняемая природная территория федерального значения, расположенная в юго-восточной части Калининградской области, на Виштынецкой моренной возвышенности. Парк создан 1 апреля 2024 г. постановлением Правительства Российской Федерации №412 на базе одноименного природного парка [14]. Общая площадь национального парка «Виштынецкий» — более 27,6 тыс. га. Территория парка интересна своим рельефом, который указывает на ледниковое происхождение. Здесь расположено большое количество возвышенностей, основная — Виштынецко-Сувальская. В этом месте соседствуют крупно-, средне- и мелкохолмистые моренные массивы, глубоко врезаемые речные долины, озово-камовые образования, озерные котловины различного происхождения, верховые и низинные болота. Ключевыми элементами ландшафтной структуры являются озера Виштынецкой группы: Виштынецкое, Мариново, Проточное и другие, приуроченные к термокарстовым котловинам и ложбинам ледникового стока. Долины р. Красной, Писсы и их притоков с хорошо разработанными руслами, высокотравными лугами и пойменными лесами дополняют это разнообразие. Почвенный покров отличается пестротой: от дерново-подзолистых и бурых лесных почв на возвышенностях до торфяно-болотных в понижениях. Растительность представлена сложным комплексом хвойно-широколиственных лесов с участием ели, сосны, дуба, липы, граба, ясеня, которые на увлажненных участках сменяются ольшаниками, а по берегам озер — зарослями тростника и осок. Такое разнообразие природных комплексов определяет высокую эстетическую ценность ландшафтов Виштынецкой возвышенности [12; 15].

Однако высокая привлекательность местности влечет за собой и определенные риски. На протяжении многих лет, будучи природным парком, данная территория активно использовалась для неорганизованного туризма. Стихийно сложились основные маршруты, по которым перемещались отдыхающие, приезжающие на Виштынецкое озеро, к р. Красной, в окрестности пос. Боровиково и Пугачево. Часть указанных троп не была утверждена официально, не проводились научные исследования как по оценке состояния природных комплексов, так и по воздействию на них рекреационной нагрузки, приводящей к необратимым изменениям в биоценозах.

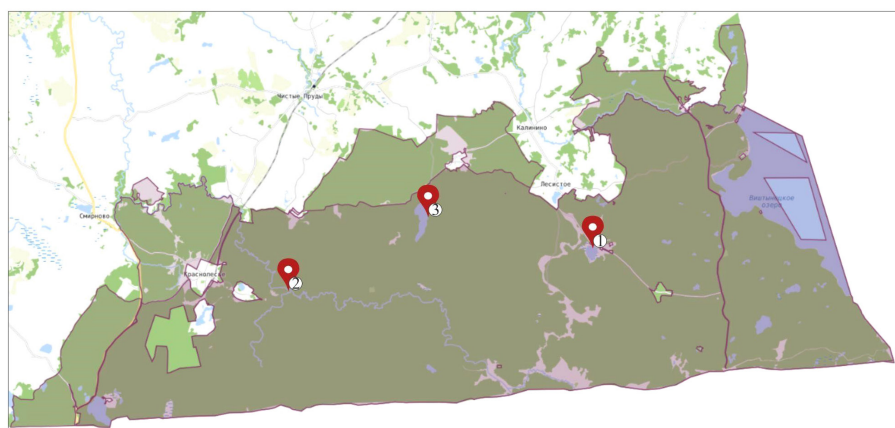
Проблема дигрессии природных комплексов на особо охраняемых природных территориях (далее — ООПТ) в последние годы привлекает все больше внимания исследователей, что связано с устойчивым ростом туристических потоков и необходимостью сохранения природных комплексов. Как отмечают А. В. Завадская и В. В. Непомнящий [2], современные подходы к управлению рекреацией на ООПТ строятся не столько на ограничениях, сколько на системе мониторинга, позволяющей отслеживать изменения и своевременно корректировать нагрузку. Опыт организации таких наблюдений накоплен в разных регионах. На маршрутах Кавказского заповедника [3] были зафиксированы участки с выраженными эрозионными процессами, причем наиболее уязвимыми оказались горно-луговые ландшафты. В государственном нацио-

нальном природном парке «Бурабай» в Казахстане [1] пиковые нагрузки в отдельные дни превышали допустимые значения более чем в 180 раз, что привело к формированию разветвленной сети стихийных троп.

Цель работы заключалась в оценке степени дигрессии природных комплексов в зоне влияния трех проектируемых экологических маршрутов для разработки научно обоснованных рекомендаций по оптимизации рекреационной нагрузки и обустройству троп, обеспечивающих сохранение природных комплексов национального парка «Виштынецкий» в соответствии с его федеральным статусом.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в августе 2025 г. на трех участках национального парка «Виштынецкий»: в окрестностях оз. Проточное, в урочище «Три сосны» и на оз. Мариново (рис. 1). Выбор участков обусловлен разнообразием природных условий: приозерные заболоченные комплексы, долинные ландшафты реки Красной, холмисто-озерные ландшафты центральной части Виштынецкой возвышенности — и, как следствие, высокой посещаемостью среди неорганизованных туристов. Различная протяженность маршрутов (от 393 м до 5,4 км) обеспечила возможность оценить состояние природных комплексов как в районе небольших, так и на достаточно протяженных туристских тропах, что повышает репрезентативность полученных результатов.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- | | |
|---|---|
| проектируемый экологический маршрут «Озеро Проточное» | граница национального парка «Виштынецкий» |
| проектируемый экологический маршрут «Три сосны» | лес |
| проектируемый экологический маршрут «Озеро Мариново» | водные объекты |

Рис. 1. Расположение исследуемых участков

Методические подходы к оценке состояния природных комплексов подробно разработаны сотрудниками национального парка «Куршская коса». В работах Ю. А. Майоровой и И. П. Жуковской [6; 7; 17] пред-



ставлен опыт регулярных наблюдений за посещаемостью и состоянием экологических троп, обоснована необходимость системного подхода к сбору данных. А. А. Медведева [9; 10] применила комплексную методику, включающую оценку дигрессии на самих маршрутах и анализ стихийных сходов. Для оценки стихийных сходов А. С. Кузнецовой и Э. А. Бикташевой [5] была предложена специализированная методика, основанная на визуальной фиксации параметров нарушенности почвенно-растительного покрова. Результаты многолетних наблюдений на Куршской косе показывают, что при своевременном обустройстве маршрутов природные комплексы сохраняют способность к самовосстановлению.

Для оценки состояния природных комплексов вдоль троп на территории национального парка «Виштынецкий» использовалась методика стадийной оценки дигрессии лесных биогеоценозов, разработанная Н. С. Казанской с соавторами [4] и адаптированная для линейных объектов в пособии «Тропа в гармонии с природой» [16]. Согласно этой методике, выделяется пять стадий нарушения лесной среды — от I (фоновая) до V (полная деградация). Критериями служат состояние древостоя, подроста и подлеска, проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохового ярусов, нарушенность лесной подстилки и почвы, наличие механических повреждений растений. Оценка проводилась визуально с инструментальным контролем (использовалась мерная лента для определения ширины троп и глубины вытоптаных участков) на маршрутах с поперечным и продольным профилированием буферной зоны. Под буферной зоной понимается полоса, прилегающая к тропе, на которую распространяется прямое или косвенное рекреационное воздействие. Ширина буферной зоны оценивалась отдельно для каждого участка в зависимости от характера растительности и рельефа. На каждом маршруте закладывались точки наблюдения, привязанные к характерным ориентирам — местам отдыха, смотровым площадкам, пересечениям с другими тропами, участкам с выраженными признаками нарушений.

Для инвентаризации и диагностики стихийных сходов — несанкционированных ответвлений от основной тропы — использовалась методика А. С. Кузнецовой и Э. А. Бикташевой [5], разработанная для экологических троп национального парка «Куршская коса». Согласно данной методике, для каждого схода фиксировались местоположение (с помощью GPS-навигатора и привязки к характерным ориентирам), протяженность, а также оценивались следующие параметры: проективное покрытие напочвенного покрова (%), доля площади с нарушенной структурой подстилки (%), доля площади, полностью лишенной подстилки (%), наличие обнажений корневых систем. Оценка проводилась визуально по заранее определенной шкале. На основе сочетания этих показателей сходы относились к одному из пяти уровней нарушенности — от I (очень слабый) до V (очень сильный). Всего на трех маршрутах было выявлено и описано 10 стихийных сходов, различающихся по протяженности, конфигурации и степени воздействия на природные комплексы.



Комплексный подход, сочетающий оценку дигрессии и анализ сходов, был успешно апробирован А. А. Медведевой [9] при изучении рекреационного воздействия на Куршской косе и показал свою эффективность для выявления наиболее проблемных зон, требующих первоочередного обустройства или, напротив, полного закрытия. В настоящем исследовании этот подход был адаптирован с учетом специфики природных условий Виштынецкой возвышенности и особенностей рекреационного использования территории.

Предварительно был проведен анализ литературных и картографических источников для характеристики природных условий территории. Использовались научные публикации по геологии, геоморфологии, почвоведению и геоботанике Калининградской области. Это позволило получить объективное представление о фоновых характеристиках природных комплексов и корректно интерпретировать нарушения, выявленные в ходе полевых работ.

Результаты

Проектируемый экологический маршрут «Озеро Проточное» расположен в восточной части национального парка «Виштынецкий», вблизи пос. Боровиково; его протяженность составляет 466,7 м. Тропа проходит вдоль северного берега оз. Проточного — наиболее мелководного водоема Виштынецкой группы (максимальная глубина — 2,3 м), находящегося в стадии активного заболачивания с мощными отложениями сапропелей. Почвенный покров представлен комплексом перегнойно-торфянисто-глеевых и дерново-подзолистых глееватых почв. Растительность: от елово-липовых лесов с лещиной в подлеске на дренированных участках до зарослей тростника и осоки по заболоченному берегу, а также водной растительности в озере. Участок характеризуется высокой степенью природной ценности и одновременно уязвимостью в связи с наличием торфянистых почв, чувствительных к механическому воздействию [8; 12; 13].

Проведенное обследование показало, что природный комплекс вдоль маршрута находится преимущественно в I (фоновой) стадии дигрессии (рис. 2). Площади с I стадией занимают 96,1 % обследованной территории, на участки со II стадией приходится 3,9 %. На большей части тропы сохранился старый деревянный настил (около 400 м), который, несмотря на аварийное состояние (местами доски прогнили, проваливаются, ограждение частично утрачено), продолжает эффективно фиксировать траекторию движения и предотвращать воздействие на буферную зону. Древостой из ели европейской (*Picea abies*) и липы сердцелистной (*Tilia cordata*) не имеет механических повреждений: на стволах отсутствуют затесы, содранная кора, спилы. Подрост и подлесок, представленные преимущественно лещиной обыкновенной (*Corylus avellana*), сохраняют естественную густоту и жизнеспособность. В напочвенном покрове под пологом леса преобладают типичные лесные виды: сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria*), осока лесная (*Carex sylvatica*), местами щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas*); проективное покрытие травянистой растительности на большей части территории достигает 100 %. Лесная под-

стилка имеет нормальную мощность и сохраняет рыхлую, пружинящую структуру, что характерно для ненарушенных участков. Локальные нарушения, соответствующие II стадии, зафиксированы лишь точечно и занимают не более 10 % общей площади буферной зоны. В зоне неорганизованной парковки у въезда сформировалась зона с уплотненным грунтом и доминированием подорожника большого (*Plantago major*) и одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*); здесь отмечено снижение проективного покрытия травянистой растительности до 60–70 %. В середине маршрута выявлена слабо выраженная тропинка, ведущая в сторону пос. Боровиково. На этом сходе проективное покрытие трав составляет около 50–60 %, подстилка слегка уплотнена, но участки, полностью лишенные растительности, отсутствуют. Ближе к концу маршрута зафиксирован небольшой участок у куртины малины обыкновенной (*Rubus idaeus*) с признаками вытаптывания и повреждения побегов, что указывает на сбор ягод. В целом рекреационное воздействие на маршруте носит строго локальный характер и не приводит к существенным изменениям природного комплекса.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Стадии дигрессии	— основная тропа	смотровые площадки	водные объекты
1 стадия	- - - стихийные сходы	неорганизованная парковка	населенный пункт
2 стадия	начало маршрута	граница населенного пункта	участки за пределами района исследования
	конец маршрута	автомобильная дорога	

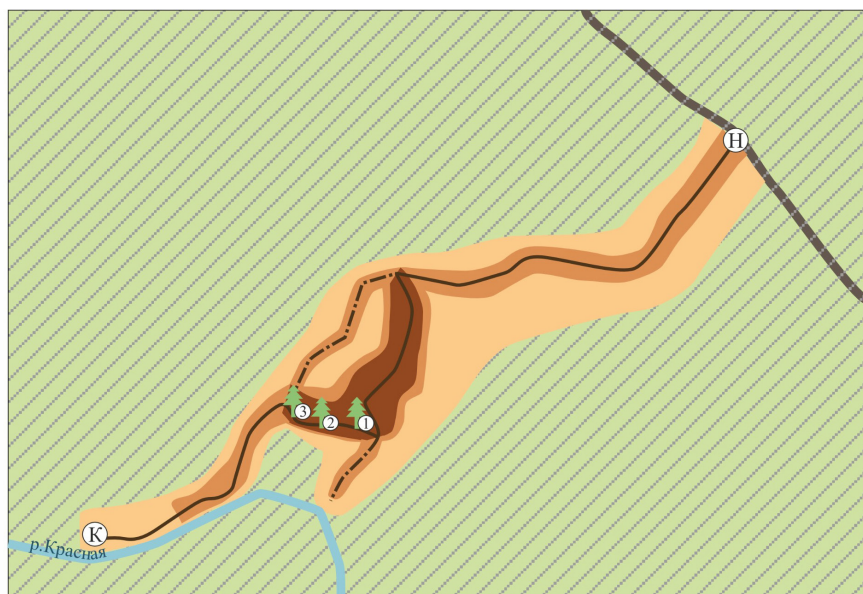
Рис. 2. Степень дигрессии природного комплекса в районе проектируемого экологического маршрута «Озеро Проточное»



Проектируемый экологический маршрут «Три сосны» находится в западной части парка, в долине реки Красной, имеющей статус памятника природы регионального значения. Протяженность маршрута — 393 м. Центральный объект — три дерева вида сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), возраст которых оценивается примерно в 120 лет. В 2016 г. деревья были огорожены декоративным забором для защиты от механических повреждений. Ландшафт характеризуется сочетанием моренных возвышенностей и долинных комплексов с выходами валунных супесей. Почвы — аллювиальные дерновые кислые и насыщенные. Растительный покров отличается высоким разнообразием: хвойно-широколиственные леса с участием граба обыкновенного (*Carpinus betulus*), ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior*) и дуба черешчатого (*Quercus robur*) сменяются прибрежными сообществами с ольхой черной (*Alnus glutinosa*) и ивняками. На прилегающих склонах встречаются участки с богатым травяным покровом, включающим такие виды, как ландыш майский (*Convallaria majalis*), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), копытень европейский (*Asarum europaeum*). Близость реки Красной, имеющей статус памятника природы, обуславливает особый режим охраны этой территории [8; 13; 15].

На указанном маршруте наблюдается принципиально иная картина — мозаичное распределение стадий дигрессии с выраженной пространственной дифференциацией (рис. 3). Большая часть района исследования (76,5 %) сохраняет I (фоновую) стадию, участки со II стадией занимают 15,25 %, с III стадией — 8,25 % обследованной площади. На начальном участке от грунтовой дороги до шлагбаума фиксируется II стадия: ширина тропы достигает 2 м, проективное покрытие трав снижено до 65–85 %, в травостое появляются устойчивые к вытаптыванию виды (подорожник большой (*Plantago major*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), мятлик однолетний (*Poa annua*). Стадия II приурочена в основном к пешеходной тропе, по мере отдаления от нее буферная зона сохраняет фоновую (I) стадию дигрессии. При приближении к трем соснам нагрузка возрастает и соответствует III стадии. Несмотря на наличие ограждения для защиты стволов от механических повреждений, почвенно-растительный покров в радиусе 5–7 м от деревьев деградирован. Лесная подстилка и почва сильно уплотнены, наблюдаются многочисленные обнажения корней деревьев. Проективное покрытие травяного яруса на этом участке составляет от 0 до 10 %, представлено преимущественно рудеральными видами, такими как подорожник большой (*Plantago major*), хвощ полевой (*Equisetum arvense*), крапива двудомная (*Urtica dioica*). От площадки к реке Красной отходят два крутых спуска. Первый, оборудованный остатками деревянных перил, является продолжением основного маршрута и соответствует II стадии дигрессии: ширина тропы здесь около 50–60 см, по краям сохраняются участки с лесным разнотравьем, но в центральной части почва уплотнена, подстилка нарушена. Второй спуск представляет собой стихийный сход, ведущий непосредственно к обрыву. На нем зафиксирована II стадия дигрессии с обнажениями корней деревьев и начальными проявлениями эрозии. Прибрежная часть маршрута вдоль реки испытывает умеренную нагрузку, связанную преимущественно с пикниковым отдыхом:

здесь выделяются локальные участки со II стадией дигрессии, где травяной покров изрежен. Встречаются кострища и бытовой мусор, но значительная часть территории, по мере удаления от тропы вглубь буферной зоны, сохраняет I стадию.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Стадии дигрессии	— основная тропа	лес
1 стадия	- - - стихийные сходы	реки
2 стадия	Н начало маршрута	грунтовая дорога
3 стадия	К конец маршрута	участки за пределами района исследования
	старовозрастные сосны	

Рис. 3. Степень дигрессии природного комплекса в районе проектируемого экологического маршрута «Три сосны»

Третий участок исследования, природный комплекс в зоне влияния проектируемого экологического маршрута «Озеро Мариново», расположен в центральной части национального парка, в 3,5 км к юго-западу от пос. Пугачево. Его протяженность составляет 5,4 км; начало находится в 500 м к юго-востоку от турбазы «Мариново», окончание — в 100 м к северо-западу от турбазы. Озеро Мариново — второе по величине в Виштынецкой группе (площадь — 82,5 га, максимальная глубина — 7,6 м), имеет ледниковое происхождение. Оно занимает котловину, выработанную древним ледником, и по своим очертаниям напоминает уменьшенную копию оз. Виштынецкого. Восточный и западный берега обрывистые, сложены песчаными грунтами с большим количеством гальки и валунов, принесенных ледником из Скандинавии; южный и северный берега — низкие, заболоченные, с зарослями тростника.

Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми и дерново-подзолистыми глееватыми почвами, сформировавшимися на валунных супесях и песках. Растительность представлена еловыми, сосновыми и смешанными лесами с участием липы мелколистной (*Tilia cordata*), дуба черешчатого (*Quercus robur*), граба обыкновенного (*Carpinus betulus*). В напочвенном покрове доминируют сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria*), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), осока лесная (*Carex sylvatica*), купырь лесной (*Anthriscus sylvestris*). Важный историко-культурный объект на маршруте – фундамент чайного домика, построенного в 1909 г. для супруги кайзера Августы Виктории. Этот объект привлекает дополнительное внимание посетителей и создает локальную зону повышенной рекреационной нагрузки [8; 13; 15].

На участке исследования, находящемся в зоне влияния проектируемого экологического маршрута «Озеро Мариново» (наиболее протяженного из обследуемых), выявлено три стадии дигрессии природных комплексов (рис. 4). Площади с I стадией занимают 88,9 % обследованной территории, участки со II стадией – 10,39 %, на долю III стадии приходится 0,71 %.



Рис. 4. Степень дигрессии природного комплекса в районе проектируемого экологического маршрута «Озеро Мариново»

В буферной зоне преобладает I (фоновая) стадия дигрессии. Здесь сохраняется естественная структура лесных сообществ: древостой не имеет механических повреждений, подрост и подлесок жизнеспособны, в напочвенном покрове доминируют типичные лесные виды – сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria*), кислица обыкновенная (*Oxalis*



acetosella), осока лесная (*Carex sylvatica*), купырь лесной (*Anthriscus sylvestris*), местами встречаются щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas*) и орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum*). Лесная подстилка имеет нормальную мощность (3–7 см), сохраняет рыхлую структуру и не нарушена. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса на этих участках составляет 80–100 %, что соответствует фоновым значениям для данного типа леса.

В непосредственной близости от тропы, в полосе шириной от 1 до 3 м (в зависимости от крутизны склона и густоты подлеска), фиксируется II стадия дигрессии. Сама тропа хорошо выражена, ее ширина варьирует от 0,5 до 1,5 м, на отдельных участках, особенно в местах пересечения с лесными дорогами, расширяясь до 4 м. В пределах этой полосы отмечается изменение лесной среды: подстилка и почва уплотнены; встречаются обнажения корней деревьев; проективное покрытие травяного яруса снижено, в составе травостоя появляются отдельные экземпляры устойчивых к вытаптыванию видов — подорожника большого (*Plantago major*), одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*), мятлика однолетнего (*Poa annua*). При этом подрост и подлесок в основном сохраняют жизнеспособность, а большая часть древостоя не имеет механических повреждений.

Участки с III стадией дигрессии имеют локальный характер и приурочены к местам наиболее интенсивного и регулярного антропогенного воздействия. На начальной точке маршрута лесная подстилка и почва сильно уплотнены. Травяной покров изрежен и представлен преимущественно рудеральными видами: подорожником большим, спорышом птичьим (*Polygonum aviculare*), мятликом однолетним. Аналогичная картина наблюдается на двух стихийных сходах к озеру, расположенных в восточной части маршрута. Помимо вытоптаных площадок, здесь зафиксированы механические повреждения деревьев: на стволах имеются затесы, вбитые гвозди, местами содрана кора. На полянах у озера отмечены следы костров, скопления бытового мусора, вытоптанная растительность. Проективное покрытие трав на этих участках колеблется от 10 до 30 %, подстилка отсутствует на 50–70 % площади, почва сильно уплотнена, местами обнажены корни деревьев.

Наиболее серьезные нарушения зафиксированы в зоне трех съездов для мотоциклов со склонов. Степень деградации природного комплекса относится к III стадии. Почва сильно уплотнена и нарушена механически: наблюдаются глубокие колеи, обнажения корней деревьев на значительных площадях. На отдельных участках активно развиваются эрозионные процессы — формируются рытвины и промоины, по которым происходит смыв почвы в весенний период и во время ливней. Участок, примыкающий к фундаменту чайного домика, также характеризуется повышенной рекреационной нагрузкой. Вокруг исторического объекта, привлекающего основное внимание посетителей, сформировалась вытоптанная зона, в пределах которой подстилка и почва сильно уплотнены, травяной покров изрежен и представлен преимущественно сорными видами. На подходе к объекту тропа расширяется, также отмечаются признаки III стадии дигрессии. Поляны у объектов старой инфраструк-

туры и в местах сбора грибов демонстрируют схожую картину: вокруг каждого объекта изрежена растительность, подстилка и почва сильно уплотнены, что соответствует III стадии дигрессии.

Таким образом, пространственное распределение стадий дигрессии на маршруте «Озеро Мариново» подчиняется следующей закономерности: фоновая I стадия занимает обширные площади буферной зоны на удалении от тропы; II стадия формирует коридор вдоль всей трассы маршрута; локальные участки III стадии приурочены к местам концентрации посетителей — объектам инфраструктуры, стихийным сходам к озеру, зонам отдыха и сбора грибов.

Помимо оценки степени дигрессии природных комплексов вдоль основных трасс маршрутов, в ходе полевых работ проводилась инвентаризация и диагностика стихийных сходов.

На маршруте «Озеро Проточное» зафиксировано два стихийных схода общей протяженностью 50,5 м (рис. 5).

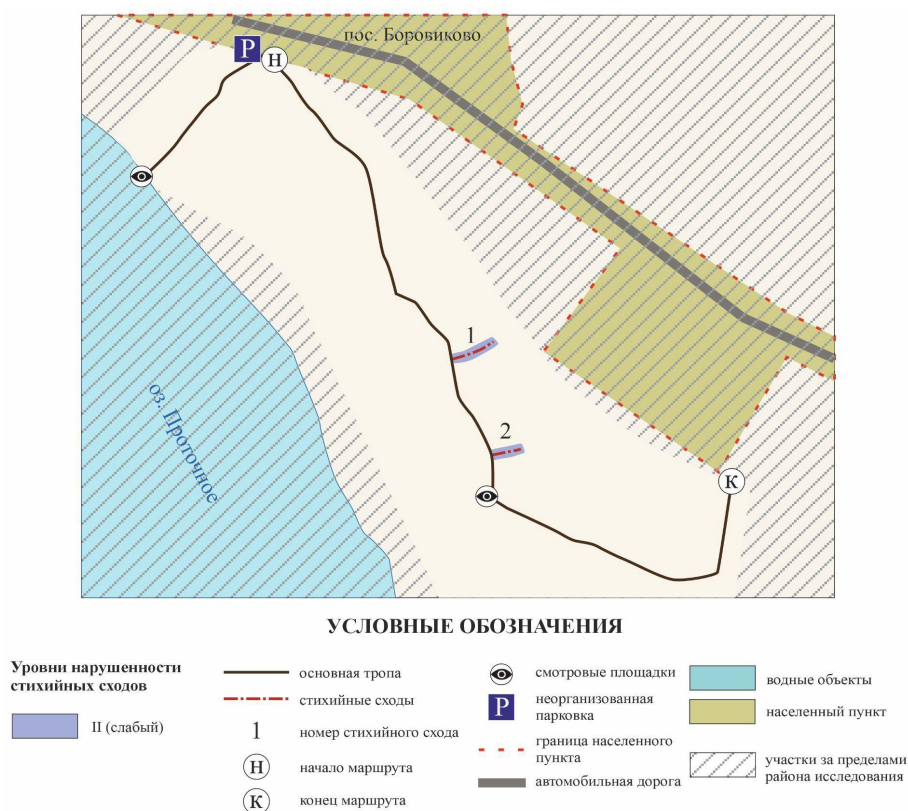


Рис. 5. Стихийные сходы на проектируемом экологическом маршруте «Озеро Проточное»

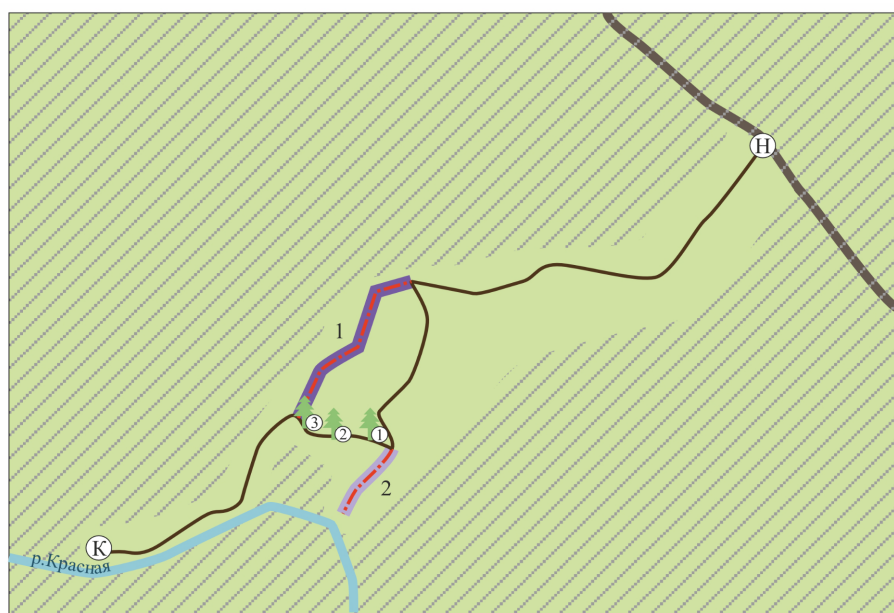
Первый сход, длиной 34,3 м, расположен примерно в середине маршрута и ведет в сторону пос. Боровиково. Он представляет собой слабовыраженную тропинку шириной около 0,3–0,4 м. Проективное покрытие напочвенного покрова на сходе составляет около 60–70 %; доля площа-



ди с нарушенной структурой подстилки не превышает 15–20 %; участки, полностью лишенные подстилки, отсутствуют; обнажения корней не наблюдаются. Второй сход, длиной 16,2 м, приурочен к куртине малины и образовался в результате сбора ягод. Его параметры сходны с первым: проективное покрытие 70–80 %, нарушение подстилки около 15 %, полное отсутствие подстилки не зафиксировано. Оба схода соответствуют II уровню нарушенности (слабый) по шкале Кузнецовой. Они находятся на начальной стадии дигрессии и не оказывают значительного влияния на общее состояние природного комплекса, однако их наличие указывает на векторы потенциального расширения тропиночной сети и требует учета при планировании обустройства маршрута.

На проектируемом экологическом маршруте «Три сосны» выявлено два стихийных схода общей протяженностью 92,7 м (рис. 6).

61



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Уровни нарушенности сходов

- II (слабый)
- III (средний)

- основная тропа
- - - стихийные сходы
- 1 номер стихийного схода
- Н начало маршрута
- К конец маршрута
- старовозрастные сосны

- лес
- реки
- грунтовая дорога
- участки за пределами района исследования

Рис. 6. Стихийные сходы на проектируемом экологическом маршруте «Три сосны»

Первый сход, длиной 61,1 м, идет параллельно основной тропе, фактически образуя раздвоение трассы: тропа расходится на два русла,

которые затем вновь смыкаются. Такая конфигурация свидетельствует о том, что в периоды переувлажнения основная тропа становилась некомфортной для прохода и посетители прокладывали альтернативный путь. По степени нарушенности данный сход соответствует III уровню (средний): проективное покрытие травянистой растительности составляет 15–20 %, доля площади с нарушенной структурой подстилки достигает 60–70 %, на 5–7 % площади подстилка отсутствует полностью, отмечаются единичные обнажения корней. Второй сход, длиной 31,6 м, ведет от площадки у трех сосен к крутому обрыву в сторону реки Красной. Он характеризуется значительной крутизной и также относится к III уровню нарушенности: проективное покрытие травянистой растительности составляет 20–40 %, нарушение подстилки – 60–70 %, местами полное отсутствие подстилки, обнажение корней. Этот спуск представляет потенциальную опасность для посетителей и наносит серьезный ущерб склоновым почвам, способствуя развитию эрозии.

На проектируемом маршруте «Озеро Мариново» выделено шесть стихийных сходов общей протяженностью более 350 м (рис. 7).

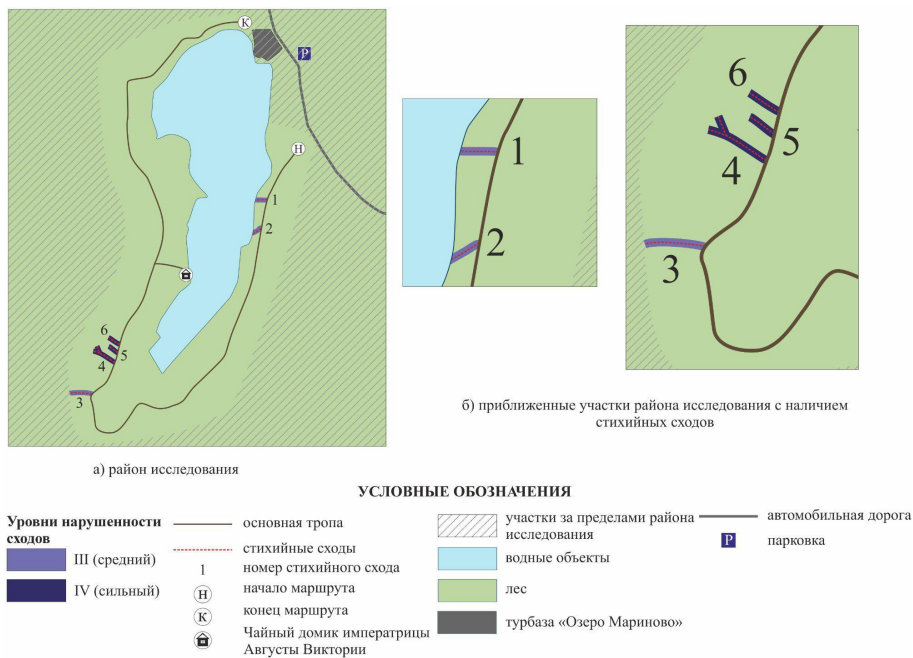


Рис. 7. Стихийные сходы на проектируемом экологическом маршруте «Озеро Мариново»

Два схода к озеру (56,6 и 53,3 м) характеризуются III уровнем нарушенности: на них проективное покрытие травянистой растительности составляет 10–30 %, доля площади с нарушенной подстилкой достигает 60–70 %, на 8–10 % площади подстилка отсутствует полностью, отмечаются обнажения корней, следы костровищ. Сход, приуроченный к лесной дороге (112,4 м), также соответствует III уровню. Три съезда для мотоциклов (длиной 45–56 м каждый) представляют собой наиболее се-



рзные нарушения и соответствуют IV уровню (сильный). На этих съездах проективное покрытие на трассе составляет 6–7 %, подстилка нарушена на 90–100 %, на 40–60 % площади она отсутствует полностью. Наблюдаются глубокие колеи, многочисленные обнажения корней, активные эрозионные процессы в виде промоин. Прилегающие к съездам поляны также сильно нарушены и используются, по-видимому, для отдыха мотоциклистами.

Полученные данные демонстрируют, что состояние природных комплексов на трех обследованных маршрутах существенно различается и определяется сочетанием природных факторов (тип леса, характер почв, крутизна склонов, близость воды) и особенностей рекреационного использования. На маршруте «Озеро Проточное» наличие даже ветхого деревянного настила сыграло ключевую защитную роль. Ограничив рассеивание нагрузки, он позволил сохранить фоновую стадию дигрессии на большей части исследуемой территории. Стихийные сходы здесь малочисленны, имеют небольшую протяженность и слабую степень нарушенности, что подтверждает эффективность даже минимальных инфраструктурных решений. Этот случай можно рассматривать как наглядную иллюстрацию того, что канализирование потока посетителей — один из наиболее действенных способов защиты уязвимых природных комплексов.

На маршруте «Три сосны» отсутствие обустройства и наличие уникальных объектов (старовозрастные деревья) привели к формированию классической картины рекреационной дигрессии с четко выраженной зональностью: сильные нарушения (III стадия) непосредственно у объекта показа, транзитные участки со II стадией нарушенности и фоновые зоны, сохранившие I стадию. Выявленные стихийные сходы, особенно параллельный основному маршруту, свидетельствуют о том, что существующая тропа в отдельные периоды (дожди, снеготаяние) становится некомфортной для прохода, побуждая посетителей искать альтернативные пути. Опасный сход к реке требует безотлагательного закрытия, так как его дальнейшее использование не только усугубляет эрозию склона, но и создает угрозу безопасности посетителей.

Значительная протяженность проектируемого маршрута «Озеро Мариново», мозаичность ландшафтов и наличие зон притяжения (само озеро, чайный домик, места отдыха) обусловили формирование целого спектра антропогенных воздействий. Оценка дигрессии показала, что вдоль всей трассы маршрута преобладает II стадия, тогда как в буферной зоне на удалении от тропы в основном сохраняется I стадия. Локальные участки III стадии приурочены к местам концентрации посетителей: начальной точке маршрута, сходам к озеру, зоне съездов для мотоциклов, территории вокруг чайного домика и полянкам у объектов старой инфраструктуры. Особую тревогу вызывают съезды для мотоциклов, где степень нарушенности достигает IV уровня с активными эрозионными процессами. Сходы к озеру, хотя и имеют меньшую степень нарушенности, также нуждаются в регулировании, поскольку создают коридоры для проникновения отдыхающих в прибрежную зону, где почвенно-растительный покров особенно уязвим.



Наблюдаемые на съездах для мотоциклов эрозионные процессы сходны с описанными для сильно нарушенных участков на маршрутах Кавказского заповедника [2], где активное развитие эрозии также связано с отсутствием твердого покрытия и значительной крутизной склонов. Авторы отмечают, что в горно-луговой зоне процессы деградации протекают значительно быстрее, чем под пологом леса, что полностью согласуется с ситуацией на склонах вблизи озера Мариново.

Результаты многолетнего мониторинга на Куршской косе показывают, что своевременное обустройство троп (укладка настилов, установка ограждений, организация смотровых площадок) и регулирование потоков посетителей позволяют не только сдерживать дальнейшую деградацию, но и запускают процессы естественного восстановления нарушенных участков. Так, на экологическом маршруте «Танцующий лес» после замены настилов и установки дополнительных ограждений площадь участков с высокими стадиями дигрессии сократилась, а травяной покров начал восстанавливаться даже в местах, ранее считавшихся безнадежно вытоптанymi. Необходимость регулярного рекреационного мониторинга, включающего как оценку состояния природных комплексов, так и учет посетителей, обоснована в работах Ю. А. Майоровой и И. П. Жуковской [6; 7]. Авторы подчеркивают, что только систематические наблюдения позволяют своевременно выявлять негативные тенденции и принимать адекватные управленческие решения. Комплексный подход, сочетающий оценку дигрессии и анализ стихийных сходов, успешно апробированный А. А. Медведевой [9] и примененный в настоящем исследовании, показал высокую эффективность для выявления наиболее проблемных зон, требующих первоочередного вмешательства. Исползованная методика количественной и качественной оценки сходов [5] позволила не только зафиксировать их наличие, но и дать объективную характеристику степени воздействия каждого ответвления на природные комплексы, что важно для обоснования последующих управленческих решений.

На основе проведенного анализа предложены дифференцированные рекомендации, учитывающие специфику каждого маршрута. Для «Озера Проточного», где природный комплекс сохранился в почти эталонном состоянии, приоритетны превентивные меры: реконструкция существующего настила с установкой невысокого, но функционального ограждения, обустройство компактной парковки с твердым покрытием, установка малых архитектурных форм (скамьи, столы) и контейнеров для раздельного сбора мусора в строго отведенных местах. Для маршрута «Три сосны» необходим более серьезный комплекс мер: устройство сплошного почвозащитного настила по всей траектории движения посетителей (включая параллельный сход, который целесообразно интегрировать в основной маршрут), закрытие опасного спуска к реке, строительство безопасной лестницы на крутом склоне, являющемся продолжением основной тропы, обустройство смотровых площадок у сосен и у реки, придание старовозрастным деревьям статуса памятника природы для усиления правовой защиты. Для «Озера Мариново», где спектр нарушений наиболее широк, требуется ком-



плексный подход, включающий закрытие и рекультивацию съездов для мотоциклов, обустройство смотровых площадок у озера с организацией специальных мест для отдыха у воды (у начала тропы и у чайного домика Августы Виктории), восстановление нарушенных участков у объектов старой инфраструктуры, установку информационных стендов, разъясняющих ценность природных комплексов и правила поведения.

Общим условием устойчивого развития рекреации на всех трех маршрутах является их официальная паспортизация и включение в Реестр экологических троп и туристских маршрутов на ООПТ федерального значения [11]. Это позволит закрепить режим посещения (допустимое количество посетителей, сезонность, правила поведения), создать правовую основу для природоохранных мероприятий, а также обеспечить возможность привлечения нарушителей к ответственности. Кроме того, необходима организация системы информационного сопровождения, включающая как стационарные стенды на местности, так и цифровые ресурсы (сайт, мобильные приложения) с актуальной информацией о маршрутах, их особенностях и правилах посещения.

Заключение

Проведенное исследование показало, что природные комплексы в зоне влияния трех проектируемых экологических маршрутов национального парка «Виштынецкий» находятся в разном состоянии.

На маршруте «Озеро Проточное» (466,7 м) преобладает I стадия дигрессии благодаря сохранившемуся деревянному настилу, выполняющему барьерную функцию, II стадия относится к локальным нарушениям. Два стихийных схода характеризуются II (слабым) уровнем нарушенности. На маршруте «Три сосны» (393 м) выявлена мозаичная картина: III стадия — у трех старовозрастных сосен, транзитные участки II стадии — вдоль тропы, фоновая I стадия — в буферной зоне. Два стихийных схода III уровня нарушенности требуют дифференцированного подхода: параллельный сход целесообразно интегрировать в маршрут, опасный спуск к реке — закрыть. На маршруте «Озеро Мариново» (5,4 км) вдоль трассы преобладает II стадия, в буферной зоне — I стадия. Участки III стадии приурочены к местам концентрации посетителей: начальной точке, сходам к озеру, съездам для мотоциклов, территории у чайного домика, объектам старой инфраструктуры. Из шести стихийных сходов три соответствуют III уровню нарушенности, три съезда для мотоциклов — IV уровню с активными эрозионными процессами.

Полученные данные обосновывают необходимость дифференцированного подхода к обустройству маршрутов: от превентивных мер на «Озере Проточном» до комплексных реабилитационных мероприятий на «Трех соснах» и «Озере Мариново». Общим условием устойчивого развития рекреации является официальная паспортизация маршрутов и включение их в Реестр экологических троп на ООПТ федерального значения.



Список литературы

1. Егембердиева К. Б., Валеев А. Г., Юшина Ю. А., Скоринцева И. Б. Оценка рекреационной нагрузки на туристские маршруты и береговые линии озер ГНПП «Бурбай» // География и водные ресурсы. 2025. №1. С. 140 – 152. doi: 10.55764/2957-9856/2025-1-140-152.13. doi: 10.55764/2957-9856/2025-1-140-152.13. EDN: NEQZOD.
2. Завадская А. В., Непомнящий В. В. Рекреационная емкость особо охраняемых природных территорий – от нормирования к управлению. Новосибирск, 2024. doi: 10.53954/9785605098768. . doi: 10.53954/9785605098768.EDN: MPJCAL
3. Иванов А. Н., Сафронова А. А., Чиждова В. П. Оценка рекреационного воздействия и дигрессии ландшафтов на основных туристических маршрутах Кавказского заповедника // Региональные геосистемы. 2023. Т. 47, №4. С. 507 – 517. doi: 10.52575/2712-7443-2023-47-4-507-517. doi: 10.52575/2712-7443-2023-47-4-507-517. EDN: ROWEJS.
4. Казанская Н. С., Ланина В. В., Марфенин Н. Н. Рекреационные леса. М., 1977.
5. Кузнецова А. С., Бикташева Э. А. Оценка геоэкологического состояния экологических троп национального парка «Куршская коса» («Королевский бор» и «Высота Эфа») // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. ст. Калининград, 2023. С. 203 – 211. EDN: LDVZND.
6. Майорова Ю. А., Жуковская И. П. Опыт использования результатов рекреационного мониторинга в управлении туристско-рекреационной деятельностью в национальном парке «Куршская коса» // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П. Г. Смидовича. 2021. №28. С. 342 – 349. EDN: QFJCMX.
7. Майорова Ю. А., Жуковская И. П. Особенности туристско-рекреационного мониторинга в национальном парке «Куршская коса» // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. ст. Калининград, 2019. С. 119 – 133. EDN: NOCWCW.
8. Медведев В. А. Природа Калининградской области. Водные объекты. Родники. Озера. Реки / под ред. К. В. Тылик, В. В. Малащенко. Калининград, 2019.
9. Медведева А. А. Геоэкологическая оценка состояния природных комплексов в районе экотроп и глэмпингов национального парка «Куршская коса» // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса». Вып. 20. Калининград, 2025. С. 84 – 93. EDN: IKXTEX.
10. Медведева А. А. Оценка рекреационной дигрессии природных комплексов в районе экотроп национального парка «Куршская коса» // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. ст. Калининград, 2024. С. 206 – 216. EDN: НРУНАК.
11. Некоммерческий фонд «ИСТОК». URL: <https://istok39.ru/vishtyneckiy> (дата обращения: 20.01.2026).
12. Орленок В. В., Барина Г. М., Кучерявый П. П., Уляшев Г. Л. Виштынецкое озеро: природа, история, экология. Калининград, 2001.
13. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации : [официальный сайт]. URL: <https://www.mnr.gov.ru/> (дата обращения: 20.01.2026).
14. Национальный парк «Виштынецкий» : [официальный сайт]. URL: <http://vistenpark.ru/> (дата обращения: 15.01.2026).
15. О создании национального парка «Виштынецкий» : постановление Правительства Российской Федерации от 01.04.2024 г. №412. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».



16. Тропа в гармонии с природой : сб. российского и зарубежного опыта по созданию экологических троп / под ред. Н.Н. Буторрина. М., 2007. EDN: QKPQEN.

17. Шидловская Ю.А., Жуковская И.П. Оценка геоэкологического состояния природных комплексов в районе объектов туризма и рекреации национального парка «Куршская коса». Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса» : сб. науч. ст. / сост. И.П. Жуковская. Вып. 11. Калининград, 2015. С. 144 – 157. EDN: YJEYXP.

Об авторах

Алена Алексеевна Тарасенко — ведущ. эколог отдела экологического менеджмента Государственного автономного учреждения Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград», Россия; магистрант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: alenaa-tarasenko@mail.ru

Артем Алексеевич Зонов — магистрант Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: AZonov@stud.kantiana.ru

Анна Юрьевна Романчук — канд. биол. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

ORCID: 0000-0001-9595-75-15

SPIN-код: 4758-2069

E-mail: annaroman@mail.ru

A. A. Tarasenko^{1,2}, A. A. Zonov², A. Yu. Romanchuk²

ASSESSMENT OF THE DIGRESSION DEGREE OF NATURAL COMPLEXES IN THE AREA OF PLANNED ECOLOGICAL ROUTES OF THE VISHTYNETS NATIONAL PARK

¹ Environmental Centre of Administration and Technology
in Kaliningrad — ECAT-Kaliningrad, Kaliningrad, Russia

² Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 10 March 2026

Accepted 03 June 2026

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-4

To cite this article: Tarasenko A. A., Zonov A. A., Romanchuk A. Yu., 2026, Assessment of the digression degree of natural complexes in the area of planned ecological routes of the Vishtynets National Park, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural Sciences*, №3. P. 50 – 68. doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-4.

An assessment of the degree of recreational degradation of natural complexes was carried out in the Vishtynetsky National Park within the area of three proposed ecological trails: Prochnoye Lake, Three Pines, and Marinovo Lake. The methodological framework of the study was based on the stage-based assessment method for the recreational degradation of forest bio-



geocenoses developed by N. S. Kazanskaya and co-authors, adapted for linear features, as well as the method for assessing informal access trails proposed by A. S. Kuznetsova and E. A. Bikta-sheva. Field surveys conducted in August 2025 included route-based inspections with profiling of buffer zones and an inventory of informal access trails. The results showed that natural complexes along the Protochnoye Lake trail correspond to Stages I – II of recreational degradation, with Stage I (background conditions) predominating; two informal access trails with a Level II degree of disturbance were recorded. Along the Three Pines trail, the degree of recreational degradation corresponds to Stages I – III, and two informal access trails with Level II – III disturbance were identified. Along the Marinovo Lake trail, Stage I of recreational degradation predominates, while Stage II is confined to the hiking trail; Stage III was recorded locally in the vicinity of visitor attractions, along informal access trails leading to the lake, and at motorcycle access points. A total of six informal access trails were documented, three of which (leading to the lake and extending along the forest road) correspond to Level III disturbance, while the remaining three (motorcycle access points) correspond to Level IV disturbance. Based on the findings, differentiated recommendations were developed for trail infrastructure improvement and recreational load management aimed at conserving the natural complexes.

Keywords: Kaliningrad region, ecological tourism, protected areas, recreational digression, spontaneous gatherings

The authors

Alyona A. Tarasenko, a leading ecologist, Environmental Centre for Administration and Technology in Kaliningrad – ECAT-Kaliningrad, Russia; master's student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: alenaa-tarasenko@mail.ru

Artyom A. Zonov, Master's student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: AZonov@stud.kantiana.ru

Dr. Anna Yu. Romanchuk, associate professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

ORCID: 0000-0001-9595-75-15

E-mail: annaroman@mail.ru

Э.Э. Ахмаева, О.А. Притужалова

МЕТОДИКА ВЫБОРА И ОБОСНОВАНИЯ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ

Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

Поступила в редакцию 26.02.2026 г.

Принята к публикации 31.05.2026 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-5

69

Для цитирования: Ахмаева Э.Э., Притужалова О.А. Методика выбора и обоснования природно-климатических решений в аграрном секторе // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные науки. 2026. №3. С. 69–88. doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-5.

В контексте усиливающихся климатических трансформаций и растущей антропогенной нагрузки на экосистемы природно-климатические решения приобретают ключевое значение как инструмент устойчивого развития и адаптации к изменению климата. Тем не менее существующие методологические подходы к выбору и внедрению природно-климатических решений часто фрагментированы, слабо учитывают долгосрочные эффекты от реализации, региональную специфику экосистем и социально-экономическую ситуацию. Предложена методика выбора и обоснования природно-климатических решений для аграрного сектора с учетом региональных особенностей, включающая 8 этапов. Эта методика позволит заинтересованным сторонам анализировать особенности экосистем, планировать внедрение природно-климатических решений для адаптации к изменению климата на конкретной аграрной территории и сокращать выбросы парниковых газов.

Ключевые слова: природно-климатические решения, адаптационные мероприятия, изменение климата, устойчивое развитие, методология обоснования решений

Введение

В последние два десятилетия в науках об окружающей среде появилась новая концепция — концепция природно-климатических решений (далее — ПКР). Данное понятие берет свои истоки от собирательных (обобщающих) понятий «Nature based solutions, NBS» и «Nature climate solutions, NCS». Решения, основанные на природе (от англ. *Nature based solutions*) — это действия по защите, устойчивому управлению и восстановлению природных или измененных экосистем, которые эффективно и адаптивно решают социальные проблемы, одновременно обеспечивая благополучие людей и преимущества для биоразнообразия [1; 2]. При-



родные климатические решения (от англ. *Nature climate solutions*) — это преднамеренные действия человека, которые защищают, восстанавливают и улучшают управление лесами, водно-болотными, лугопастбищными, сельскохозяйственными угодьями и океанами для смягчения последствий изменения климата [3]. Таким образом, понятие ПКР объединяет различные подходы, использующие экосистемные услуги для решения таких проблем, как изменение климата, продовольственная безопасность, стихийные бедствия, и одновременно нацеленные на регулирование социальных проблем. Понятие ПКР достаточно широкое. Частным случаем ПКР являются природно-климатические проекты (далее — ПКП) [4]. В связи с тем, что терминология в рассматриваемой сфере науки и практики не в полной мере устоялась, в настоящей работе авторы трактуют понятие ПКР широко — как эквивалент NBS (или как сумму NBS и NCS, то есть NBCS), не вдаваясь в различия этих понятий, поскольку их рассмотрение выходит за рамки исследования.

Международные природоохранные организации и профильные институты активно разрабатывают и представляют на суд общественности новые решения, направленные на смягчение последствий изменения климата и адаптацию к ним. Эти меры способствуют связыванию углерода, повышению устойчивости экосистем и внедрению методов устойчивого землепользования [5]. В основе ПКР находятся естественные процессы, которые были утрачены или деградировали в результате антропогенной деятельности. Они направлены на защиту, устойчивое управление и восстановление природных или измененных экосистем при эффективном решении проблем общества [6; 7]. Таким образом, ПКР позволяют добиваться результатов по обоим магистральным направлениям климатической политики — митигации и адаптации к наблюдаемым и прогнозируемым изменениям климата.

Влияние глобальных изменений климата на сельское хозяйство вызывает объективную необходимость внедрения новых технологий, в том числе ПКР. Их введение требует комплексного подхода, основанного на научных данных, учета региональных особенностей, привлечения экономических и административных ресурсов. Но в настоящее время в Российской Федерации на законодательном уровне подготовка, внедрение и оценка ПКР не закреплены. Таким образом, разработка методики выбора и обоснования ПКР является актуальным вызовом, стоящим перед российским научным сообществом.

Цель исследования — разработка методики выбора и обоснования ПКР для аграрного сектора Российской Федерации с учетом региональных особенностей.

При определении фокуса исследования учитывались следующие соображения.

— Почему Россия? В связи с обязательствами России в рамках Парижского соглашения по климату и задачами климатической политики согласно «Климатической доктрине Российской Федерации» (п. 32), вопрос внедрения ПКР актуален и для нашей страны. Учитывая большую площадь природных экосистем, наша страна может стать мировым лидером во внедрении ПКР [8].



— Почему сельское хозяйство? ПКР востребованы разными отраслями экономики, в том числе сельским хозяйством. Однако, как показывает практика, в России ПКР чаще вводится промышленными предприятиями. Внедрение ПКР в сельском хозяйстве — это серьезный вызов как с точки зрения финансового обеспечения запуска проектов (в силу низкой рентабельности отрасли), так и с точки зрения их обоснованности (в силу недостатка отечественного опыта внедрения ПКР в данной отрасли).

— Почему методика выбора и обоснования ПКР? Одно из слабых звеньев системы разработки и внедрения ПКР — выбор того или иного варианта ПКР и его научное обоснование.

— Почему региональный фокус? Учитывая большое разнообразие природных условий на территории России, при обосновании ПКР необходимо исходить в первую очередь из региональной специфики.

Изученность проблемы

Вопросы методики выбора и обоснования ПКР затрагиваются в нормативных документах и научных статьях.

Нормативные документы. Авторы исходят из того, что такой вид деятельности, как ПКР, с инженерно-экологических позиций схож с климатическими проектами, а именно с экосистемными климатическими проектами. Ключевое их отличие лежит в юридической плоскости и заключается в том, что климатический проект, в отличие от ПКР, нацелен не только на получение климатических, экологических или иных эффектов, но и на выпуск в обращение углеродных единиц и требует обязательного проведения верификации аккредитованной организацией [9]. Поэтому при изучении методической основы ПКР могут быть рассмотрены в том числе и нормативные документы, регламентирующие климатические проекты.

Разработкой методик и методологий для экосистемных климатических проектов, ПКР и ПКП занимаются несколько десятков международно известных организаций и программ. Наиболее крупными являются ICVCM, Verra (стандарты VCS и CCB), Gold Standard, ACR, CAR, CSI, Cercarbono, GCC, CORSIA, Isometric. Всего разработано более ста методик [10].

Вопросы, затрагиваемые такими методиками, в целом можно разделить на несколько категорий. В первую очередь, это критерии применимости проектов (они могут включать требования к прошлому и настоящему использованию земельных участков, на которых реализуется проект, правовые аспекты) и собственно углеродные модели (модели расчета эффекта в части снижения выбросов и/или поглощения парниковых газов и выхода углеродных единиц в будущем, включая требования по определению базовых линий и сценариев, механизмы предотвращения двойного учета углеродных единиц). Во вторую очередь, это различные процедурные вопросы (определение дат начала проектной деятельности, продолжительности зачетного периода, требования в области демонстрации и верификации дополнительности проектов,



мониторинга и отчетности о результатах). Кроме того, методики могут включать требования в области оценки сопутствующих социальных и экологических выгод и рисков.

Интересно отметить, что некоторые программы предлагают методики, адаптированные для конкретных географических зон. Так, американский реестр климатических проектов CAR (Climate Action Reserve) утвердил около 30 регионально адаптированных методологий, в том числе 12 — в категории «Natural Climate Solutions» [11].

Как правило, методики ПКР и климатических проектов не включают вопросы оценки коммерческой целесообразности реализации, несмотря на существующую необходимость. Этот пробел заполняет техническая записка Межамериканского банка развития (Inter-American Development Bank), содержащая рекомендации по проведению анализа затрат и выгод проектов по предотвращению обезлесения, лесовосстановлению и агролесоводству [12].

Анализируя российское нормативно-правовое поле в контексте настоящего исследования, в первую очередь имеет смысл говорить о методологиях климатических проектов. На сайте российского «Реестра углеродных единиц» на момент проведения исследования было опубликовано 10 методологий по природным решениям. Все они узкоориентированные, то есть касаются отдельных типов решений (полный обзор климатических проектов представлен в работе [13]). Методологии разработаны сотрудниками ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля», ФГБУ «Агрохимическая служба России», ФГБОУВО «Сахалинский государственный университет» и ООО «АИМ Карбон».

Российские методологии построены на тех же механизмах, что и международно признанные методологии, и, в сущности, регламентируют те же вопросы (применимость проектов, методы расчета углеродного баланса, период кредитования проекта, требования в части мониторинга реализации проекта и т.д.). Как заключает Н. В. Горбачева, «методологии и стандарты оценки в России близки по содержанию к методологиям швейцарского GS и американского Verra» и «имеют верхнеуровневый характер» [14, с. 65].

Немаловажно отметить, что как зарубежные, так и российские методики чаще всего разработаны для одного типа проектных решений, например для устойчивого управления пастбищами, лесовосстановления, обводнения торфяников и т.п. Закономерно, что в подобных методологиях не оговаривается вопрос выбора типа природного решения. Хотя существуют правила, применимые ко всем или многим типам проектных решений, например общие руководства CAR по регистрации проектов и созданию углеродных кредитов или стандарты для расчета базовой линии и учета утечек выбросов, разработанные в соответствии с Парижским соглашением по климату.

Во многих стандартах для конкретных типов решений используется ссылочный принцип: даются ссылки на методики универсального характера. Например, разработанная в 2026 г. программой Gold Standard методология GS4GG PAA M400-04 «Microbial Carbon di-oxide Mineralisation», регламентирующая удаление углекислого газа путем



внесения микробного инокулянта на пахотные земли, в части демонстрации соответствия принципу дополнительности ссылается на стандарт GS4GG «Methodology Standard – Requirements for additionality demonstration V 1.0». А методологии, включенные в российский Реестр углеродных единиц, в части управления рисками проектов ссылаются на ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство».

Одним из базовых нормативных документов в Российской Федерации является «Порядок отнесения проектов, реализуемых юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями или физическими лицами, к климатическим проектам» (утвержден приказом Минэкономразвития России от 11 мая 2022 г. № 248). Однако это документ верхнего уровня; в нем не содержатся положения, регламентирующие процедуру выбора и обоснования климатических проектов для какой-либо территории.

Таким образом, как принятые за рубежом, так и действующие в России методики ПКР, как правило, обходят стороной вопрос выбора и обоснования ПКР.

Научные статьи. В целом на сегодняшний день в трудах зарубежных ученых основательно проработаны многие вопросы: критерии отнесения решений к природно-климатическим, принципы реализации ПКР, этапы планирования ПКР, классификации ПКР по разным признакам (масштаб, тип деятельности и др.), барьеры / проблемы при реализации ПКР, адаптация ПКР к местным условиям (предполагает понимание местного контекста, интеграцию местного биоразнообразия, привлечение заинтересованных сторон и др.) [1; 15–18]. Но вопрос выбора и обоснования ПКР попадает в фокус исследований нечасто.

Существует немало работ, посвященных оценке эффективности ПКР в различных пространственных и временных масштабах с целью выбора предпочтительного варианта ПКР.

Так, Э. Каллиари с соавторами предлагают выстроить работу следующим образом: 1) определение общего видения будущего во временном промежутке 10–20 и более лет, в том числе определение базовой линии, цели деятельности, внешних факторов, влияющих на ситуацию; 2) ретроспективный анализ, в том числе определение альтернатив (включая «нулевой вариант»), проверка альтернатив на предмет соответствия климатической повестке, оценка прямых и непрямых эффектов альтернатив (экологических, экономических и социальных выгод и издержек); 3) количественная оценка и отбор решений, в том числе установление критериев оценки, анализ альтернатив при помощи установленных критериев и окончательный выбор предпочтительного варианта [19].

В работе К.М. Реймонда с соавторами предлагается семиэтапный алгоритм оценки и внедрения ПКР с фокусом на оценку сопутствующих выгод и затрат: 1) выявление проблемы или возможности; 2) выбор и оценка решений и связанных с ними действий; 3) разработка процессов внедрения решений; 4) внедрение решений; 5) частое взаимодействие с заинтересованными сторонами и информирование о сопутствующих выгодах; 6) передача и масштабирование решений; 7) мониторинг



и оценка сопутствующих выгод на всех этапах [20]. Эта методика предназначена для городских районов, однако многие из оцениваемых природных решений (в сфере митигации и адаптации к изменениям климата, управления водными ресурсами и др.) могут быть применены в сельском хозяйстве.

В российской научной литературе по вопросам ПКР и смежной сферы — климатических проектов, активно освещаются такие вопросы: слабо используемый потенциал ПКР в РФ и их роль в реализации «Стратегии социально-экономического развития российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.» [21–23], проблемы их внедрения, в том числе методологические сложности расчета эмиссий и поглощений парниковых газов, обоснования дополнительной предлагаемых мероприятий [9; 10; 24], правовые коллизии и сложность нахождения оптимальных площадок для реализации проектов [8], экономическая оценка ПКР [25].

Многие специалисты отмечают, что неготовность нормативно-правовой базы и отсутствие общепризнанных методологий являются препятствием для развития в России ПКР [4; 26]. В частности, нет нормативно-правовой базы по вопросу выбора ПКР и ПКП.

Отдельные немногочисленные труды пересекаются с темой нашего исследования.

Так, в работе Г. А. Фоменко с соавторами [27] описываются предложения по оценке лесоклиматических проектов (далее — ЛКП). Авторы предлагают оценку ЛКП «по митигационным эффектам (депонирование углерода лесами) и по группе ESG-эффектов», где ESG (Environmental, Social and Corporate Governance) — экологическое, социальное и корпоративное управление. К ESG-эффектам относят экологические (оценка влияния на окружающую среду), социальные (отношение к работникам, клиентам и др.) и управленческие (качество корпоративного управления и др.). М. А. Ветрова с соавторами пишет о процедуре отбора технологий климатических проектов в сфере ЗИЗЛХ (землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство) из «широкого пула технологий» с учетом экономической, нормативно-правовой и экосистемной составляющих [28]. Данная методика представляет собой шестиступенчатую процедуру отбора решений по десяти критериям, среди которых потенциал масштабирования проекта, предполагаемые затраты на получение одной углеродной единицы, кредитный период, прогнозный срок окупаемости проекта, соответствие проекта международным углеродным стандартам, влияние на экологическую ситуацию в регионе для учета экосистемных эффектов проектов, доступность технологии, уровень общественного и экспертного признания, соответствие принципу дополнительности, вероятность рисков природно-климатического, технологического и правового характера, не позволяющих реализовать проектный сценарий. Названные методики представляют собой скорее оценку степени целесообразности реализации проектов по разным критериям.

В отчете, подготовленном при участии Инициативы Всемирного экономического форума по климатическому управлению (Global Climate



Governance Initiative, CGI) и компании «Деловые решения и технологии», затронут вопрос выбора территории климатического проекта. В частности, планирование проекта рекомендуется начинать с исследования рынка, включающего анализ места реализации на предмет его соответствия требованиям применимой методологии. Детальных рекомендаций по оценке соответствия территории требованиям не дается [29]. Н. К. Куричев и соавторы пишут о сложностях выбора территории для реализации ПКП: «Правильный выбор территории для реализации ПКП в увязке с выбором методологии — ключевое условие успеха проекта» [4, с. 628].

Обобщая прозвучавшие в научной литературе предложения по оценке ПКР, ПКП и климатических проектов, можно сформулировать следующие ключевые вопросы: «Какие решения наиболее предпочтительны?» и «Какая территория подойдет для реализации проекта определенного типа?» В нашем случае задача исследования связана с поиском ответа на несколько иной вопрос: «Какие типы проектов подойдут для определенной территории?» Такая формулировка, на наш взгляд, оправдана обязательствами Российской Федерации в рамках Парижского соглашения и «Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.», в соответствии с которыми необходимо наращивать поглощение углерода экосистемами, причем эта установка должна исполняться на уровне субъектов Федерации, отраслей и предприятий. Следовательно, российские регионы и предприятия сталкиваются с необходимостью подбирать эффективные ПКР для своих территорий, какими бы они ни были. В таком ракурсе (для условий конкретной местности) вопрос выбора и обоснования ПКР на сегодняшний день исследован недостаточно.

Материалы и методы

Информационную базу исследования составили зарубежные и российские нормативные документы, регламентирующие ПКР и климатические проекты, научные статьи на тему ПКР и климатических проектов, тексты конкретных проектов ПКР и климатических проектов. В работе использованы методы системного и сравнительного анализа.

В фокусе исследования находился вопрос информационного обеспечения выбора ПКР с учетом региональных природно-климатических и социально-экономических условий. Отправными пунктами в разработке методики выбора и обоснования ПКР послужили следующие условия:

- необходимость и значимость качественной проработки нормативно-методологической базы ПКР в России;
- необходимость гармонизации нормативно-методологической базы ПКР в России с международными методиками и стандартами;
- в основе методологии должны лежать методы системного и ретроспективного анализа; необходимый для обоснования ПКР анализ по своей сути является многокритериальным.



Кроме того, при разработке методики учитывались положения, приведенные ниже.

- Методика должна основываться на фактических данных, в том числе на подтвержденных данных национальных статистических служб.

- Методика должна иметь комплексный характер: учитывать экономические, социальные и экологические эффекты.

- Методика должна учитывать возможности альтернативного использования земель (то есть включать оценку того, существуют ли варианты более эффективного использования земель).

- Методика должна основываться на принципе дополнительности.

- Следует учитывать предполагаемый масштаб реализации самого проекта и прилегающую территорию, так как каждая экосистема вписана в экосистему более высокого ранга.

- В связи с длительным характером применения ПКР следует заложить механизм учета их изменений во времени (остаются ли они неизменными / статичными или меняются с изменением условий, в которых реализуются).

- Методика должна оговаривать роли различных заинтересованных сторон, предусматривая возможность влиять на выбор ПКР (не должно быть ориентации на выбор только одного лица, принимающего решения).

- Важно обеспечить привлечение экспертов.

- В рамках методики должны приниматься во внимание технологические и финансовые риски реализации проекта. Например, в отношении лесоклиматических проектов есть риски потери накопленного углерода в результате пожаров, гибели леса от вредителей и стихийных бедствий [30]. Также нет уверенности в том, что проекты будут существовать через 10–15 или 100 лет, что финансирование не прекратится и что лес будут оберегать, сохраняя результаты проекта, в том числе и после окончания его реализации.

В методике используется следующая лексика: «должен» и «необходимо» указывают на требование; «рекомендуется», «стоит уделять» указывают на рекомендацию; «может» указывает на способность или возможность.

Результаты и их обсуждение

Выбор экологически обоснованных ПКР для сокращения эмиссии парниковых газов и более плавной адаптации аграрного сектора к изменению климата должен исходить из существующих природно-климатических рисков, поскольку это принципиально значимый вопрос в оценке эффективности любых инвестиционных проектов в сельском хозяйстве [31], и максимально ориентироваться на конкретные региональные условия. Разработанная авторами методика состоит из восьми взаимосвязанных этапов (рис.), что позволяет последовательно переходить от диагностики состояния аграрной экосистемы к разработке и реализации мероприятий с последующей оценкой их эффективности.

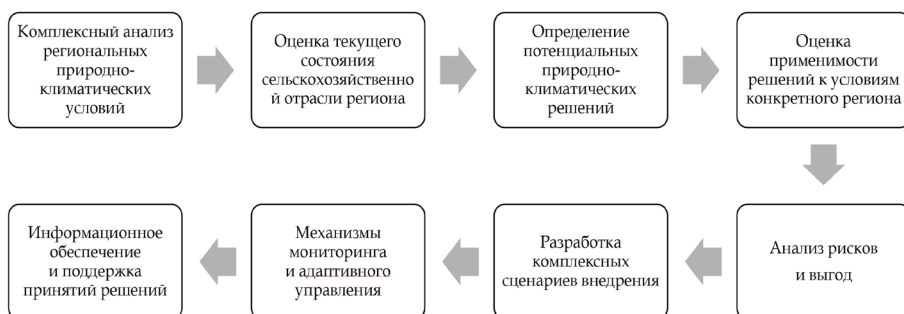


Рис. Методика выбора

и обоснования природно-климатических решений в аграрном секторе

Комплексный анализ природно-климатических условий региона внедрения должен включать сбор и исследование данных о климате, почвах, водных ресурсах и ландшафтных особенностях территории, особое внимание следует уделить изучению тенденций изменения климата.

Фундаментальным параметром, определяющим потенциал сельскохозяйственного производства, является температурный режим территории. С помощью построения многолетних рядов среднегодовых и среднемесячных температур, выявления и расчета других агроклиматических показателей должна быть вычислена теплообеспеченность для различных сельскохозяйственных культур. Режим осадков и индексы влажности критически важны в планировании водообеспеченности растений в различные фазы вегетации и требуют оценки. Оценка ветрового режима территории позволит собрать сведения о возможной ветро-эрозийной опасности. Данные о значениях фотосинтетически активной радиации помогут оценить продуктивность агроценозов.

Анализ почвенных условий должен проводиться посредством крупномасштабного почвенного картирования с применением данных полевых исследований и дистанционного зондирования Земли с последующей визуализацией с использованием геоинформационных систем. Рекомендуемый масштаб картирования может быть принят согласно российскому стандарту по осушаемым торфяникам: 1:5000–1:10000 для представления плана земельного участка; 1:25000 для ситуационного плана расположения территории проекта [32]. В исключительных случаях могут применяться иные масштабы по аналогии с тем, как в российском стандарте по лесовосстановлению предлагается определять масштаб карты, исходя из площади и особенностей ландшафта территории проекта [33]. На этом этапе необходимо изучить типы почв, их пространственное распределение, геоморфологические особенности и литологический состав почвообразующих пород, что позволит выделить почвенные комплексы и сочетания. Также необходимо комплексное изучение агрохимических и агрофизических свойств почв, включая кислотность, содержание гумуса, питательных элементов, гранулометрический состав, плотность, пористость и водные режимы.



При анализе водных ресурсов должен применяться бассейновый подход. Следует выполнить оценку гидрологического режима, качества вод и их доступности для сельского хозяйства.

Исследование рельефа необходимо проводить с использованием цифровых моделей, уделяя внимание морфометрическим показателям для выявления участков, подверженных эрозии. На основе полученных данных следует выделить агроэкологические группы земель, требующие дифференцированного подхода к использованию.

Оценка влияния климатических изменений на аграрный сектор проводится через анализ ряда ключевых индикаторов: динамики агроклиматических ресурсов, перемещения климатических зон, изменений в продолжительности и характере вегетационного периода, состояния водного баланса почвы, а также увеличения вероятности распространения сельскохозяйственных вредителей и патогенов.

Оценка текущего состояния сельскохозяйственной отрасли региона должна предусматривать рассмотрение структуры сельхозпроизводства, применяемых технологий и практик, экономических показателей и экологических проблем региона. Комплексный анализ земельного фонда региона должен включать детальное исследование распределения земельных ресурсов по категориям целевого назначения, с особым вниманием к сельскохозяйственным угодьям (их инвентаризации и оценке качественного состояния почв). Необходимо также проанализировать динамику трансформации земель за 5–10 лет, правовые аспекты землепользования и доступные трудовые ресурсы региона. Эффективное внедрение ПКР требует анализа структуры посевных площадей основных сельхозкультур и их соответствия почвенно-климатическим и рыночным условиям региона для выявления возможного нерационального использования земельных ресурсов. Анализ преобладающих систем земледелия должен учитывать степень распространенности различных сельскохозяйственных практик — экстенсивного и интенсивного производства, органического сельского хозяйства, интегрированных сельскохозяйственных систем (саморегулирующая система, объединяющая животноводство, растениеводство, рыболовство и др.), степень их адаптации к местным природным и социально-экономическим условиям.

Необходимо провести оценку используемых севооборотов с точки зрения их научной обоснованности и соответствия условиям хозяйств. Требуется анализ системы применения удобрений (объекты применения, соблюдение норм расхода, эффективность), оценка состояния мелиоративных систем в динамике, исследование технического состояния оросительных систем.

Особое внимание необходимо уделить организационно-экономическим аспектам. Необходимо оценить динамику объемов производства основных видов сельскохозяйственной продукции в натуральном и стоимостном выражении, определить вклад региона в общероссийское производство. Детальному анализу подвергается структура себестоимости основных видов продукции с выделением категорий затрат. Кроме этого, необходимо оценить рентабельность сельскохозяйственного производства в целом и по отдельным видам продукции, выде-



лить наиболее и наименее прибыльные направления. Особое внимание стоит уделить анализу мер государственной поддержки сельского хозяйства в регионе.

Определение потенциальных природно-климатических решений должно фокусироваться на выявлении и выборе оптимальных подходов, которые не только повысят устойчивость сельскохозяйственных систем, но и будут способствовать восстановлению экосистем. В качестве таковых могут рассматриваться, например, посадки адаптированных к условиям региона культур и сортов, диверсификация культур, агролесомелиорация и защитные насаждения, агролесоводство, почвозащитное земледелие, севообороты, водосберегающие технологии, усовершенствованные методы управления пастбищами совместно с интегрированными системами защиты растений, органическим земледелием, точным земледелием и цифровыми технологиями.

Так, традиционные адаптированные культуры представляют особую ценность благодаря их естественному приспособлению к местным условиям. Эти культуры обладают повышенной устойчивостью к характерным для местности климатическим характеристикам, а также местным болезням и вредителям. В контексте изменения климата особое внимание стоит уделить новым культурам, которые ранее не выращивались в регионе, но становятся перспективными. Интродукция новых культур должна осуществляться постепенно, с тщательным изучением их адаптационного потенциала и возможных экологических последствий.

Диверсификация культур — ключевая стратегия снижения рисков в условиях нестабильного климата. Расширение спектра выращиваемых культур создает своеобразную защиту от неблагоприятных погодных явлений, вспышек вредителей и болезней, а также колебаний рынка. Кроме того, диверсификация культур способствует поддержанию плодородия почв, сокращению применения пестицидов и созданию более устойчивых агроэкосистем.

Агролесомелиорация, включая создание систем защитных лесных насаждений, эффективно борется с эрозией, оптимизирует водный режим и создает благоприятный микроклимат для сельскохозяйственных культур. Агролесоводство объединяет выращивание деревьев с сельскохозяйственными культурами. При создании защитных насаждений и агролесоводческих систем ключевым фактором успеха является подбор древесных пород с учетом их адаптивности к местным условиям, устойчивости к болезням. Комплексное применение адаптированных культур в сочетании с агролесомелиоративными мероприятиями формирует устойчивые, продуктивные и экологически сбалансированные агроландшафты, способные противостоять негативным климатическим изменениям.

Почвозащитное земледелие представляет собой комплекс агротехнических методов, направленных на сохранение плодородия почв и снижение негативных последствий сельскохозяйственной деятельности для климата. Минимальная и нулевая обработка почв позволяют сократить механическое воздействие на грунт, сохраняя его структуру, естественные процессы секвестрации углерода. Различные противоэрозион-



ные мероприятия (контурная вспашка, создание лесозащитных полос и др.) предотвращают деградацию земель, сохраняя плодородный слой. Комплексное применение данных методов не только повышает устойчивость агроэкосистем, но и значительно увеличивает потенциал сельскохозяйственных земель в вопросе связывания углерода и снижения выбросов парниковых газов в атмосферу.

Применение севооборота культур, адаптированных к конкретным региональным природно-климатическим условиям, способствует сохранению плодородия почв и борьбе с вредителями.

Использование водосберегающих технологий (капельное и микроорошение) позволяет сократить расход водных ресурсов. Обустройство систем сбора и хранения воды (пруды, резервуары, водосборные бассейны) позволяет накапливать осадки для последующего использования в период засухи.

Усовершенствованные методы управления пастбищами включают улучшение ротации пастбищных животных между летними и зимними пастбищами, ограничение сроков и количества выпаса животных на деградированных пастбищах и восстановление сильно деградированных земель путем засева многолетними травами.

Интегрированный подход к защите растений и органическое земледелие представляют собой ключевые компоненты устойчивого сельского хозяйства. Такие практики, как применение мульчирования, компостов, сидератов, способствуют снабжению почв необходимыми питательными веществами, улучшают структуру и плодородие почв.

ГИС-технологии и дистанционный мониторинг, лежащие в основе точного земледелия, обеспечивают получение оперативной информации о состоянии посевов, влажности почв и развитии вредителей. Рекомендуется автоматизировать сельское хозяйство в части внесения удобрений, средств защиты растений и семян. Роботизация процессов от посева до сбора урожая обеспечивает высокую точность выполнения операций, повышение производительности. Таким образом, внедрение цифровых технологий и точного земледелия способствует повышению эффективности использования ресурсов и снижению экологической нагрузки на окружающую среду.

Оценка применимости решений к условиям конкретного региона включает систему критериев оценки, балльную шкалу с весовыми коэффициентами для различных критериев и матрицу оценки решений. Разработка системы критериев оценки применимости ПКР к конкретному региону является основой процесса выбора решений. Авторы выделили следующие критерии оценки: климатическое соответствие, почвенное соответствие, экономическая эффективность, экологическая устойчивость, социальная приемлемость, технологическая доступность, нормативно-правовое соответствие.

Для объективного и структурированного сравнения различных вариантов ПКР система критериев дополнена балльной системой оценки и матрицей решений (табл. 1), позволяющей формализовать процесс выбора и обеспечить прозрачность для всех заинтересованных сторон.



Таблица 1

Система оценки критериев применимости ПКР в конкретном регионе

Критерий	Минимальное значение (1 балл)	Максимальное значение (5 баллов)
Климатическое соответствие	ПКР категорически несовместимо с климатическими условиями региона	Полная адаптивность ПКР к климатическим особенностям региона, устойчивость ПКР к характерным экстремальным явлениям
Почвенное соответствие	Несовместимость ПКР с почвенными характеристиками региона, ПКР требует радикального изменения почвенного состава или структуры почвы	ПКР оптимально соответствует местным почвам / способствует улучшению местных почв без дополнительных затрат
Экономическая эффективность	Экономически нецелесообразно проводить мероприятия, период окупаемости более — 10 лет	ПКР высокорентабельное, период окупаемости менее — 2 лет
Экологическая устойчивость	ПКР несет значительные экологические риски и требует масштабных мероприятий по минимизации негативных последствий	ПКР минимизирует негативное воздействие на экосистемы, способствует восстановлению природной среды
Социальная приемлемость	Реализация ПКР с высокой вероятностью связана с общественным сопротивлением, отсутствием положительного социального эффекта	Высокая общественная поддержка ПКР, ПКР будет способствовать существенному увеличению качества жизни
Технологическая доступность	Необходимость импорта всех компонентов, привлечения иностранных специалистов для реализации ПКР	Полная технологическая обеспеченность региона ресурсами и компетенциями для реализации ПКР
Нормативно-правовое соответствие	ПКР требует существенных изменений в законодательстве	Полное соответствие ПКР действующим законодательным нормам

Кроме балльной оценки необходимы весовые коэффициенты критериев, которые должны определяться с учетом региональных приоритетов развития, специфических вызовов и ограничений территорий. Установление весов происходит на основе экспертной оценки с привлечением специалистов различного профиля, представителей органов власти, бизнеса, научного сообщества. Для обеспечения объективности применяются методы многокритериального анализа (метод анализа иерархий / метод ранжирования). Сумма весовых коэффициентов составляет 1 (то есть 100 %), что позволяет обеспечить сопоставимость итоговых оценок. Например, в регионах с выраженными экологическими проблемами приоритет может отдаваться критерию «экологическая устойчи-



вость» (0,2–0,25). В экономически депрессивных регионах суммарный вес критериев «социальная приемлемость» и «экономическая эффективность» может составлять до 0,5.

Матрица оценки решений представляет собой структурированную таблицу: по вертикали — оцениваемые решения, по горизонтали — критерии оценки с весовым коэффициентом. На пересечении строк и столбцов выставляются баллы от 1 до 5 согласно разработанной шкале. Далее для каждого решения рассчитывается взвешенная оценка путем умножения присвоенных баллов на соответствующие весовые коэффициенты и последующего суммирования полученных произведений. Матрица решений может дополняться комментариями экспертов, пояснениями относительно присвоенных оценок с указанием зон потенциального риска.

Полученные взвешенные оценки позволяют сформировать рейтинг решений по степени применимости в конкретном регионе. Решения с наивысшими суммарными баллами признаются более предпочтительными для внедрения. При этом необходимо дополнительно анализировать «узкие места» — критерии, по которым высокорейтинговые решения получили низкие баллы, с целью разработки компенсационных мероприятий и адаптационных стратегий. Результаты анализа представляются в визуальной форме с использованием цветовой кодировки, диаграмм и графиков для облегчения интерпретации результатов.

Следующий этап — *анализ рисков и выгод*. Внедрение ПКР сопровождается рядом рисков: климатических, экономических, технологических, экологических.

Климатические риски. Выбранные в рамках определенного ПКР меры при внедрении необходимо оценить на уязвимость к экстремальным погодным явлениям, частота и интенсивность которых возрастает в условиях изменяющегося климата. Ключевым элементом оценки климатических рисков является определение пороговых значений климатических параметров, при которых эффективность ПКР значительно снижается или полностью нивелируется.

Экономические риски. Для их определения и оценки необходимо прояснить, как внедрение ПКР повлияет на себестоимость продукции и ее конкурентоспособность в краткосрочной и долгосрочной перспективах.

Технологические риски. Внедрение инновационных ПКР сопряжено с возникновением возможных технологических рисков, которые могут существенно повлиять на успешность реализации проекта. Сложность технологий внедрения определяется необходимостью специализированного оборудования, квалифицированного персонала.

Экологические риски. Будучи экологически ориентированными, ПКР могут нести определенные негативные последствия для экосистем. Необходимо анализировать потенциальное влияние на охраняемые природные территории и объекты, оценивать возможные риски для экосистем при изменении традиционных методов ведения сельского хозяйства.

Выгоды от внедрения природно-климатических решений в сельском хозяйстве делятся на три категории: экономические, экологические и социальные. Их также необходимо оценить.



Экономические выгоды могут включать рост урожайности на 10–30 %, снижение затрат на агрохимикаты на 20–50 %, возможность получения ценовой премии до 50 %, одновременно повышая устойчивость хозяйств к неблагоприятным погодным условиям.

Экологические преимущества могут включать сокращение эрозии почв на 60–90 %, восстановление биоразнообразия, улучшение водоохранных функций и накопление углерода, обеспечивая долгосрочную экологическую устойчивость.

В социальном аспекте эти решения создают на 20–30 % больше рабочих мест, формируют новые специализированные профессии и способствуют диверсификации доходов сельского населения. Кроме того, они содействуют укреплению местных сообществ через участие в коллективных экологических проектах, улучшению здоровья населения благодаря снижению применения пестицидов и повышению доступности качественных продуктов питания.

Этап *разработки комплексных сценариев внедрения* подразумевает формирование комбинаций решений, моделирование и выбор оптимального сценария, а также разработку непосредственно плана внедрения. Требования к их проведению изложены ниже.

Комбинирование природно-климатических практик должно основываться на анализе синергетических эффектов, когда совместное применение решений превосходит суммарный результат их изолированного внедрения. На основе пространственных и временных взаимодействий разрабатываются три сценария внедрения: консервативный (минимальные изменения), умеренный (оптимальный баланс целей и возможностей) и прогрессивный (максимальная трансформация сельскохозяйственных практик). Моделирование сценариев проводится с применением имитационных и ГИС-моделей, что позволяет прогнозировать и визуализировать изменения в агроэкосистеме. Результаты оцениваются посредством многокритериального анализа по экономическим, экологическим и социальным параметрам с учетом интересов различных сторон. План реализации выбранного сценария разделяется на краткосрочные (1–2 года), среднесрочные (3–5 лет) и долгосрочные (5–10 лет) этапы с контрольными точками для отслеживания прогресса.

Предпоследний этап описываемой методики заключается во внедрении *механизмов мониторинга и адаптивного управления*. Мониторинг эффективности внедрения ПКР на территории следует проводить с использованием системы индикаторов (табл. 2).

Таблица 2

Система индикаторов мониторинга эффективности внедрения ПКР

Типы индикатора	Пример индикатора
Производственные	Урожайность, качество продукции
Экономические	Себестоимость, рентабельность
Экологические	Содержание органического вещества, уровень биоразнообразия
Социальные	Занятость населения, улучшение качества жизни



Непосредственно мониторинг эффективности внедрения ПКР необходимо проводить с использованием данных дистанционного зондирования Земли в сочетании с ГИС. Дополнительно необходимо проводить полевые исследования, которые обеспечат более детальный и надежный контроль экологических показателей. В рамках системы мониторинга эффективности особое внимание необходимо уделить системе раннего предупреждения для выявления отклонений.

Заключительный этап методики — *информационное обеспечение и поддержка принятия решений*. Данный этап направлен на дальнейшее масштабирование ПКР. Для этого будет крайне полезно создание каталога ПКР с учетом региональной специфики, что облегчит подбор ПКР для заинтересованных сторон и органов власти. Также целесообразно внедрение системы поддержки принятия решений — автоматизированной информационной системы, предназначенной для сбора, анализа и представления данных, помогающих руководителям и специалистам принимать обоснованные решения. Она интегрирует различные виды данных, модели и методы анализа, позволяя пользователям оценивать альтернативы, выявлять риски и выбирать оптимальные стратегии действий.

На взгляд авторов, такая схема выбора и обоснования ПКР позволит фермерам и управленцам своевременно реагировать на изменение климатических условий, минимизировать риски потерь урожая и повысить устойчивость сельского хозяйства на фоне климатических изменений.

Выводы

Исследование направлено на разработку методики выбора и обоснования ПКР для аграрного сектора России с учетом региональных особенностей. Ключевой задачей является определение типов проектов, подходящих для конкретных территорий, в связи с обязательствами России по декарбонизации экономики как в части снижения выбросов парниковых газов, так и в части наращивания поглощения углерода экосистемами.

Как показал анализ зарубежных и российских методологий ПКР, в них регламентируются критерии применимости проектов, углеродные модели, такие процедурные вопросы, как определение продолжительности зачетного периода, требования в области мониторинга и отчетности о результатах и т.п. Как правило, методологии разработаны для одного типа проектных решений, поэтому в них не оговаривается вопрос выбора типа ПКР среди нескольких альтернатив. Однако существуют регионально ориентированные методологии (адаптированные для определенных географических условий, то есть заведомо подходящие лишь для определенной местности).

Проведенный авторами анализ зарубежных и российских научных трудов по данной тематике позволяет заключить, что они преимущественно сфокусированы на выборе наиболее эффективных ПКР среди нескольких альтернативных вариантов. Вопрос выбора подходящих проектов для определенной местности остается слабо изученным.



Таким образом, представленная авторами комплексная методика выбора и обоснования ПКР характеризуется научной новизной. Она основана на системном анализе географических, экологических и социально-экономических факторов и детально учитывает региональные особенности территории. Предложенная балльная система оценки проекта позволяет структурированно рассмотреть предлагаемые к реализации решения, облегчая задачу сложного выбора в условиях неопределенности. В качестве направлений совершенствования методики отметим возможность доработки систем оценки рисков и выгод предлагаемых ПКР (с учетом прямых и косвенных эффектов) и индикаторов эффективности внедрения ПКР.

Результаты исследования помогут российским регионам и компаниям выбрать оптимальные ПКР для заданной территории. Особую ценность методика представляет для комплексного развития территории, обеспечивая баланс между экономическими выгодами, социальными преимуществами и экологическими приоритетами.

85

Благодарности: исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Тюменский карбоновый полигон» (FEWZ-2024-0016).

Список литературы

1. Albert C., Brillingner M., Guerrero P. et al. Planning nature-based solutions: Principles, steps, and insights // *Ambio*. 2021. Vol. 50. 1446–1461. doi: 10.1007/s13280-020-01365-1.
2. Cohen-Shacham E., Walters G., Janzen C., Maginnis S. Nature-based solutions to address global societal challenges. URL: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf> (дата обращения: 16.11.2025). doi: 10.2305/IUCN.CH.2016.13.en.
3. Ellis P., Page A., Wood S. et al. The principles of natural climate solutions // *Nature Communications*. 2024. Vol. 15, №547. doi: 10.1038/s41467-023-44425-2.
4. Куричев Н.К., Птичникова А.В., Шварц Е.А., Кренке А.Н. Природно-климатические проекты в России: ключевые проблемы и условия успеха // *Известия Российской академии наук. Сер. географическая*. 2023. Т. 87, №4. С. 619–636. doi: 10.31857/S2587556623040040.
5. Griscom B.W., Adams J., Ellis P.W., et al. Natural climate solutions // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2017. Vol. 114, №44. P. 11645–11650. doi: 10.1073/pnas.1710465114.
6. Osaka S., Bellamy R., Castree N. Framing «nature-based» solutions to climate change // *WIREs Clim Change*. 2021. Vol. 12. P. e729. doi: 10.1002/wcc.729.
7. Seddon N., Smith A., Smith P. et al. Getting the message right on nature-based solutions to climate change // *Global Change Biology*. 2021. Vol. 27, №8. 1518–1546. doi: 10.1111/gcb.15513.
8. Птичникова А.В., Шварц Е.А. Декарбонизация с помощью природных решений: национальная политика и международная практика // *Известия Российской академии наук. Сер. географическая*. 2023. Т. 87, №4. С. 479–496. doi: 10.31857/S2587556623040088.



9. Леонова И.И. Правовое регулирование реализации климатических проектов в России // Журнал российского права. 2024. №2. С. 156 – 170.
10. Романовская А.А. Подходы к реализации экосистемных климатических проектов в России // Известия Российской академии наук. Сер. географическая. 2023. Т. 87, №4. С. 463 – 478. doi: 10.31857/S2587556623040118.
11. Climate Action Reserve. Protocols // Climate Action Reserve. URL: <https://climateactionreserve.org/how/protocols/> (дата обращения: 16.11.2025).
12. Ordoñez P. Recommendations for Cost-Benefit Analyses in Projects with Carbon Benefits from Trees // Inter-American Development Bank. 2025. doi: 10.18235/0013881.
13. Брижанин В.В. Сравнительный анализ российских климатических проектов // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. Т. 1-2 (119). С. 20 – 26. doi: 10.24412/2411-0450-2019-1-2-20-26.
14. Горбачева Н.В. Динамика развития углеродных рынков в России и Юго-Восточной Азии: роль природно-климатических проектов // Современная мировая экономика. 2025. Т. 3, №1. С. 45 – 72. doi: 0.17323/2949-5776-2025-3-1-45-72.
15. Gulsrud N.M., Hertzog K., Shears I. Innovative urban forestry governance in Melbourne? Investigating «green placemaking» as a nature-based solution // Environmental Research. 2018. Vol. 161. P. 158 – 167. doi: 10.1016/j.envres.2017.11.005.
16. van der Jagt A.P.N., Smith M., Ambrose-Oji B. et al. Co-creating urban green infrastructure connecting people and nature: A guiding framework and approach // Journal of Environmental Management. 2019. Vol. 233. P. 757 – 767. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.09.083.
17. Pagano A., Pluchinotta I., Pengal P. et al. Engaging stakeholders in the assessment of NBS effectiveness in flood risk reduction: A participatory System Dynamics Model for benefits and co-benefits evaluation // Science of the Total Environment. 2019. Vol. 690. P. 543 – 555. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.059.
18. Young A.F., Marengo J.C., Coelho J.O.M. et al. The role of naturebased solutions in disaster risk reduction: The decision maker's perspectives on urban resilience in São Paulo State // International Journal of Disaster Risk Reduction. 2019. Vol. 39. Art. 101219. doi: 10.1016/j.ijdr.2019.101219.
19. Calliari E., Staccione A., Mysiak J. An assessment framework for climate-proof nature-based solutions // Science of The Total Environment. 2019. Vol. 656. P. 691 – 700. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.341.
20. Raymond C., Frantzeskaki N., Kabisch N. et al. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas // Environmental Science & Policy. 2017. Vol. 77. P. 15 – 24. doi: 10.1016/j.envsci.2017.07.008.
21. Ветрова М.А. Природные климатические проекты на основе морских экосистем: возможности и барьеры развития в РФ // Экономика устойчивого развития. 2024. №2 (58). С. 51 – 59.
22. Степанова Ю.Н., Шашкин А.П., Вышлов С.В. Экономическая оценка природно-климатических решений: международная и российская практика // Известия Юго-Западного государственного университета. Сер.: Экономика. Социология. Менеджмент. 2024. Т. 14, №5. С. 10 – 23. doi: 10.21869/2223-1552-2024-14-5-10-23.
23. Пинаев В.Е., Ухова В.Н., Ледащева Т.Н. Направления, опыт и перспективы реализации климатических проектов в России // Отходы и ресурсы. 2023. Т. 10, №2. doi: 10.15862/17ECOR223.



24. Крупина Н.Н. К вопросу о климатических проектах // Теория и практика мировой науки. 2024. №6. С. 22–26.

25. Степанова Ю.Н., Макаренко Н.Н., Топчиев А.Н., Степанова П.А. Экономическая оценка природно-климатических проектов: принципы и факторы, ее определяющие // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2025. Т. 32, №3 (91). С. 91–100. doi: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.91.3.007.

26. Попова И.М., Колмар О.И. Низкоуглеродное развитие России: вызовы и возможности в новых условиях // Вестник международных организаций. 2023. Т. 18, №2. doi: 10.17323/1996-7845-2023-04-03.

27. Фоменко Г.А., Романовская А.А., Фоменко М.А. и др. Лесные климатические проекты: возможности и проблемы реализации ESG-подхода. Часть 1 // Проблемы региональной экологии. 2022. №2. С. 91–106. doi: 10.24412/1728-323X-2022-2-91-106.

28. Ветрова М.А., Пахомова Н.В., Львова Н.А., Лемешко Н.А. Климатические проекты российского бизнеса: методология обоснования и рамочные условия успешной реализации // Устойчивое развитие и зеленая экономика. 2025. Т. 41 (1). С. 66–92. doi: 10.21638/spbu05.2025.104_82336351_68195626.

29. Климатические проекты: риски и возможности для бизнеса // Деловые Решения и Технологии (АО ДРТ). URL: <https://inveb-docs.ru/attachments/article/sd-library/09-2022/Climate-project-research.pdf> (дата обращения: 06.01.2026).

30. Коротков В.Н. Лесные климатические проекты в России: ограничения и возможности // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2022. №4. doi: 10.21685/2500-0578-2022-4-3.

31. Талах Н.Д. Оценка эффективности инвестиционных проектов с инновационной направленностью в сельском хозяйстве с учетом природно-климатического риска // Вестник аграрной науки. 2024. Т. 4 (109). С. 137–145. doi: 10.17238/issn2587-666X.2024.4.137.

32. Вторичное обводнение осушенных торфяников умеренного пояса: версия 2.0 // Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля. 2024. URL: [https://carbonreg.ru/pdf/methodology/accepted/CPM_0016_VBY_ru_2024_04.pdf] (дата обращения: 16.12.2025).

33. Лесовосстановление: версия 2.0 // Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля. 2023. URL: https://carbonreg.ru/pdf/methodology/accepted/CPM%20№0010_rus.pdf (дата обращения: 16.12.2025).

Об авторах

Эвелина Эльмиратовна Ахмаева — асп., Тюменский государственный университет, Россия.

ORCID: 0009-0004-8694-8974

SPIN-код: 3276-6998

E-mail: e.e.akhmaeva@utmn.ru

Ольга Александровна Притужалова — канд. геогр. наук, доц., Тюменский государственный университет, Россия.

ORCID: 0000-0002-0720-9793

SPIN-код: 3360-6144

E-mail: o.a.prituzhalova@utmn.ru



E. E. Akhmaeva, O. A. Prituzhalova

METHODOLOGY OF SELECTION AND JUSTIFICATION OF NATURAL BASED SOLUTIONS IN THE AGRICULTURAL SECTOR

Tyumen state university, Tyumen, Russia

Received 26 February 2026

Accepted 31 May 2026

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-5

88

To cite this article: Akhmaeva E. E., Prituzhalova O. A., 2026, Methodology of selection and justification of natural based solutions in the agricultural sector, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural Sciences*, №3. P. 69–88. doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-5.

Against the backdrop of intensifying climate change and increasing anthropogenic pressure on ecosystems, nature-based solutions have become an essential instrument for sustainable development and climate change adaptation. Nevertheless, the existing methodological approaches to the selection and implementation of nature-based solutions are often fragmented and insufficiently account for the long-term effects of their implementation, as well as for regional ecosystem characteristics and the socio-economic context. The study proposes a methodology for the selection and justification of nature-based solutions for the agricultural sector, taking regional specificities into account and comprising eight sequential stages. The proposed methodology will enable stakeholders to analyze ecosystem characteristics, plan the implementation of nature-based solutions for climate change adaptation in specific agricultural areas, and contribute to the reduction of greenhouse gas emissions.

Keywords: natural based solutions, adaptation measures, climate change, sustainable development, methodology of decision justification

The authors

Evelina E. Akhmaeva, PhD student, Tyumen State University, Russia.

ORCID: 0009-0004-8694-8974

E-mail: e.e.akhmaeva@utmn.ru

Dr. Olga A. Prituzhalova, associate professor, Tyumen State University, Russia.

ORCID: 0000-0002-0720-9793

E-mail: o.a.prituzhalova@utmn.ru

Е. В. Коршук

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМАТИКА В ГОСУДАРСТВЕННЫХ СМИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Поступила в редакцию 10.03.2026 г.

Принята к публикации 19.04.2026 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-6

89

Для цитирования: Коршук Е. В. Экологическая проблематика в государственных СМИ Республики Беларусь // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные науки. 2026. №3. С. 89–100. doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-6.

Представлены обзор и анализ публикаций в государственных средствах массовой информации Республики Беларусь, посвященных различным аспектам экологии, охраны окружающей среды, устойчивого развития за 2021–2025 гг. Помимо статистики публикаций по отдельным вопросам, предлагается качественный анализ текстов статей. Проводится сопоставление приоритизации положений Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь, плана развития страны, Конституции и законов Республики Беларусь с тематикой и характером информации, представляемой Белорусским телеграфным агентством, а также центральными и региональными государственными печатными периодическими изданиями.

Ключевые слова: экология, СМИ, тематика, Республика Беларусь

Введение

Цель данного микроисследования — определить, какие положения Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 гг. [1], посвященные вопросам устойчивого развития и экологии, наиболее полно отражены в публикациях государственных печатных средств массовой информации Республики Беларусь в 2021–2025 гг. Задачи исследования, таким образом, включают выявление приоритетных для государственных СМИ тем, связанных с экологией, количественный и качественный анализ публикаций, сопоставление национальных и региональных повесток СМИ, выделение жанров публикаций. Предметом исследования является соответствие публикаций положениям государственной политики. Используются количественные и качественные методы анализа материала полученного методом сплошной выборки. Выбор именно государственных СМИ определяется максимально широкой целевой аудиторией, охватывающей все слои населения страны. Работа носит прикладной характер, а достижение



поставленной цели позволяет усовершенствовать как подготовку журналистов в соответствии с запросами общества, так и дать рекомендации редакциям по взаимодействию с министерствами и организациями, занимающимися экологическими вопросами.

Актуальность темы подтверждается, в частности, работами российских исследователей. Так, В.Д. Никишин пишет, что «обеспечение медиабезопасности выступает неотъемлемой частью устойчивого развития» [2].

Деятельность СМИ в Беларуси основывается на положениях Конституции Республики Беларусь [3] и регулируется законом «О средствах массовой информации» [4] и иными законодательными актами.

Доступ журналистов к информации обеспечивается ст. 34, п. 2.1 указанного выше закона, который гласит, что журналист имеет право «собирать, запрашивать и получать информацию из государственных органов, от политических партий, других общественных объединений, иных юридических лиц, а также хранить и распространять информацию, необходимую для осуществления его профессиональной деятельности» [4].

Право граждан на безопасную окружающую среду отражено в ст. 46 Конституции: «Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду и на возмещение вреда, причиненного нарушением этого права. Государство осуществляет контроль за рациональным использованием природных ресурсов в целях защиты и улучшения условий жизни, а также охраны и восстановления окружающей среды» [3]. С другой стороны, ст. 55 Конституции гласит: «Охрана природной среды и бережное отношение к природным ресурсам — долг каждого» [3].

Граждане Республики Беларусь, в соответствии со ст. 36 п. 1 закона «О средствах массовой информации», имеют право на получение достоверной информации о состоянии окружающей среды: «физическим лицам гарантируется право на получение, хранение и распространение полной, достоверной и своевременной информации о деятельности государственных органов, о политической, экономической, культурной и международной жизни, состоянии окружающей среды» [4].

Это право закреплено в ст. 34 Конституции: «гражданам Республики Беларусь гарантируется право на получение, хранение и распространение полной, достоверной и своевременной информации о деятельности государственных органов, о политической, экономической, культурной и международной жизни, состоянии окружающей среды» [3].

В соответствии со ст. 21 п. 1, 2 закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» «доступ государственных органов, иных юридических лиц, физических лиц, в том числе индивидуальных предпринимателей, к экологической информации общего назначения обеспечивается посредством предоставления или распространения такой информации обладателями экологической информации» [5].

Статья 22 того же закона определяет следующие правила предоставления экологической информации государственным органам:



«1. Экологическая информация общего назначения предоставляется обладателями экологической информации государственным органам в соответствии со статьями 20 и 21 настоящего Закона по их запросу путем обмена такой информацией или ее рассылки.

2. Экологическая информация общего назначения и специализированная экологическая информация предоставляются государственным органам безвозмездно» [5].

Таким образом, хотя законодательство непосредственно не обязывает СМИ предоставлять населению информацию о состоянии окружающей среды, они имеют на это право. Более того, журналисты, как и каждый гражданин Республики Беларусь, своей профессиональной деятельностью могут вносить серьезный вклад в обеспечение безопасной среды для населения Беларуси.

Метод и материал

По данным Государственного реестра СМИ Республики Беларусь на 01.12.2025 г. в стране было официально зарегистрировано 380 государственных печатных СМИ [6]. Из них 194 газеты, 178 журналов и 8 альманахов. Для сравнения: негосударственных печатных СМИ в стране на тот момент насчитывалось 503: 165 газет, 333 журнала, 4 бюллетеня и 1 каталог. Сайт Президента Республики Беларусь отмечает, что «крупнейшими национальными медиа являются Белтелерадиокомпания, ЗАО «Второй национальный телеканал», ЗАО «Столичное телевидение», издательский дом «Беларусь сегодня», издательский дом «Звезда», Белорусское телеграфное агентство» [7].

В связи с вышесказанным для анализа в данном исследовании были выбраны БелТА и обладающая самым большим (по оценкам, около 480 тыс.) тиражом газета «СБ. Беларусь сегодня» — флагманское СМИ издательского дома «Беларусь сегодня». Для верификации информации, касающейся региональных экологических вопросов, проанализированы также крупнейшие региональные печатные СМИ страны: «Гомельская правда» — одна из старейших и крупнейших областных газет, «Витебские вести» — газета Витебской области, «Могилевская правда» — орган Могилевского облисполкома, «Гродненская правда» — старейшая газета Гродненского региона, «Минская правда» — газета Минской области, «Заря» — газета Брестской области.

Применялся метод сплошной выборки из архивов упомянутых источников за 2021 — 2025 гг. Данный период практически соответствует сроку действия «Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021 — 2025 годы» [8].

Один из выделяемых Программой приоритетов в области экологии и охраны окружающей среды — это совершенствование системы обращения с коммунальными отходами: «в 2025 году планируется использовать не менее 64 % ТКО от объема их образования» [8]. Положение 9.3 Программы посвящено обеспечению экологически безопасной жизнедеятельности населения, улучшению охраны окружающей среды, эффективному использованию природных ресурсов [8]. Здесь выделяются вопросы поддержки «зеленой» экономики, экономики замкнутого



цикла, охраны атмосферного воздуха, рационального использования водных ресурсов, сохранения и устойчивого использования биологического и ландшафтного разнообразия, восстановления нарушенных экологических систем, а также разработки плана действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия.

Исходя из выделяемых Программой приоритетов, предположим, что именно эти темы и освещались государственными печатными СМИ и Белорусским телеграфным агентством в 2021 – 2025 гг.

Обсуждение

92

Отметим, что отличительной чертой публикаций в белорусских государственных СМИ является наличие ссылок как минимум на два авторитетных источника. Чаще всего один из них — именно БелТА. В ряде случаев издания полностью перепечатывают материалы Агентства, иногда со сменой заголовка (см., например, статью от 8 декабря 2025 г. в газете «СБ. Беларусь сегодня» (далее — «СБ»)): «В Беларуси на общественное обсуждение вынесены вопросы обращения с отходами товаров и упаковки» [9], и материал самого БелТА за то же число: «МЖКХ предложило обсудить вопросы обращения с отходами товаров и упаковки», где ссылка дается на Национальный правовой интернет-портал [10].

Этот факт делает в ряде случаев возможным и достаточным использование данных исключительно БелТА. Хотя полного соответствия количества и содержания публикаций крупнейшего печатного СМИ и Белорусского телеграфного агентства нет.

Так, если по вопросам реализации государственных программ и стратегий (89 в БелТА и 103 в «СБ») разница в количестве материалов составляет до 30 шт., то о мониторинге и контроле за состоянием окружающей среды БелТА пишет в два с половиной раза больше, нежели «СБ» (276 и 105), о развитии «зеленой» экономики и экотуризме — почти в три раза (492 против 146). Значительно превышает количество публикаций на тему обращения с отходами (722 в БелТА и 156 в «СБ»). О конкретных экологических проблемах и мерах по их решению, а также об общественных обсуждениях и экологической безопасности БелТА пишет в сотни раз чаще (1439 против менее 10 публикаций в «СБ»).

Освещаются следующие вопросы:

- обращение с отходами и вторичная переработка;
- развитие «зеленой экономики»;
- мониторинг и контроль за состоянием окружающей среды;
- реализация государственных программ и стратегий;
- конкретные экологические проблемы и меры по их решению.

Общественные обсуждения и экологическая безопасность наиболее широко освещаются в «СБ» и БелТА. Совокупное число публикаций за пять лет составило более 2700 шт., а это значит, что на протяжении 2021 – 2025 гг. широчайшая целевая аудитория каждый день имела доступ как минимум к одной публикации, связанной с экологией, окружающей средой и реализацией программы устойчивого развития.

Обращает на себя внимание тот факт, что по 2–3 раза в месяц публиковались материалы по мониторингу окружающей среды, что вклю-



чает в себя состояние воздуха, водных ресурсов, биоразнообразия и т. д. Видимо, объяснение такого устойчивого внимания центральных государственных печатных СМИ страны к этому вопросу содержится в гл. 4 ст. 19 п. 2 закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», который гласит, что «экологическая информация, предоставляемая или распространяемая обладателями экологической информации в соответствии с настоящим Законом, формируется в результате:

- проведения мониторинга окружающей среды;
- отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды;
- ведения учета используемых природных ресурсов и воздействий на окружающую среду;
- проведения оценки воздействия на окружающую среду и стратегической экологической оценки;
- проведения экологической экспертизы;
- осуществления контроля в области охраны окружающей среды, рационального (устойчивого) использования природных ресурсов;
- проведения экологического аудита» [5].

Это свидетельствует о том, что авторы данных СМИ придерживаются одного из основных законов деятельности журналиста, а именно пользуются надежными источниками и верифицируемой информацией.

Обращает на себя внимание то, что большинство печатных материалов, посвященных мониторингу окружающей среды, говорит об опасности подъема уровня воды в реках и водоемах и т. п. Вызывает некоторые сомнения востребованность такой информации для преобладающей части целевой аудитории «СБ» и БелТА, поскольку из 23 190 населенных пунктов РБ, по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [11], лишь 159, расположенных в поймах таких крупных рек, как Сож или Припять, находятся в зонах потенциального подтопления. Специалисты, занятые в сельском хозяйстве, актуальную информацию по данному вопросу получают из первоисточника — метеорологической службы страны.

Объяснений этой закономерности можно предложить несколько. Во-первых, информация легкодоступна. Во-вторых, что весьма важно для СМИ, она содержит в себе элементы психологической напряженности, потенциальной катастрофичности и опасности, и тем самым должна привлекать целевую аудиторию в соответствии с законами журналистики. «Глобальное потепление, наводнения, загрязнение окружающей среды, лесные пожары и защита животных — это главные темы, с которыми работают экожурналисты» [12].

Помимо сообщений об уровне воды и потенциальных подтоплениях, есть публикации о проводимых совещаниях, пресс-конференциях (например, статья под заголовком «Пресс-конференция о состоянии окружающей среды в Минске пройдет в БелТА 3 июня» [13]).

Если речь идет о мониторинге конкретных показателей, например качества воздуха или воды, в обязательном порядке сообщается о мерах, предпринимаемых по отношению к нарушителям: «По итогам проверки замгенпрокурора внес представление министру природных ресурсов



и охраны окружающей среды, потребовав устранить нарушения. О результатах надзорных мероприятий проинформирован Совет Министров» [14].

Дальнейших материалов, освещающих устранение выявленных недостатков, сплошная выборка не показала.

Обращает на себя внимание тот факт, что из 102 публикаций БелТА, посвященных циркулярной экономике, лишь 13 говорят о необходимости или о планах введения и развития экономики полного цикла, которая указана в Программе в качестве приоритетного направления [15] (например, статья под заголовком «Экология, новые предприятия и рабочие места. Как в Беларуси развивается экономика замкнутого цикла»). Остальные только упоминают этот термин.

Сам термин трудно отнести к широко распространенным и легко понимаемым среднестатистическим представителем целевой аудитории БелТА, не являющимся специалистом в сфере устойчивого развития.

Анализ специализированных публикаций показал, что хотя сами специалисты Министерства экономики четко разделяют понятия «зеленая» и «циркулярная» экономика, они обсуждают их в рамках одного текста. Более того, статья может начинаться и заканчиваться словами именно о «зеленой» экономике, вопреки названию: «Татьяна Бранцевич: циркулярная экономика — это развитие за счет более эффективного использования имеющихся ресурсов, переработки отходов и производства товаров из вторсырья» [16].

Исходя из того, что в СМИ Беларуси превалирует новостной жанр публикаций, в качестве источников информации чаще всего используются БелТА или государственные и исполнительные органы разного уровня, а сокращение времени между событием и его отражением в печати является стандартной практикой, можно предположить, что авторы, не владея в полной мере терминологией, не имеют достаточных возможностей проконсультироваться со специалистами и расшифровать понятия «зеленая» и «циркулярная» экономика. Не следует забывать и о необходимости экономии языковых средств ввиду ограниченности пространства в печатных изданиях (или оптимальной длины интернет-текста).

Безусловно, журналисты встречаются со специалистами из разных областей знаний для интервью, освещения мероприятий и в рамках специализированных встреч (такая встреча с экологами состоялась в июне 2025 г.).

Однако для глубокого погружения в предмет необходимо не только регулярно общаться со специалистами, но и самому писать преимущественно на данную тематику. В ряде случаев (политика, спорт, культура и т.д.) такая практика специализации существует, однако не в сфере экологических проблем.

Отражение вышеупомянутых тем фактически фиксирует и приоритет обеспечения безопасной экологической среды, который обозначен в Программе.

Публикации в государственных СМИ носят преимущественно нейтральный характер, отражают факты или описывают события. Тем не менее за исследуемый период появлялись намного более эмоциональные материалы по четырем вопросам. Первый касался значимой



для Республики Беларусь радиационной безопасности. На фоне публикаций о спокойном радиационном фоне в стране [17] как в БелТА и центральной прессе, так и в региональных изданиях (например, в «Гомельской правде», издающейся в области, наиболее пострадавшей от аварии на Чернобыльской АЭС [18]), контрастно выглядят сообщения, посвященные инциденту на Игналинской АЭС в Литве в ноябре 2025 г. Вслед за публикациями о готовности белорусов помочь в ликвидации последствий инцидента последовали материалы, осуждающие почти суточную задержку в предоставлении литовской стороной соответствующей информации. В текстах присутствует оценочная, эмоциональная лексика: «факт ее [информации] отсутствия выглядит особенно циничным на фоне постоянных требований Литвы о так называемой прозрачности в отношении Белорусской АЭС. Мы наблюдаем классические двойные стандарты: к другим — максимальные требования по вымышленным ситуациям, к себе — полное отсутствие ответственности» [19].

Второй связанный с экологией вопрос, по которому за 2021–2025 гг. выявлен эмоционально окрашенный материал, — это «зеленый курс». В газете «Мінская праўда» 4 ноября 2015 г. была опубликована статья Юрия Кутырева, в которой он говорит об «арифметике зеленой аферы».

«Последние годы я наблюдаю за ускоряющимся безумием, в котором живу. Один из самых наглядных симптомов — “зеленая повестка”, ставшая оправданием для любых налогов, квот и запретов... Вся нелепость этой затеи становится очевидной на простейшем примере планов перехода на электромобили». В противовес инициативе перехода на возобновляемые источники энергии автор представляет позицию родной страны: «Беларусь не гонится за недостижимыми европейскими целями, а выбирает постепенное развитие без разрушения промышленности и создания нереализуемых долговых обязательств» [20].

Отметим, что в соответствии с традициями и правилами работы журналиста в Республике Беларусь эмоционально окрашенные тексты публикуются в авторских колонках «Мнение».

Особенность данной публикации в том, что высказанное мнение о проблемах, связанных с использованием электромобилей, в определенной степени контрастирует с сообщением БелТА, появившимся немногим более месяца спустя: «11 декабря, Минск /Корр. БЕЛТА/. Президент Беларуси Александр Лукашенко 11 декабря подписал указ №428, которым вносятся изменения в указ №92 от 12 марта 2020 года “О стимулировании использования электромобилей”. Об этом БЕЛТА сообщили в пресс-службе белорусского лидера». Название материала — «Лукашенко продлил основные льготы и преференции по электромобилям и зарядным станциям» [21].

Еще более эмоционально нагружена статья обозревателя и журналиста Антона Попова, опубликованная 25 сентября 2025 г. в рубрике «Аналитика от экспертов» газеты «СБ». Публикация «Природу бросают в бой — как окружающую среду используют в качестве оружия» сообщает о потенциальном восстановлении Финляндией, Польшей и странами Балтии «ранее осушенных поясов болот на восточных границах в рамках реализации военной программы» [22]. Автор приводит значительное количество исторических фактов об использовании природных



ресурсов в ходе военных действий и проводит прямые параллели между опубликованным в издании Politico материалом и самыми гнусными действиями нацистов во время Второй мировой войны [22].

Самые сильные эмоции в прессе на протяжении нескольких лет проявлялись в отношении находящегося на территории Беловежской пушки забора, построенного Польшей на границе с Республикой Беларусь. Публикации на эту тему появились еще до принятия Польшей 29 октября 2021 г. решения о строительстве забора. На сайте БелТА есть сообщение от 27 августа 2021 г. : «Захарова: отношение Польши к мигрантам на деле, а не на бумаге показывает ее заботу о правах человека» [23].

В материале цитируется Мария Захарова, которая выступает достаточно эмоционально, используя такие выражения, как «пытаются выпихнуть несчастных», и такие высказывания, как «В теории перед нами не просто симпатии политической элиты Польши к правочеловеческой проблематике, а маяк защиты прав и свобод человеческих на этой грешной земле... Страна, которая по-отечески раздает советы и критикует всех подряд, стоит лишь волосу упасть с голов незащищенных. Только это все в теории, на бумаге, так сказать».

Дальнейшие публикации на тему забора используют апелляции к мнению ученых, цифровые данные о многомиллионном ущербе экологии Беловежской пушки, воззвания к мнению общества поляков, рассказы о мучительной смерти на колючей проволоке представителей фауны и т. п.

Если для центральных СМИ свойственен стиль научно-популярного плана, где негативное отношение к происходящему формируется подбором фактов и цифр («Ущерб природе от строительства Польшей забора в Беловежской пушке составил около \$20 млн» [24]), то региональные СМИ используют эмоционально нагруженную лексику уже в заголовках авторских статей: «Животные гибнут в муках. Как польский забор уничтожает природу Беловежской пушки» («Мінская праўда», 22.11.24) [25].

Заключение

Проведенное исследование показало, что общенациональные и региональные государственные СМИ Республики Беларусь достаточно ответственно относились к информированию населения о ходе выполнения приоритетов, которые Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 гг. [1] выделяла в области экологии и охраны окружающей среды.

Качественный и количественный анализ публикаций на экологическую тематику в центральных и региональных государственных печатных периодических изданиях Беларуси позволяет сделать вывод о соответствии редакционной политики исследованных изданий основным задачам, которые государство ставит перед СМИ.

Наиболее широко освещались вопросы обращения с отходами: рассматривались примеры деятельности существующих предприятий, сообщалось о строительстве новых, а также обозревалось общественное обсуждение государственных программ.



Большое внимание уделялось мониторингу окружающей среды. В приоритете для страны продолжает находиться радиационная безопасность, в связи с чем СМИ регулярно сообщают о радиационном фоне, уровне загрязнения воды и почвы, продуктов питания (в частности, грибов), о состоянии защиты на Белорусской АЭС.

В материалах, посвященных результатам проверки качества воды, выбросов CO₂ в атмосферу, а также вырубке леса и т. п., сообщается о наложенных на предприятия штрафах и иных мерах в случае выявленных нарушений.

Обращает на себя внимание большое количество публикаций, посвященных уровню вод, что было бы более актуально для стран, где значительные территории находятся под угрозой затопления.

Особое место занимали вопросы сохранения окружающей среды и биоразнообразия. Помимо сообщений об акциях по посадке лесов, обнаружении ранее не известных видов грибов, целый пласт публикаций посвящался наносимому Беловежской пуще ущербу, вызванному строительством польской стороной проходящего по территории пуцци забора на границе с Республикой Беларусь.

Отражение развития «зеленой» экономики и экономики замкнутого цикла концентрировалось на упоминании / обсуждении различных государственных программ, а также на развитии агротуризма. Анализ публикаций, нацеленных как на максимально широкую аудиторию национальных и региональных СМИ, так и на более узкую, профессиональную аудиторию на сайтах Министерства природных ресурсов и т. д., показал неполное понимание и разделение двух понятий, что может вести к недостаточно широкому освещению данной тематики. Более того, некоторые авторские колонки могут давать информацию, не поддерживающую стремление страны к развитию «зеленой» экономики (см. пример о неразумности «зеленой» повестки).

Государственным белорусским СМИ свойственен новостной стиль подачи материала, в котором дается ссылка как минимум на два государственных источника (например, БелТА и министерства). Значительное количество публикаций основывается на материалах БелТА и написано в новостном жанре.

Стиль подачи максимально нейтрален. Эмоционально нагруженные, оценочные лексические единицы и грамматические конструкции присутствуют или в авторских колонках «Мнение», или в текстах, посвященных недружественным государствам. В иных случаях обращение к чувствам аудитории обеспечивается содержанием, отбором и построением материала, использованием цифр как наглядной иллюстрации.

Представляется, что качество и содержание публикаций могут выиграть от более плотного общения журналистов со специалистами различных областей, связанных с экологической проблематикой, а также от подготовки кадров по специализации «экологическая журналистика».

Список литературы

1. Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы : указ Президента Республики Беларусь



от 29 июля 2021 г. № 292 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P32100292> (дата обращения: 18.03.2026).

2. Никишин В.Д. Репутационная безопасность и медиабезопасность компаний и проектов в контексте целей устойчивого развития и ESG-принципов. // Актуальные проблемы российского права. 2022. № 9. С. 73–82. doi: 10.17803/1994-1471.2022.142.9.073-082.

3. Конституция Республики Беларусь (с изм. и доп., принятыми на респ. референдумах 24 ноября 1996 г., 17 октября 2004 г. и 27 февраля 2022 г.) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://president.gov.by/ru/gosudarstvo/constitution> (дата обращения: 18.03.2026).

4. О средствах массовой информации : закон Республики Беларусь от 17 июля 2008 г. № 427-З (с изм. и доп. от 30 июня 2023 г. № 274-З) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=h10800427> (дата обращения: 18.03.2026).

5. Об охране окружающей среды : закон Республики Беларусь 17 июля 2023 г. № 294-З (с изм. и доп., принятыми Палатой представителей 15 декабря 2025 г. ; одобрен Советом Республики 17 декабря 2025 г.) // ЭТАЛОН : [информ.-поскоковая система]. URL: https://etalonline.by/document/?regnum=v19201982&q_id=2519866 (дата обращения: 18.03.2026).

6. Сведения о средствах массовой информации на 1 марта 2026 года // Министерство информации Респ. Беларусь. URL: <http://mininform.gov.by/activities/statisticheskij/> (дата обращения: 18.03.2026).

7. Средства массовой информации // Президент республики Беларусь. URL: <https://president.gov.by/ru/belarus/society/mass-media> (дата обращения: 18.03.2026).

8. Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы : указ Президента Республики Беларусь от 29 июля 2021 г. № 292 (с изм. и доп. от 23 июня 2023 г. № 180) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P32100292> (дата обращения: 18.03.2026).

9. В Беларуси на общественное обсуждение вынесены вопросы обращения с отходами товаров и упаковки // SB.BY. Беларусь сегодня. URL: <https://www.sb.by/articles/v-belarusi-na-obshchestvennoe-obsuzhdenie-vynesen-y-voprosy-obrashcheniya-s-otkhodami-tovarov-i-upako.html> (дата обращения: 18.03.2026).

10. МЖКХ предложило обсудить вопросы обращения с отходами товаров и упаковки // БЕЛТА. URL: (дата обращения: 18.03.2026).

11. Число населенных пунктов на начало периода // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. URL: <https://dataportal.belstat.gov.by/osids/indicator-info/10101100001> (дата обращения: 18.03.2026).

12. Скалеба Е. Интересные и актуальные темы в журналистике // Школа журналистики «Медийный мир». Курсы для начинающих журналистов. URL: <https://журналистика-обучение.рф/интересные-и-актуальные-темы-в-журнал/#:~:text=Глобальное%20потепление%2C%20наводнения%2C%20загрязнение%20окружающей,и%20культуры%20касается%20деловой%20журналистики> (дата обращения: 18.03.2026).



13. Пресс-конференция о состоянии окружающей среды в Минске пройдет в БЕЛТА 3 июня // БЕЛТА. URL: <https://belta.by/regions/view/press-konferentsiya-o-sostojanii-okruzhajuschej-sredy-v-minske-projdet-v-belta-3-ijunja-638181-2024/> (дата обращения: 18.03.2026).

14. Нарушения экологических норм выявлены на трансграничном водотоке — реке Днепр // БЕЛТА. URL: <https://belta.by/society/view/narushenija-ekologicheskikh-norm-vyjavleny-na-transgranichnom-vodotoke-reke-dnepr-726318-2025/> (дата обращения: 18.03.2026).

15. Экология, новые предприятия и рабочие места. Как в Беларуси развивается экономика замкнутого цикла // БЕЛТА. URL: <https://belta.by/comments/view/ekologija-novye-predprijatija-i-rabochie-mesta-kak-v-belarusi-razvivaetsja-ekonomika-zamknutogo-tsikla-8864/> (дата обращения: 18.03.2026).

16. Татьяна Бранцевич: циркулярная экономика — это развитие за счет более эффективного использования имеющихся ресурсов, переработки отходов и производства товаров из вторсырья // Министерство экономики Республики Беларусь. URL: <https://economy.gov.by/ru/news-ru/view/tatjana-brantsevich-tsirkuljarnaja-ekonomika-eto-razvitie-za-schet-bolee-effektivnogo-ispolzovaniya-45670-2021/> (дата обращения: 18.03.2026).

17. 39 лет после аварии на ЧАЭС: какова радиационная обстановка и ситуация на пострадавших территориях // БЕЛТА. URL: <https://belta.by/comments/view/39-let-posle-avarii-na-chaes-kakova-radiatsionnaja-obstanovka-i-situatsija-na-postradavshih-territorijah-9656/> (дата обращения: 18.03.2026).

18. Тишкович А. Критических превышений нет. Специалисты рассказали об экологической ситуации на Гомельщине // Правда Гомель. URL: <https://gp.by/novosti/obshchestvo/news310779.html> (дата обращения: 18.03.2026).

19. Красовская А. МИД Беларуси потребовал от Литвы немедленного предоставления полных данных об инциденте на Игналинской АЭС // SB.BY. Беларусь сегодня. URL: <https://www.sb.by/articles/mid-belarusi-prokommentiroval-informatsiyu-ob-avarii-na-ignalinskoy-aes-v-litve.html> (дата обращения: 18.03.2026).

20. Кутырев Ю. «Зеленый курс»: кто платит за безумные идеи? // Мінская прўда. URL: <https://mlyn.by/24112025/zelyonyj-kurs-kto-platit-za-bezumnye-idei/> (дата обращения: 18.03.2026).

21. Лукашенко продлил основные льготы и преференции по электромобильям и зарядным станциям // БЕЛТА. URL: <https://belta.by/president/view/lukashenko-prodlil-osnovnye-lgoty-i-preferentsii-po-elektromobiljam-i-zarjadnym-stansijam-753723-2025/> (дата обращения: 18.03.2026).

22. Клишевич С. Природу бросают в бой — как окружающую среду используют в качестве оружия // SB.BY. Беларусь сегодня. URL: <https://www.sb.by/articles/prirodu-brosayut-v-boy-kak-okruzhayushchuyu-sredu-ispolzuyut-v-kachestve-oruzhiya.html> (дата обращения: 18.03.2026).

23. Захарова: отношение Польши к мигрантам на деле, а не на бумаге показывает ее заботу о правах человека // БЕЛТА. URL: <https://belta.by/world/view/zaharova-otnoshenie-polshi-k-migrantam-na-dele-a-ne-na-bumage-pokazyvaet-ee-zabotu-o-pravah-cheloveka-457322-2021/> (дата обращения: 18.03.2026).

24. Ущерб природе от строительства Польшей забора в Беловежской пуще составил около \$20 млн // БЕЛТА. URL: <https://belta.by/society/view/usc-herb-prirode-ot-stroitelstva-polshej-zabora-v-belovezhskoj-pusche-sostavil-okolo-20-mln-624589-2024/> (дата обращения: 18.03.2026).



25. Халдеева А. Животные гибнут в муках. Как польский забор уничтожает природу Беловежской пуши // Мінская пруд. URL: <https://mlyn.by/22112024/zhivotnye-gibnut-v-mukah-kak-polskij-zabor-unichtozhaet-prirodu-belovezhskoj-pushhi/> (дата обращения: 18.03.2026).

Об авторе

Елена Владимировна Коршук — канд. филол. наук, доц., Белорусский государственный университет, Беларусь.

ORCID: 0000-0002-8431-8715

E-mail: korshuk1960@gmail.com

100

E. V. Korshuk

ENVIRONMENTAL ISSUES IN THE STATE MEDIA OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Belarusian State University, Minsk, Belarus

Received 10 March 2026

Accepted 19 April 2026

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-6

To cite this article: Korshuk E. V., 2026, Environmental issues in the state media of the Republic of Belarus, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Humanities and social science*, №3. P. 89—100. doi: 10.5922/sikbfu-2022-3-6.

The article presents a review and analysis of publications in the state-owned mass media of the Republic of Belarus devoted to various aspects of ecology, environmental protection, and sustainable development published between 2021 and 2025. In addition to statistical data on publications addressing individual issues, the study provides a qualitative analysis of the article texts. The priorities set forth in the National Strategy for Sustainable Development of the Republic of Belarus, the country's development plan, the Constitution, and the laws of the Republic of Belarus are compared with the thematic focus and the nature of the information disseminated by the Belarusian Telegraph Agency (BelTA), as well as by national and regional state-owned print media

Key words: ecology, media, topics, Republic of Belarus

The author

Dr. Elena V. Korshuk, Associate Professor, Belarusian State University, Belarus.

ORCID: 0000-0002-8431-8715

E-mail: korshuk1960@gmail.com

УДК 60:577.114:635.89:581.143.6:634.25

**О. О. Бабичева¹, И. М. Абраменко¹, А. М. Голубев²
Л. В. Карпунина¹**

**ВЛИЯНИЕ ПОЛИСАХАРИДА *PLEUROTUS OSTREATUS* P-88
НА ПРОЦЕССЫ РИЗОГЕНЕЗА У КОСТОЧКОВОЙ КУЛЬТУРЫ
PRUNUS PERSICA (L.) BATSCH**

101

¹ Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Россия

² Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока,
Саратов, Россия

Поступила в редакцию 09.03.2026 г.

Принята к публикации 29.05.2026 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-7

Для цитирования: Бабичева О. О., Абраменко И. М., Голубев А. М., Карпунина Л. В. Влияние полисахарида *Pleurotus ostreatus* P-88 на процессы ризогенеза у косточковой культуры *Prunus persica* (L.) Batsch // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные науки. 2026. №3. С. 101 – 111. doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-7

Исследовано влияние полисахарида, выделенного из плодовых тел вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus* P-88), на ризогенез черенков персика двух сортов: «Юбилейный ранний» и «Новоселковский». Цель работы – оценка эффективности применения полисахарида как регулятора корнеобразования в различных вариантах использования. Установлено, что полисахарид оказывает выраженное стимулирующее действие на формирование корневой системы, при этом наибольший эффект наблюдается при его совместном применении с индолилмасляной кислотой. Максимальные показатели корнеобразования у обоих сортов отмечены при обработке раствором, содержащим полисахарид и индолилмасляную кислоту, тогда как использование пленочного покрытия на основе полисахарида с раствором индолилмасляной кислоты обеспечивало высокие, но несколько уступающие значения. Совместное использование полисахарида и индолилмасляной кислоты способствовало активизации каллусообразования и снижению загнивания посадочного материала.

Ключевые слова: грибы, базидиомицеты, *Pleurotus ostreatus*, косточковые культуры, *Prunus persica*, полисахарид, пленочное покрытие, стимулятор роста



Введение

В современных условиях интенсификации растениеводства и перехода к экологически ориентированным агротехнологиям возрастает интерес к природным регуляторам роста растений, способным повышать продуктивность и устойчивость сельскохозяйственных культур без увеличения химической нагрузки на агроэкосистемы. Особое внимание уделяется биологически активным веществам природного происхождения, которые могут использоваться в качестве биостимуляторов и элиситоров физиологических процессов у растений [1; 2].

Косточковые культуры, в частности персик обыкновенный (*Prunus persica*), имеют высокое хозяйственное значение. Ризогенез — процесс образования и развития корневой системы, который играет определяющую роль в адаптации растений, их устойчивости к неблагоприятным условиям среды и последующей продуктивности [3; 4]. При размножении косточковых культур посредством зеленого черенкования необходимо использование различных стимуляторов для усиления ризогенеза и повышения выхода подвоев [5; 6]. Рост растений регулируется комплексом веществ, включающим как фитогормоны, так и соединения негормональной природы, такие как фенолы, производные мочевины и витамины. Эти регуляторы могут быть как эндогенными (природными), так и экзогенными (синтетическими) [7].

Наиболее часто в питомниководстве для стимуляции корнеобразования применяются регуляторы роста ауксиновой природы (индолилмасляная кислота, индолилуксусная кислота и др.). Они способствуют корнеобразованию за счет индуцирования деления клеток в результате повышения активности синтеза РНК и белков [5]. Несмотря на их эффективность, данные вещества обладают рядом ограничений: узким диапазоном оптимальных концентраций, риском фитотоксического действия, а также отсутствием комплексного влияния на физиологическое состояние растений [8–11]. В связи с этим актуальна разработка альтернативных биостимулирующих средств природного происхождения, способных мягко и пролонгированно воздействовать на процессы ризогенеза [12].

Перспективным источником таких биологически активных соединений являются высшие грибы — базидиомицеты, продуцирующие широкий спектр полисахаридов (далее — ПС) с выраженной физиологической активностью [13]. ПС грибного происхождения, в частности α -, β -глюканы, активно изучаются в различных областях биологии и экологии [14]. Особый интерес в качестве источника биологически активных ПС представляет гриб *Pleurotus ostreatus* (вешенка обыкновенная) — широко культивируемый базидиомицет, известный высоким содержанием ПС и других углеводных комплексов [15; 16]. Олиго- и полисахара во многих случаях выступают элиситорами в активации β -глюканаз и хитиназ [17]. У растений широко распространены β -глюканазы, они были охарактеризованы для значительного числа видов. Одной из функций β -глюканаз является защита растения от грибковых патогенов как самостоятельно, так и в сочетании с хитиназами и другими противогрибковыми белками [18]. Опубликованы работы [19–21], посвященные



тому, что экстракты и фракции, содержащие ПС *P. ostreatus*, обладают значительной антиоксидантной активностью, а также могут играть роль молекулярных сигналов, способных активировать защитные реакции у растений. В частности, исследование с использованием комплексного экстракта клеточной стенки *P. ostreatus* показало его способность выступать в качестве элиситора, посредством активации биохимических маркеров реакций защиты растений и способствования снижению симптомов заболеваний в полевых условиях [20].

Целью данной работы стало изучение влияния полисахарида *P. ostreatus* P-88 на процессы ризогенеза у представителя косточковых культур — персика (*Prunus persica* (L.) Batsch).

Объекты и методы исследований

Исследования проводили в ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока» (Саратов).

Объектом исследований послужил ПС, выделенный из вешенки обыкновенной (*P. ostreatus* P-88). Грибы были получены из ООО ПКП «Сантана» (Саратов) и УНПК «Агроцентр» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова». Выделение ПС грибов проводили по методу [22]. Исследуемый биополимер, выделенный из *P. ostreatus* P-88, характеризуется вязкой консистенцией, не имеет запаха и обладает высокой растворимостью в дистиллированной воде. Моносахаридный состав ПС представлен глюкозой, маннозой и галактозой.

В работе использовали индолилмасляную кислоту (далее — ИМК) («Диаэм», Германия).

Сорта персика «Юбилейный ранний» и «Новоселковский» получены из ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока» (Саратов). Черенки персика нарезаны со здоровых, апробированных коллекционных растений лаборатории молекулярно-генетических исследований плодовых культур. Черенкование проводили согласно рекомендациям [23–25]. Заготовку побегов проводили во 2-й декаде июля. В эксперименте использовали черенки длиной 7–8 см и толщиной 4–7 мм. При посадке в верхней части черенка оставляли 1–3 листа, которые укорачивали на $\frac{1}{3}$ – $\frac{2}{3}$ длины для уменьшения транспирации, остальные листья удаляли. Нижний срез черенка делали на 1–2 мм ниже почки наискосок. Верхний срез — непосредственно над почкой. Срезы выполняли острым ножом во избежание сдавливания тканей. Черенки после нарезки сразу помещали в емкости с количеством воды, достаточным для покрытия нижнего среза на 10–15 мм с последующим перенесением в экспериментальные варианты растворов регулятора роста. Укоренение сортов персика неодревесневшими (зелеными) черенками проводили в стационарной необогреваемой теплице при температуре воздуха днем 24–26 °С, ночью — 18–22 °С, относительной влажности воздуха 80–90 % и влажности субстрата 60–70 % (от полной влагоемкости). Субстрат — крупный промытый речной песок. Ширина гряд в теплице составляла 170 см, схема посадки черенков 6×8 см. Повторность опыта трехкратная.



Обработку черенков проводили, используя разные способы, помещая их на 8 ч в растворы:

- 1) раствор ПС *P. ostreatus* P-88 (0,01 %);
- 2) раствор ПС *P. ostreatus* P-88 (0,01 %) + ИМК (0,01 %);
- 3) раствор ИМК (0,01 %) с последующим нанесением пленочного покрытия непосредственно перед посадкой на основе ПС *P. ostreatus* P-88;
- 4) раствор ИМК (0,01 %).

Для создания пленочного покрытия на основе данного ПС использовали метод [26] в нашей модификации. В качестве структурообразователя применяли карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ), в качестве пластификатора — глицерин, в качестве растворителя — дистиллированную воду. Для этого 0,6 г ПС и 2,73 г КМЦ смешивали в 100 мл дистиллированной воды, добавляли 5 мл глицерина. В результате получали однородный, прозрачный, студнеобразный раствор (гель), который, застывая, образовывал пленку.

Оценку проводили по количеству черенков, образовавших каллус, а также по числу корней, средней и максимальной длине корня.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли, применяя параметрический t-критерий Стьюдента (достоверными считали различия при вероятности ошибки $p < 0,05$) с использованием пакетов прикладных программ Statistica 8.0 for Windows (StatSoft-Russia) и Microsoft Office Excel 2019.

Результаты исследований и их обсуждение

В процессе исследований было показано, что ПС *P. ostreatus* P-88 способен оказывать в разной степени положительное влияние на ризогенез черенков исследуемых сортов персика.

Применение растворов ПС и ИМК по-разному влияло на каллусообразование. Показано, что наибольшая стимуляция каллусообразования у сорта «Юбилейный ранний» отмечалась при использовании раствора ИМК в сочетании с пленочным покрытием, созданным на основе ПС: количество черенков с наличием каллуса увеличилось в 1,3 раза по сравнению с раствором ИМК. Обработка раствором ПС+ИМК, а также раствором ПС, без добавления коммерческого регулятора роста (ИМК) способствовала образованию каллуса в меньшей степени по сравнению с раствором ИМК (табл. 1).

Таблица 1

Показатели каллусообразования у черенков *Prunus persica* при различных вариантах обработки

Сорт	Растворы			
	ПС	ПС + ИМК	ИМК + пленочное покрытие (ПС)	ИМК
$M \pm m$				
Юбилейный ранний	4,0±0,5*	5,0±0,5*	11,6±0,3*	8,6±0,3
Новоселковский	—	6,0±0,5*	4,3±0,3*	2,0±0,5

Примечание: * $p < 0,05$.



У сорта «Новоселковский» максимальные значения каллусообразования отмечены при обработке раствором ПС + ИМК и в 3 раза превышали результаты обработки раствором ИМК. Применение пленочного покрытия (в данном случае вместо раствора ПС), как видно из таблицы 1, способствовало увеличению числа каллусов в 2,1 раза, тогда как применение раствора ПС не оказывало влияния на каллусообразование.

В таблице 2 представлены результаты влияния различных вариантов обработок ПС и ИМК на параметры корнеобразования у черенков персика сортов «Юбилейный ранний» и «Новоселковский».

Таблица 2

105

**Показатели корнеобразования
у черенков *Prunus persica* при различных вариантах обработки**

Сорт	Параметр	Растворы			
		ПС	ПС + ИМК	ИМК + пленочное покрытие (ПС)	ИМК
$M \pm m$					
Юбилейный ранний	Количество корней, шт.	7,0±0,5*	170,6±10,9*	124,0±2,3*	110,3±5,1
	Средняя длина корня, см	6,9±0,5*	4,5±0,1*	4,1±0,1*	3,4±0,03
	Максимальная длина корня, см	15,3±4,6	15,4±0,5*	16,0±1,9*	9,3±0,1
Новоселковский	Количество корней, шт.	—	44,3±5,8*	30,3±6,1*	12,6±1,2
	Средняя длина корня, см	—	4,5±0,2*	4,8±0,06*	2,7±0,1
	Максимальная длина корня, см	—	11,0±0,7*	10,4±0,8*	7,5±0,4

Примечание: * $p < 0,05$.

В процессе исследований было показано, что применение раствора ПС в сочетании с ИМК приводило к значительному увеличению количества корней в отношении обоих сортов. Так, обработка сорта «Юбилейный ранний» раствором ПС + ИМК и раствором ИМК в сочетании с пленочным покрытием на основе ПС увеличивала количество корней в 1,5 и 1,1 раза соответственно (по сравнению с обработкой раствором ИМК). Выдерживание черенков сорта «Новоселковский» в растворе ПС + ИМК и растворе ИМК в сочетании с пленочным покрытием на основе ПС также приводило к увеличению количества корней в 3,5 и 2,4 раза соответственно (относительно результатов раствора ИМК). Раствор ПС без добавления коммерческого стимулятора роста (ИМК) оказывал незначительное влияние на количество корней (по сравнению с влиянием ИМК) в отношении сорта «Юбилейный ранний», а в отношении сорта «Новоселковский» образование корней не наблюдали.



Обработка черенков раствором ПС, раствором ПС в комплексе с ИМК, а также раствором ИМК в сочетании с пленочным покрытием на основе ПС у сорта «Юбилейный ранний» способствовала в разной степени увеличению средней и максимальной длины корня, как видно из таблицы 2. В то время как у сорта «Новоселковский» положительное влияние на эти параметры было выявлено только при обработке черенков раствором ПС+ИМК и раствором ИМК в сочетании с пленочным покрытием на основе ПС.

Таким образом, использование ПС в сочетании с ИМК значительно усиливает корнеобразование у черенков персика сортов «Юбилейный ранний» и «Новоселковский», увеличивая количество корней, их среднюю и максимальную длину.

Наименьшая степень загнивания черенков была отмечена при комплексном применении раствора ПС+ИМК и составила 2,9 и 20,0 % у сортов «Юбилейный ранний» и «Новоселковский» соответственно (рис.).

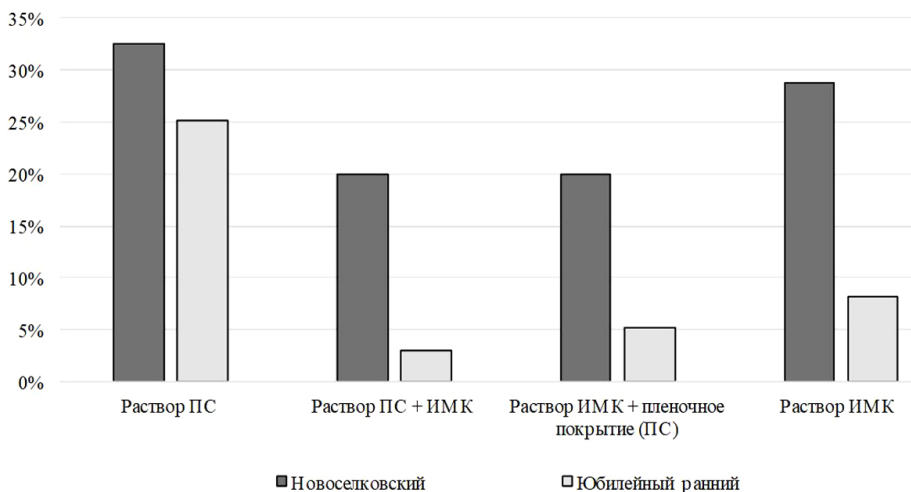


Рис. Процент загнивания черенков *Prunus persica* при различных вариантах обработки

Показатели загнивания при обработке черенков раствором ИМК в сочетании с пленочным покрытием на основе ПС составили 5,1 и 20,0 % у сортов «Юбилейный ранний» и «Новоселковский» соответственно, а при обработке раствором ИМК — 8,1 и 28,8 %. Однако наибольший процент загнивания наблюдали при обработке раствором ПС: 25,1 и 32,6 %. Очевидно, это связано с меньшим количеством индуцированных корней на черенках, их истощением и ослаблением иммунитета к гнилостной микрофлоре. Значительная разница между сортами персиков, возможно, связана с тем, что сорт «Новоселковский» является трудноукореняемым и, как показало исследование, более подвержен загниванию, вследствие чего снижается количество укорененных черенков. Было замечено, что загнивание черенков начинается только через 15–20 дней, чаще после опадения листьев.



Выводы

Установлено, что применение ПС оказывает выраженное стимулирующее влияние на процессы корнеобразования у зеленых черенков персика сортов «Юбилейный ранний» и «Новоселковский», особенно при совместном использовании с ИМК.

Наиболее интенсивное каллусообразование у черенков персика сорта «Юбилейный ранний» отмечено при использовании раствора ИМК в сочетании с пленочным покрытием на основе ПС, тогда как у персика сорта «Новоселковский» максимальный эффект наблюдался при применении раствора ПС с ИМК.

Наибольшие показатели по количеству корней у черенков персика сорта «Юбилейный ранний» отмечены при обработке раствором ПС в сочетании с ИМК, аналогичная тенденция выявлена и для сорта «Новоселковский».

При обработке раствором ПС черенков сорта «Юбилейный ранний» отмечен наибольший показатель по средней длине корней относительно всех исследуемых растворов и пленочного покрытия на основе ПС. Однако обработка раствором ПС без добавления ИМК приводила к увеличению числа загнивших черенков по сравнению с комплексными растворами (ПС + ИМК) и раствором ИМК.

Совместное применение ПС и ИМК способствовало снижению процента загнивания черенков. Минимальные значения загнивания у персика сорта «Юбилейный ранний» были зафиксированы при обработке раствором ПС + ИМК, тогда как у сорта «Новоселковский» наименьшие показатели отмечены при использовании ПС в сочетании с ИМК как в форме раствора, так и в виде пленочного покрытия.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что лучший стимулирующий эффект на каллусообразование и корнеобразование черенков в отношении персиков двух сортов проявляется при совместной обработке их ПС грибов с ИМК, являющейся известным стимулятором роста корней ауксиновой природы. Роль ПС в рассматриваемом сочетании пока остается невыясненной и требует дальнейших исследований. Уменьшение загнивания черенков, наблюдаемое также при совместном применении ПС грибов с ИМК, возможно, объясняется тем, что ПС закупоривает проводящие сосуды черенков от проникновения инфекции внутрь, действуя как элиситор на индукцию иммунитета растений. Полученные результаты указывают на то, что в перспективе данный биополимер может быть использован в качестве средства для стимуляции ризогенеза у растений.

Список литературы

1. Barka E. A., Eullaffroy P., Clement C. Chitosan improves development, and protects *Vitis vinifera* L. against *Botrytis cinerea* // Plant Cell Reports. 2004. Vol. 22. P. 608–614. <https://doi.org/10.1007/s00299-003-0733-3>.
2. Гольшин Н. М. Новые средства защиты растений от болезней // Защита растений. 1992. № 8. С. 50–54.
3. Калинин М. И. Корневедение. 2-е изд., перераб. и доп. М., 1986.



4. Zaifk F. An Overview on Root Development in Plant Physiology // Journal of Plant Biochemistry & Physiology. 2025. Vol. 13, №1. P. 335. URL: <https://www.longdom.org/open-access/an-overview-on-root-development-in-plant-physiology-1102603.html> (дата обращения: 19.01.2026).

5. Дрыгина А.И. Новые стимуляторы корнеобразования и их влияние на укоренение клоновых подвоев черешни и вишни // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2020. Т. 30. С. 86–90. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2020-30-86-90>.

6. Скалий Л.П., Самощенко Е.Г. Размножение растений зелеными черенками. М., 2002.

7. Аладина О.Н. Оптимизация технологии зеленого черенкования садовых растений // Известия ТСХА. 2013. Вып. 4. С. 5–22.

8. Oğuztürk G.E., Pulatkan M., Alparslan C. et al. Comparative evaluation and optimization of auxin type and concentration on rooting efficiency of Photinia × fraseri Dress stem cuttings using response surface methodology // Plants. 2025. Vol. 14, №15. <https://doi.org/10.3390/plants14152420>.

9. Justamante M. S., Mhimdi M., Molina-Pérez M. et al. Effects of auxin (indole-3-butyric acid) on adventitious root formation in peach-based Prunus rootstocks // Plants. 2022. Vol. 11, №7. <https://doi.org/10.3390/plants11070913>.

10. Šípošová K., Kollárová K., Lišková D. et al. The effects of IBA on the composition of maize root cell walls // Journal of Plant Physiology. 2019. Vol. 239. P. 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2019.04.004>.

11. Li S., Huang P., Ding G. et al. Optimization of hormone combinations for root growth and bud germination in Chinese fir (Cunninghamia lanceolata) clone leaf cuttings // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05295-z>.

12. Boyer Ch.R., Griffin J.J., Morales B.M. et al. Use of root-promoting products for vegetative propagation of nursery crops. Manhattan, KS, 2013.

13. Сакович В.В., Жерносеков Д.Д. Базидиомицеты как источники биологически активных веществ // Вестник Полесского государственного университета. Сер. природоведческих наук. 2018. №. 1. С. 3–13.

14. Минаков Д.В., Саврасов Е.С., Мусина О.Н. Полисахариды высших грибов: систематизация данных о выделении, структуре, биологических свойствах и пребиотическом потенциале // Химия растительного сырья. 2025. №3. С. 60–87. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250317374>.

15. Bekiaris G., Tagkouli D., Koutrotsios G. et al. Pleurotus mushrooms content in glucans and ergosterol assessed by ATR-FTIR spectroscopy and multivariate analysis // Foods. 2020. Vol. 9, №4. <https://doi.org/10.3390/foods9040535>.

16. Baeva E., Bleha R., Lavrova E. et al. Polysaccharides from basidiocarps of cultivating mushroom Pleurotus ostreatus: isolation and structural characterization // Molecules. 2019. Vol. 24, №15. <https://doi.org/10.3390/molecules24152740>.

17. Hahn M. G. Microbial elicitors and their receptors in plants // Annual Review of Phytopathology. 1996. Vol. 34. P. 387–412. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.34.1.387>.

18. Balasubramanian V., Vashisht D., Cletus J. et al. Plant β-1,3-glucanases: their biological functions and transgenic expression against phytopathogenic fungi // Biotechnology Letters. 2012. Vol. 34. P. 1983–1990. <https://doi.org/10.1007/s10529-012-1012-6>.



19. Effiong M. E., Umeokwochi C. P., Afolabi I. S. *et al.* Comparative antioxidant activity and phytochemical content of five extracts of *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom) // Scientific Reports. 2024. Vol. 14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54201-x>.

20. Faugeton-Girard C., Gloaguen V., Koçi R. *et al.* Use of a *Pleurotus ostreatus* complex cell wall extract as elicitor of plant defenses: from greenhouse to field trial // Molecules. 2020. Vol. 25, №5. P. 1094. <https://doi.org/10.3390/molecules25051094>.

21. Elsakhawy T., ALKahtani M. D. F., Sharshar A. A. H. *et al.* Efficacy of mushroom metabolites (*Pleurotus ostreatus*) as a natural product for the suppression of broomrape growth (*Orobanche crenata* Forsk) in faba bean plants // Plants. 2020. Vol. 9, №10. P. 1265. <https://doi.org/10.3390/plants9101265>.

22. Патент №2838744 С1. РФ. Способ получения полисахаридов из базидиомицетов / Л. В. Карпунина, Е. А. Логачева, О. О. Бабичева. №2024106268 ; заявл. 12.03.2024 ; опублик. 22.04.2025.

23. Тарасенко М. Т. Зеленое черенкование садовых и лесных культур. М., 1991.

24. Ермаков Б. С. Размножение древесных и кустарниковых растений зеленым черенкованием. Кишинев, 1981.

25. Поу-Даттон П. Укоренение черенков в искусственном тумане. М., 1962.

26. Пассaglia Э., Маршессо Р. Приготовление и исследование пленок // Методы исследования углеводов. М., 1975. С. 413—428.

Об авторах

Олеся Олеговна Бабичева — асп., Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Россия.

ORCID: 0009-0004-7765-558X

SPIN-код: 8664-9376

E-mail: olesya.sultanova.98@mail.ru

Илья Михайлович Абраменко — магистрант, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Россия.

ORCID: 0009-0001-8209-7576

E-mail: ilya-abramenko@list.ru

Александр Михайлович Голубев — руководитель лаборатории молекулярно-генетической селекции плодовых культур «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», Россия.

ORCID: 0000-0002-7888-2758

SPIN-код: 8482-7580

E-mail: biotechnoalgol@mail.ru

Лидия Владимировна Карпунина — д-р биол. наук, проф., Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Россия.

ORCID: 0000-0002-9985-9944

SPIN-код: 4160-5383

E-mail: karpuninal@mail.ru



O. O. Babicheva¹, I. M. Abramenko¹, A. M. Golubev²
L. V. Karpunina¹

INFLUENCE OF THE POLYSACCHARIDE
FROM *PLEUROTUS OSTREATUS* P-88
ON RHIZOGENESIS PROCESSES IN STONE FRUIT
CULTIVARS *PRUNUS PERSICA* (L.) BATSCH

¹ Saratov State University of Genetics, Biotechnology
and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

² Federal Agricultural Research Center of the South-East, Saratov, Russia

Received 09 March 2026

Accepted 29 May 2026

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-7

110

To cite this article: Babicheva O.O., Abramenko I.M., Golubev A.M., Karpunina L.V., 2026, Influence of the polysaccharide from *Pleurotus ostreatus* P-88 on rhizogenesis processes in stone fruit cultivars *Prunus persica* (L.) Batsch, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural Sciences*, №3. P. 103–111. doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-7.

The study investigated the effect of a polysaccharide isolated from the fruiting bodies of the oyster mushroom (Pleurotus ostreatus P-88) on the rhizogenesis of peach cuttings of two cultivars, Yubileiny Ranniy and Novoselkovsky. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of the polysaccharide as a root formation regulator under different application methods. The results demonstrated that the polysaccharide exerted a pronounced stimulatory effect on root system development, with the greatest effect observed when it was applied in combination with indole-3-butyric acid (IBA). The highest rooting rates in both cultivars were achieved following treatment with a solution containing both the polysaccharide and indole-3-butyric acid, whereas the application of a polysaccharide-based film coating in combination with an indole-3-butyric acid solution also produced high, although slightly lower, rooting performance. The combined application of the polysaccharide and indole-3-butyric acid promoted callus formation and reduced the incidence of planting material decay.

Keywords: fungi, basidiomycetes, *Pleurotus ostreatus*, stone fruits, *Prunus persica*, polysaccharide, film coating, growth stimulator

The authors

Olesya O. Babicheva, PhD student, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Russia.

ORCID: 0009-0004-7765-558X

E-mail: olesya.sultanova.98@mail.ru

Ilya M. Abramenko, Master's student, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Russia.

ORCID: 0009-0001-8209-7576

E-mail: ilya-abramenko@list.ru



Alexander M. Golubev, Head of the Laboratory of Molecular Genetic Breeding of Fruit Crops, Federal Agrarian Scientific Center of the South-East, Russia.

ORCID: 0000-0002-7888-2758

E-mail: biotechnoalgol@mail.ru

Prof. Lidiya V. Karpunina, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Russia.

ORCID: 0000-0002-9985-9944

E-mail: karpuninal@mail.ru

В. С. Кузьменко, А. В. Ивашов

НЕКТАРОПРОДУКТИВНОСТЬ ЦВЕТКОВ *SALVIA SCLAREA* КАК МЕДОВОГО РЕСУРСА ДЛЯ *APIS MELLIFERA* В КРЫМУ

Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского,
Симферополь, Россия

Поступила в редакцию 24.03.2026 г.

Принята к публикации 27.05.2026 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-8

112

Для цитирования: Кузьменко В. С., Ивашов А. В. Нектаропродуктивность цветков *Salvia sclarea* как медового ресурса для *Apis mellifera* в Крыму // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные науки. 2026. №3. С. 112 – 133. doi: 10.5922/vestniknat-2026-2-8.

Площади посевов перспективного эфиромасличного растения шалфея мускатного *Salvia sclarea* в Крыму возрастают с каждым годом, однако его ресурсный потенциал как источника сахаров для меликтофильных насекомых остается малоизученным. Статья посвящена восполнению этого пробела. Отработанным методом извлечения нектара с использованием стеклянных микрокапилляров оценивалось содержание нектара в цветках в разных частях куста, а также влияние фактора индивидуальности. Показано, что в верхней части куста цветки накапливают статистически значимо большее количество нектара, а доля влияния фактора индивидуальности составляет 8,9 %. В течение полных суток с шагом в 2 ч измеряли количество нектара в цветках растения. В большинстве временных точек отбора проб наблюдалось нормальное распределение данной случайной величины как в начале, так и в середине периода цветения. Суточную динамику содержания сахаров в нектаре определяли методом рефрактометрии. Установлены статистически значимые отрицательные корреляционные связи и регрессионные зависимости между трендами сахаристости и объемом нектара. Среднестатистическое значение сахаропродукции в пересчете на один цветок определено в интервале доверительной вероятности $0,82 \pm 0,14$ мг ($p \geq 0,95$). На основе полученных в настоящем исследовании сведений о количестве сахаров в одном цветке и ряда других данных вычислен интервал потенциальной медопродуктивности посевов шалфея: от 65 до 328 кг/га за сезон.

Ключевые слова: *Salvia sclarea*, нектар, метод микрокапилляров, суточная динамика



Введение

Род *Salvia* представляет собой большое космополитичное сообщество, насчитывающее около 1000 видов, отличающихся богатым разнообразием. Шалфей претерпел заметное видовое распространение в трех регионах мира: Центральной и Южной Америке (500 видов), Центральной Азии / Средиземноморье (250 видов) и Восточной Азии (90 видов) [1]. В Крыму встречается 15 видов рода *Salvia* [2], но культивируются в основном шалфей мускатный *S. sclarea* (L.) и шалфей лекарственный *S. officinalis* (L.). *S. sclarea* распространился в горную часть Крыма из восточной части Средиземноморского побережья и в Крыму начал возделываться с начала XX в. [3].

Считается, что процесс взаимного приспособления энтомофильных растений и некоторых насекомых-опылителей привел в процессе коэволюции к питанию нектаром и пыльцой [4]. Представители рода *Salvia* являются прекрасными нектароносами и создают значительные ресурсы для медоносных пчел [5–8], а шалфейные меда отличаются большим разнообразием вторичного обмена. В траве шалфея мускатного обнаружены эфирные масла, флавоноиды и дубильные вещества [9], которые обладают антидепрессивным воздействием. Они присутствуют во всех органах шалфея, но в разных концентрациях. Благодаря им шалфей мускатный — одно из лучших растений для регулирования женских гормонов: балансирует эстроген и прогестерон, помогает уменьшить симптомы менопаузы, нормализует менструальный цикл, способствует улучшению репродуктивной функции, используется при лечении инфекций мочевыводящих путей, часто встречающихся у женщин [10].

Фармакогностическое изучение шалфея мускатного открыло широкие возможности комплексного использования сырья для получения лекарственных средств [11]. В Крыму средняя масса соцветий данного растения, по сведениям на 2016 г., составила 8,30 т/га [12], но каков потенциальный ресурс нектара для медоносных пчел, остается неизвестным. В Республике Крым площадь посевов шалфея мускатного колебалась на протяжении 2014–2022 гг. от 74 (2021) до 2393 га (2019), но уже в наше время она может достигнуть 4 тыс. га [13]. В этой связи определение нектаронакопления у шалфея, что в науке и на практике обозначается термином «нектаропродуктивность», является весьма важной задачей. Ее необходимо решать для оптимизации количества пчелиных семей, которые можно разместить на определенной площади, занимаемой этой культурой. Вместе с этим важно получить сведения о содержании сахаров в нектаре, так как это позволит определить медопродуктивный потенциал этой во всех аспектах перспективной культуры.

Следует отметить, что сведений о содержании нектара в цветках шалфея мускатного в доступных литературных источниках нами не было обнаружено. Вместе с тем имеется незначительное количество публикаций по другим видам рода *Salvia*. Важно, что при этом наблюдался значительный разброс данных, показанный ранее для *S. pratensis* [14], *S. arborescens* [15] и затем для *S. stachydifolia* [16]. В таких исследованиях одним из первостепенных шагов представляется выяснение вопроса,

отклоняются ли вероятности случайной величины (количественного содержания нектара в цветках шалфея) от нормального распределения. Нулевая гипотеза при этом формулируется как предположение о нормальном распределении. При значении $p \leq 0,05$ она отклоняется. Доказательство нормального распределения позволяет использовать широко применяемую статистику Пирсона [17]. Ранее при проведении исследования количественного содержания нектара в цветках липы сердцевидной мы решали эту задачу с применением критерия Шапиро — Уилка [18].

В связи с вышеизложенным, основной целью исследования стала оценка количественного содержания нектара в цветках и доли в нем сахаров у нектароноса *S. sclarea*.

Материалы и методы

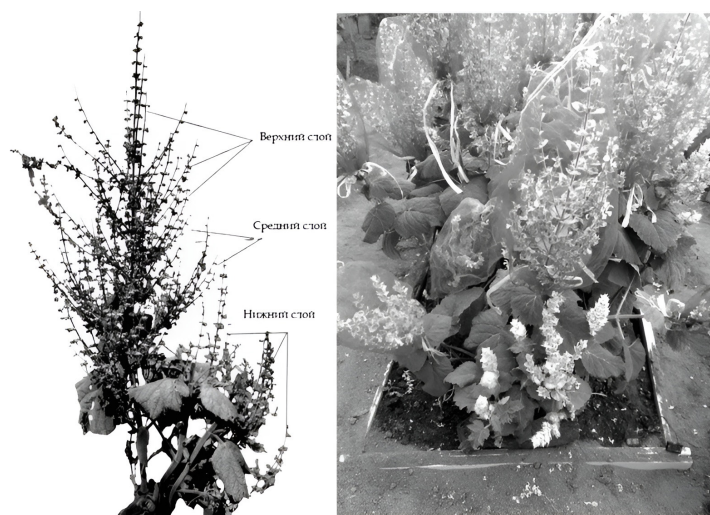
Исследования проводили на приусадебном участке в Симферополе дважды: в середине (2024) и в начале цветения (2025). Шалфей мускатный относится к семейству яснотковые. Это многолетнее растение высотой 20—120 см. Прицветники широкие, крупные. В соцветиях количество мутовок в среднем достигает 8, по 6 цветков в каждой мутовке [19]. Соцветия метельчатые, стебли прямостоячие (рис. 1, а). В нашем случае высота большинства растений была в интервале 100—120 см.

Фактор вертикальной неоднородности кустов шалфея учитывали путем деления их на три примерно равные части — слои, или страты. Нижняя граница первой страты начиналась с ответвления побегов от основного стебля (рис. 1, а). В дальнейшем пришли к выводу о целесообразности выделения только двух страт, что было достаточным для получения репрезентативной выборки с каждого куста. За 12 ч до отбора проб, в 18:00, цветки были предварительно изолированы сетчатыми мешками от посещения мелиттофильными насекомыми (рис. 1, б). Для исследования срывали только цветки, находящиеся в одной и той же стадии цветения. Нераскрывшиеся и полностью отцветшие в выборки не попадали. Цветки имеют крупный синий венчик из пяти лепестков, их нижние части срастаются в трубку. Верхние части остаются свободными и образуют две губы: верхнюю — из двух, нижнюю — из трех лепестков. Необходимый нам нектар накапливается в трубке венчика (рис. 2, а).

Применяли прямой метод учета накопленного нектара. С цветка нектар отбирали методом микрокапилляров [20—21]. Несмотря на трудоемкость, он наиболее удобен в полевых условиях и имеет преимущества перед методом смыва сахаров.

Микрокапилляры вытягивали из стандартных стеклянных капилляров, с наружным диаметром 1,8 мм и внутренним 1 мм, оттянутый конусовидный конец имел длину 10—20 мм, диаметр его кончика составлял около 0,2 мм. Капилляр калибровали дозатором-микропипеткой DragonLab 0,1—2,5 мкл и наносили метки с интервалом в 0,2 мкл. Для устойчивого сохранения меток капилляр покрывали лаком. В ряде работ [22—24] успешно применяли данный метод, но при этом отмечали некоторые трудности: в частности, при малых объемах нектара и высокой концентрации сахаров (больше 70 %) из нектарников не выбирался

весь объем нектара. В наших исследованиях объем нектара в среднем был около 0,84–0,90 мкл, но концентрация сахаров никогда не превышала 70 %, хотя встречалось несколько проб с концентрацией до 68 %.



а

б



в



г

Рис. 1. Куст шалфея с тремя слоями (стратами), представленными соцветиями, расположенными в нижней, средней и верхней частях растения (а); соцветия шалфея, изолированные перед и в процессе эксперимента (б); соцветие шалфея с отцветшими, цветущими и закрытыми цветками (в); отдельно выделенное соцветие на кусте (г)

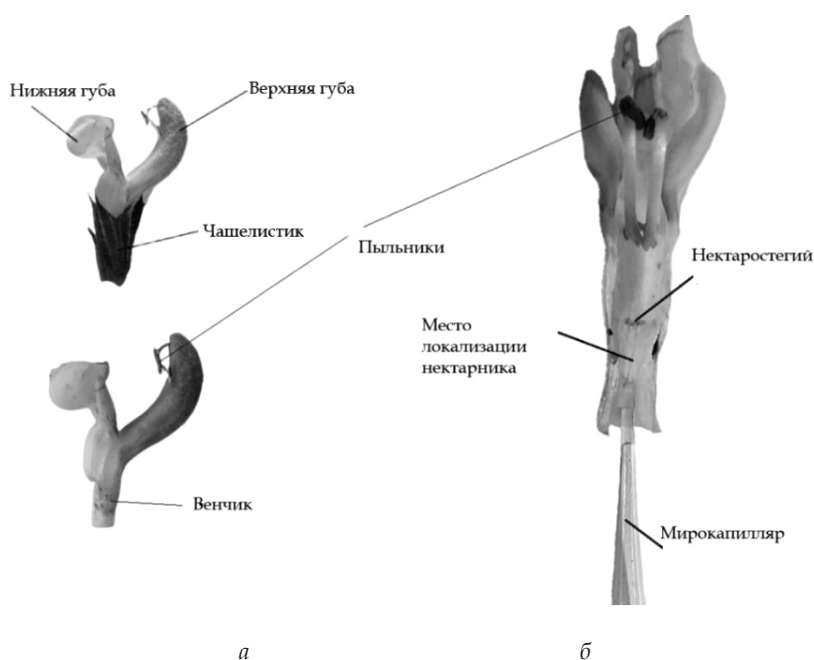


Рис. 2. Цветок шалфея с чашелистиком и без него (а);
разрез цветка с верхней губой и введенным
в нектарник микрокапилляром (б)

В научных литературных источниках, к сожалению, опущены важные детали отбора проб, поэтому данная методика была оптимизирована и имела следующие особенности.

1. Отрывали цветок от соцветия, удаляли чашелистик (рис. 2, а), в результате чего получали свободную трубку венчика.

2. Аккуратно брали пальцами одной руки верхнюю серповидную губу цветка, а пальцами другой руки — нижнюю губу и затем отделяли их друг от друга. Таким образом получали открытую часть трубки венчика с нижней губой, где и находился нектар.

3. В результате проведения описанных манипуляций можно было визуально наблюдать как набирался нектар в капилляр (рис. 2, б), и контролировать, чтобы он был выбран полностью.

4. В данном случае визуальный контроль значительно повышал точность отбора и в то же время снижал вероятность загрязнения образца тканевыми жидкостями.

Сам процесс отбора нектара включал следующую последовательность действий.

Препарированный цветок (как описано выше) с частью венчика с нектаром наклоняли под углом $20-30^\circ$ и вводили капилляр в ложбинку, расположенную в нижней части трубки венчика.

Под действием сил поверхностного натяжения и адгезии (силы притяжения между жидкостью и стенками трубки) нектар входил в микро-



капилляр. В редких (сомнительных) случаях на завершающем этапе отбора нектара совершали капилляром дополнительное движение вдоль трубки венчика вплоть до нектаростегия.

Далее отмечали, на каком делении микрокапилляра остановился рост объема, и записывали результат.

Для измерения сахаристости использовали рефрактометр марки ATAGO PAL-1. Регистрационный номер рефрактометра в Госреестре СИ — 52113-12. Диапазон измерений Brix: 0,0...53,0 %. Точность прибора Brix: $\pm 0,2$ %.

Опытным путем было установлено, что прибор требовал минимальный объем раствора от 100 мкл. Поэтому все отобранные в конкретное время объемы нектара с 10 цветков сливали в предварительно взвешенные пробирки эппендорфа емкостью 0,2 мл. Взвешивание пробирок проводили на аналитических весах с точностью до 0,0001 г и затем доливали в них дистиллят в количестве 100 мкл. Для этого использовали дозатор (DragonLab) с рабочим объемом 10–100 мкл. Таким образом получали разбавленный нектар в достаточном количестве и в оптимальной концентрации для качественного измерения данным рефрактометром.

Перед равномерным нанесением раствора на линзу прибора его тщательно перемешивали в пробирке пестиком в течение двух минут поступательно-возвратными движениями.

Для получения реального процентного содержания сахаров в нектаре использовали следующую формулу

$$C = K_c \cdot C_p,$$

где C_p — показания рефрактометра раствора нектара (%); K_c — коэффициент пересчета сахаристости нектара, на который умножались показания рефрактометра для определения реальной концентрации сахара в нектаре. Высчитывается по формуле

$$K_c = \left(\frac{m_{\text{дист}}}{m_{\text{нек}}} \right) + 1,$$

где $m_{\text{дист}}$ — масса дистиллированной воды, добавляемой дозатором объемом 100 мкл; $m_{\text{нек}}$ — масса нектара, полученная вычислением разницы массы взвешенной пробирки до и после наполнения ее нектаром.

Оценка содержания сахара на цветок в мг была рассчитана по формуле

$$m_c = \frac{V_n \cdot \rho \cdot C}{100},$$

где V_n — объем нектара на цветок; ρ — плотность раствора (рассчитывали в зависимости от процентного содержания сахаров по Brix). Для этого использовали следующее уравнение полинома второй степени [25]:

$$\rho = 0,9988603 + 0,0037921 \cdot C + 0,0000178 \cdot C^2,$$

где C — показания концентрации сахаров в нектаре.

Полученные данные заносили в таблицы и затем подвергали статистической обработке. Значение средней арифметической ($\bar{x}$), ее стати-



стической ошибки (SE), коэффициента вариации (C_v , %), а также значений теста Шапиро — Уилка вычисляли с использованием возможностей программы GraphPad Prism версии 8.0.1 (для Windows, программное обеспечение GraphPad, graphpad.com), Объемы выборок были не меньше десяти, что соответствовало интервалу $8 \leq n \leq 50$, установленному согласно ГОСТ Р ИСО 5479-2002. При оценке результатов с использованием стандартной ошибки иногда не указывают объемы выборок, что затрудняет понимание статистической значимости нормальности распределения. Обычно при подаче значений выборочной средней арифметической показывают интервал, в который с общепринятой в биологии 95%-ной вероятностью попадает истинное значение параметра генеральной совокупности.

В связи с этим вместе с выборочными средними арифметическими представляли интервалы доверительный вероятности среднего значения объема нектара ($\bar{x} \pm \Delta$), где значение дельты получали путем умножения стандартной ошибки на табличный t-критерий Стьюдента, выбранный с учетом объема выборки и для 5%-ного уровня статистической значимости.

Для визуального отображения характера распределения случайной величины — объема нектара в цветке, то есть доказанности или недоказанности нормального ее распределения — вычисленные значения критерия Шапиро — Уилка использовали для построения гистограмм, отображающих их суточную динамику (программный пакет для статистического анализа Statistica, версия 10 для Windows; программное обеспечение Statistica, statsoft.com). При превышении значения вероятности данного критерия ($p = 0,05$) принималась нулевая гипотеза о нормальном распределении случайной величины, в то время как при значении ниже — отвергалась.

Определение суточной динамики содержания нектара проводили на семи случайно выбранных кустах, с которых срывали по 10 цветков с шагом в два часа с 06:00 первых суток до 06:00 вторых суток включительно. С учетом отбора проб в 13 временных точках (с 06:00 утра первых суток до 06:00 утра вторых суток включительно) определяли объем нектара в общей сложности у 130 цветков в каждом периоде цветения. Объемы выборок в остальных исследованиях указаны в таблицах вместе с другими статистическими данными.

Результаты и обсуждение

На самом первом этапе исследования, в июле 2024 г., уточняли методику отбора нектара из цветков шалфея мускатного. Как показано на рисунке 2, цветок этого растения имеет несложное строение. Пчела медоносная обладает гибким хоботком и добывает нектар, опуская хоботок в нектарники: нектар за счет сил молекулярного сцепления и поверхностного натяжения поступает в медовый зобик, представляющий собой расширение пищевода перед желудком, где он накапливается без первичной переработки пищеварительными ферментами. Кончик капилляра, несмотря на внутренний диаметр около 0,2 мм, как и внутренний диаметр хоботка пчелы, не обладает такой гибкостью. При попытках ввести его в нектарники он травмирует ткани и забивается. Поэ-



тому были использованы разные способы, из которых выбрали наиболее приемлемый, описанный выше, то есть введение в нектарник кончика капилляра через открытую трубку венчика сорванного цветка.

Первые данные получили путем анализа цветков из трех разных слоев куста, их можно видеть в таблице 1. В ней продемонстрированы абсолютно одинаковые значения средних в нижней и средней стратах куста. По приведенным статистическим показателям можно обсуждать различия между верхней частью куста и двумя остальными, но даже беглая оценка интервалов доверительной вероятности показывает их перекрытие, а значит, и недоказанность статистически значимых различий выборочных средних. Одной из причин этого можно считать высокие значения дисперсии, отображенной в вычисленных коэффициентах вариации (больше 50 %!), что, например, по известной шкале [17] интерпретируется как очень сильная вариация.

Таблица 1

Статистические показатели, характеризующие количество нектара (мкл) в цветках шалфея мускатного в разных стратах куста в середине цветения

Страты куста	n	$\bar{x}$	SE	$\bar{x} \pm \Delta$	Cv, %	Критерий Шапиро – Уилка
Нижняя треть	78	0,68	0,04	$0,68 \pm 0,08$	56,50	0,017*
Средняя треть	85	0,68	0,04	$0,68 \pm 0,08$	58,31	0,013*
Верхняя треть	82	0,78	0,05	$0,78 \pm 0,08$	53,47	0,080
В целом	245	0,72	0,03	$0,72 \pm 0,06$	56,31	< 0,0001*

Примечание: * – значения критерия Шапиро – Уилка, показывающие отсутствие нормального распределения при $\alpha = 5\%$.

Таким образом, установлено очень сильное варьирование признака и отсутствие доказанного нормального распределения в нижней и средней стратах куста, так же как и в целом во всей выборке. Это позволяет отбирать пробы со всего куста случайным образом без подразделения на страты. Однако все же просматриваются различия, указывающие на то, что в верхней части куста цветки имеют больше нектара. Для уточнения вопроса подразделяли кусты на две примерно равных по количеству цветков страты – верхнюю и нижнюю – с учетом высоты ответвления от основного стебля. Результаты статистической обработки представлены в таблице 2.

Таблица 2

Статистические показатели, характеризующие количество нектара (мкл) в цветках шалфея мускатного по двум стратам

Страты куста	n	$\bar{x}$	SE	$\bar{x} \pm \Delta$	Cv, %	Критерий Шапиро – Уилка
Нижняя часть куста	43	0,83	0,07	$0,83 \pm 0,14$	54,08	0,0152*
Верхняя часть куста	42	1,11	0,05	$1,11 \pm 0,10$	29,35	0,1853
В целом	85	0,97	0,05	$0,97 \pm 0,10$	42,84	0,2669

Примечание: * – значения критерия Шапиро – Уилка, показывающие отсутствие нормального распределения при $\alpha = 5\%$.



Приведенные данные показывают нормальное распределение в целом для выборки со всего куста, а также для выборки с верхней части. В этом случае вновь не доказано нормальное распределение для нижнего слоя. Однако достаточно большие объемы выборок позволили установить статистически значимые различия между средними арифметическими в верхних и нижних стратах куста ($p < 0,05$). При этом в верхней части нектара оказалось больше на 25,2 %, чем в нижней.

Помимо фактора вертикальной неоднородности куста, представляет интерес индивидуальная изменчивость содержания нектара в цветках у отдельных кустов. Поскольку попарное сравнение кустов не имело смысла, использовали однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). В расчет брались значения пяти кустов. Полученное расчетное значение критерия $F = 4,99$ оказалось больше табличного 2,43 ($f_1 = 5$; $f_2 = 209$), что отвергает нулевую гипотезу и подтверждает статистически значимую связь между средним значением отдельного куста и средним значением общей выборки. Таким образом, полученные значения коэффициента детерминации $R^2 = 0,089$ позволяют выделить статистически значимое, хотя и небольшое влияние фактора индивидуальности растения на объем нектара — 8,9 %.

Следующим этапом исследования стало изучение суточной динамики нектаропродуктивности. В имеющихся публикациях по нектаропродуктивности у растений рода *Salvia* [14; 26–28] определяли выделение нектара только в светлое время суток. Это было обосновано с тем, что *A. mellifera* добывает нектар в светлое время суток, хотя известно, что пополнение нектара у растений происходит и в ночные часы. Поэтому, как указывалось выше, исследования проводили в течение суток с шагом в два часа. Цветение шалфея мускатного в наших условиях началось с 12 июня 2024 г. В сезон 2024 г. первую выборку осуществляли в середине цветения, на 18-й день, когда доля раскрывшихся цветков в стадии цветения была 15 %, а доля отцветших достигла 55–60 %. Однако имеются сведения о том, что у некоторых видов, например у *Ziziphus nummularia*, цветки в начальный период цветения выделяют больше нектара, чем во втором периоде [29]. В связи с этим в 2025 г. было проведено дополнительное исследование в начальный период цветения шалфея. Оно началось с 14 июня, и на 9-й день цветения (22–23 июня), когда отбирали пробы, доля раскрывшихся цветков достигла 22 %, а отцветших — 38 %. Полученные результаты за два периода обрабатывали с использованием указанных выше статистических методов. Таким образом усредненную оценку нектаропродуктивности проводили на основании данных по суточной динамике, полученных в разные периоды цветения.

В самом начале статистической обработки выборок в каждой временной точке их подвергали исследованию на соответствие нормальному распределению (рис. 3).

Отметим, что то, насколько вычисленная вероятность в каждой точке времени большая или меньшая, не влияет на вывод о нормальности или ненормальности распределения. Важно только, превышает ли она пороговое значение $\alpha = 0,05$. На рисунке 3 можно видеть, что в подавляющем большинстве точек вероятность больше пороговой. Из 26 временных точек, полученных по двум периодам цветения, только в четырех



нулевая гипотеза отвергалась. Следовательно, в дальнейшей статистической обработке данных применение t-критерия Стьюдента и ANOVA обосновано. Вместе с тем условие нормальности распределения данных становится не таким жестким в случае больших объемов выборок, как, например, при оценке наших обобщенных данных по средним значениям нектаропродуктивности за сутки в целом.

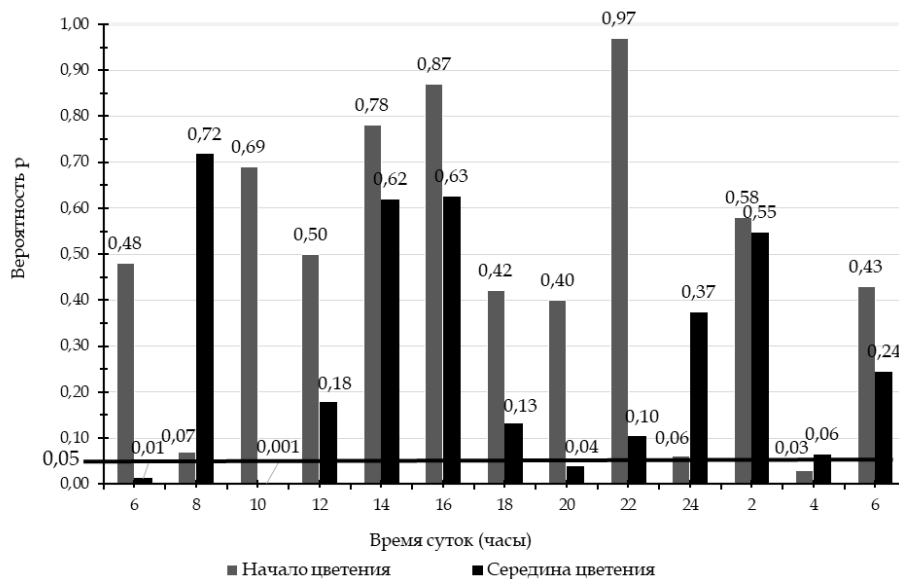


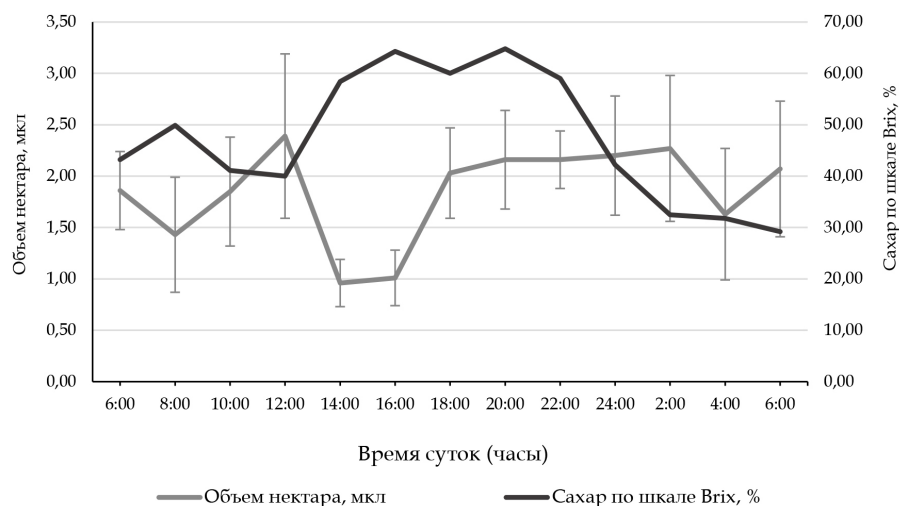
Рис. 3. Суточная динамика р-значения теста Шапиро – Уилка относительно порогового $\alpha = 0,05$ во временных точках отбора проб в разные периоды цветения шалфея

Суточная динамика нектарпродуктивности и сахаристости нектара в начале и середине периода цветения представлена на рисунке 4, а. На нем можно видеть, что в начале цветения наибольшее количество нектара наблюдалось в широком интервале времени – с 18:00 до 02:00, в то время как наименьшее – с 14:00 до 16:00. На рисунке 4, б, представлена середина периода цветения. Больше всего нектара наблюдалось в середине ночи, но на гораздо меньшем временном интервале – с 22:00 до 24:00, и меньше всего с 10:00 до 20:00. Если обобщить эти сведения, выбирая при этом общий интервал для двух временных рядов, то получается, что больше всего нектара накапливается к середине ночи (в интервале 22:00 – 24:00).

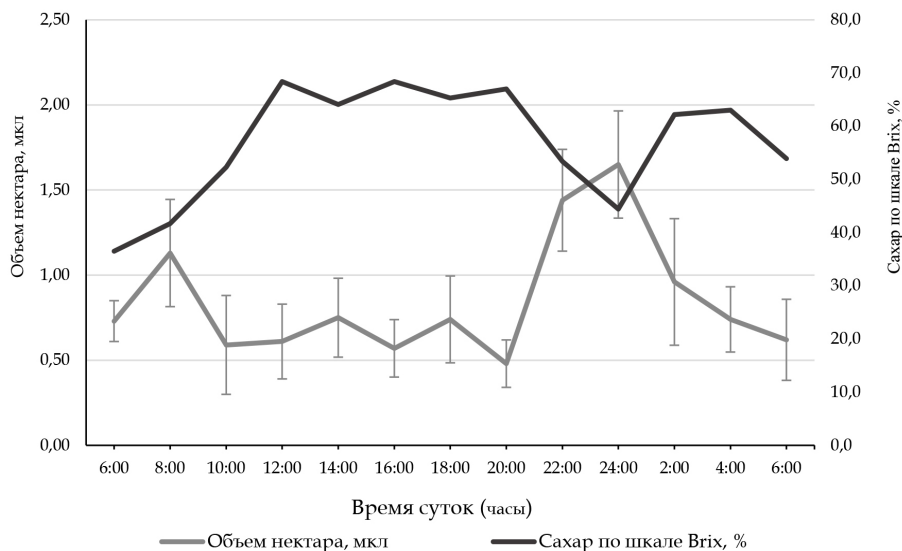
На этом рисунке также видно, что кривая суточной динамики объема нектара в цветке расположена значительно выше в начале цветения, чем в середине. Обобщенные же за сутки данные по объему нектара и его сахаристости за два периода отбора проб представлены в таблице 3. Средние значения за сутки в начале цветения с вероятностью 95 % находились в интервале доверительной вероятности $1,85 \pm 0,15$ мкл, тогда как в середине цветения – в более узком доверительном интервале $0,84 \pm 0,08$ мкл. Статистически значимые различия между средними ока-



зались в высшей степени доказательны ($p < 0,001$). При этом объем среднесуточного накопленного нектара в начале цветения на 120 % больше, чем в середине цветения. Имеются данные о том, что на начальном периоде цветения в первую очередь раскрываются цветки, расположенные в нижней части соцветия, а находящиеся выше — позднее. Сходные закономерности были выявлены для цветков фацелии, шалфея мутноватого, липы, барбариса, конского каштана и других растений [30].



а



б

Рис. 4. Суточная динамика накопления нектара и содержания сахаров в нем:
а — в начале; б — в середине цветения



**Среднесуточный объем нектара
в одном цветке шалфея в начале и середине цветения**

Период цветения	Средние арифметические и интервалы доверительной вероятности (при уровне значимости 0,05)			
	n_1	$\bar{x}_1 \pm \Delta$ объема нектара, мкл	n_2	$\bar{x}_2 \pm \Delta$ сахаристости, %
Начало цветения	130	$1,85 \pm 0,14$	13	$47,4 \pm 7,7$
Середина цветения	130	$0,84 \pm 0,08$	13	$57,0 \pm 6,6$
В целом за два периода	260	$1,34 \pm 0,10$	26	$52,2 \pm 5,1$

123

Данные по сахаристости в начале цветения укладываются в полученный диапазон сахаристости нектара шалфея мускатного — 23–50 % [31], но немного превышают его в середине цветения.

Представляет интерес сравнение наших данных по объему нектара в цветке с данными, полученными в других исследованиях. Так, в начале цветения объем нектара $2,39 \pm 0,80$ мкл оказался очень близок к указанному в работе [19] — $2,288 \pm 0,76$ мкл. Однако по другим видам рода *Salvia* такое соответствие не наблюдается: зафиксировано 0,7 мкл при одном отборе за сутки у *S. pratensis* [14], а также отмечен диапазон значений 0,4–0,6 мкл для этого же растения и 0,2–0,55 мкл для *S. glutinosa* [28].

Что касается сахаристости, то в нашем случае за эти периоды наблюдается обратная, но статистически не доказанная тенденция к более высокой сахаристости нектара в середине цветения (табл. 3).

Возвращаясь к рисунку 4, следует отметить, что не было установлено статистически значимой связи между количеством нектара и его сахаристостью в начале цветения. Вычисленный коэффициент корреляции $r = -0,37$ не подтверждается общепринятой статистической значимостью, хотя и может свидетельствовать о тенденции к отрицательной связи. Более высокое значение коэффициента корреляции, полученное для середины цветения ($r = -0,66$), также оказалось недостаточным для доказательства его статистической значимости, хотя и позволяет констатировать более выраженную тенденцию к отрицательной связи.

Две или более ломаные кривые без выраженных тенденций и закономерностей — обычное явление, с которым сталкивается любой, кто пытается создать достаточно правдоподобные модели временных рядов, пригодные для прогностических целей. Такие модели разрабатываются более или менее успешно, например, в сфере определения трендов на коротких или продолжительных промежутках времени в экономике и других отраслях знаний. В их основе, так же как и в основе ИИ, лежат обучающие последовательности многократных статистических наблюдений.

В нашем случае прогноз на будущий временной шаг не требуется, так как цветение заканчивается и наступает разрыв во времени. В большей степени представляет интерес именно нахождение зависимостей, позволяющих рассчитывать продуцирование сахаров как основы медов,



производимых медоносной пчелой. При этом важно установить связь между легко определяемой с помощью рефрактометра сахаристостью и потенциальной суммарной продукцией меда на пасаках, расположенных на той или иной культуре.

Несмотря на недоказанность исследуемой связи, визуальный анализ трендов ломаных кривых на двухчасовых отрезках времени убедил нас в том, что связь между количеством нектара и его сахаристостью есть. Для этого достаточно просмотреть, в какую сторону наклонялись прямые двухчасовых трендов: в одну и ту же, например, в сторону увеличения показателей, или в разные.

При рассмотрении их направленности на коротких временных отрезках — трендах — стало видно, что они в основном характеризуются противоположной направленностью. Суточную динамику изменения трендов как в количественном, так и в качественном выражении можно видеть в таблицах 4, 5.

Таблица 4

**Суточная динамика количественных и качественных показателей
направленности трендов объема нектара в цветке (мкл)
и его сахаристости (%) в начале цветения шалфея**

Временные интервалы (часы суток)	Количественные показатели двух трендов		Качественные показатели направленности двух трендов и их взаимосвязей		
	$\bar{x}_2 - \bar{x}_1$	$\bar{y}_2 - \bar{y}_1$	Тренд x	Тренд y	Взаимосвязи прямые (+) или обратные (-)
06:00—08:00	-0,43	6,7	-	+	-
08:00—10:00	0,42	-15,5	+	-	-
10:00—12:00	0,54	-1,1	+	-	-
12:00—14:00	-1,43	18,4	-	+	-
14:00—16:00	0,05	5,9	+	+	+
16:00—18:00	1,02	-4,3	+	-	-
18:00—20:00	0,13	4,8	+	+	+
20:00—22:00	0,05	-5,8	+	-	-
22:00—24:00	0,04	-16,8	+	-	-
24:00—02:00	0,07	-9,7	+	-	-
02:00—04:00	-0,64	-0,7	-	-	+
04:00—06:00	0,44	-2,6	+	-	-

Таблица 5

**Суточная динамика количественных и качественных показателей
направленности трендов объема нектара в цветке (мкл)
и его сахаристости (%) в середине цветения шалфея**

Временные интервалы трендов (часы суток)	Количественные показатели трендов		Качественные показатели трендов		
	$\bar{x}_2 - \bar{x}_1$	$\bar{y}_2 - \bar{y}_1$	Тренд x	Тренд y	Взаимосвязи прямые (+) или обратные (-)
06:00—08:00	0,4	5,2	+	+	+
08:00—10:00	-0,54	10,6	-	+	-



Временные интервалы трендов (часы суток)	Количественные показатели трендов		Качественные показатели трендов		
	$\bar{x}_2 - \bar{x}_1$	$\bar{y}_2 - \bar{y}_1$	Тренд x	Тренд y	Взаимосвязи прямые (+) или обратные (-)
10:00 – 12:00	0,02	16,1	+	+	+
12:00 – 14:00	0,14	-4,3	+	-	-
14:00 – 16:00	-0,18	4,3	-	+	-
16:00 – 18:00	0,17	-3,1	+	-	-
18:00 – 20:00	-0,26	1,7	-	+	-
20:00 – 22:00	0,96	-13,6	+	-	-
22:00 – 24:00	0,21	-9	+	-	-
24:00 – 02:00	-0,69	17,8	-	+	-
02:00 – 04:00	-0,22	0,8	-	+	-
04:00 – 06:00	-0,12	-9,1	-	-	+

Как видно в из таблиц 4, 5, в количественных выражениях тренды имеют положительные или отрицательные величины — со знаками «+» или «-» соответственно. Эти знаки вынесены в столбцы качественных признаков трендов, что позволяет получить конечные результаты взаимосвязи, представленные в последнем столбце, показывающие характер взаимодействия факторов (положительную или отрицательную взаимосвязь), но не ее силу. Силу же взаимосвязи без оценки ее характера определили путем вычисления коэффициентов взаимной сопряженности Пирсона. В нашем случае, как видно из данных (табл. 6), они показывают умеренную связь как для начала цветения, так и для его середины, но статистически незначимы. Однако для обобщенных данных такая связь установлена ($p < 0,05$). Кроме того, вычисленный точный критерий Фишера, применяемый для малых выборок, оказался статистически значимым для обобщенных данных. Стоит отметить, что как по отдельности, так и по обобщенным за два периода данным связи в большинстве трендов отрицательные. Как видно в последней колонке таблиц, положительные связи встречаются гораздо реже (по отдельным периодам — в 3 случаях из 12 и в целом — в 6 случаях из 24, то есть в 25 % случаев).

Таблица 6

Коэффициенты корреляции (r), взаимной сопряженности Пирсона (Кр) и уравнения прямолинейной регрессии между трендами объема нектара (x) и его сахаристости (y) в начале и середине периодов цветения

Период цветения	n	r	Уравнение регрессии	Коэффициент взаимной сопряженности Пирсона Кр
Начало цветения	12	-0,60	$y = -1,559 - 0,499 \cdot x$	0,38 ^{AB}
Середина цветения	12	-0,66	$y = -1,311 - 15,12 \cdot x$	0,45 ^{AB}
В целом за весь период	24	-0,61	$y = -0,09 - 11,40 \cdot x$	0,45*

Примечание: ^{AB} — статистическая значимость не доказана ($p < 0,05$); * — статистическая значимость доказана.

Таблица 6 отражает конечные результаты исследования связи между объемом нектара в цветке и его сахаристостью.

Здесь можно отметить близкие значения коэффициентов корреляции и коэффициентов регрессии для обоих периодов цветения, но достаточно разные параметры уравнений отрицательной прямолинейной регрессии, указывающие на статистически значимую во всех вариантах зависимость. Таким образом, применение как количественных, так и качественных обобщенных показателей трендов позволило установить их обратную зависимость.

Ранее проведенные исследования *Salvia officinalis* [14] показали аналогичную отрицательную корреляцию между объемом нектара и его сахаристостью.

Визуальное отображение регрессионной зависимости трендов по двум периодам отбора проб можно видеть на рисунке 5.

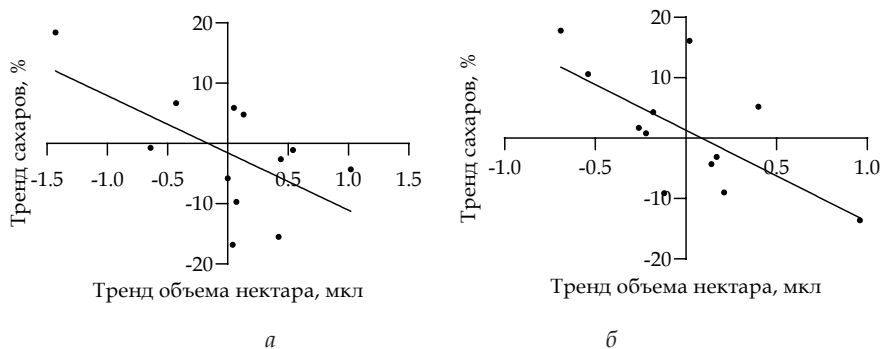


Рис. 5. Линейная зависимость тренда сахаров в нектаре от тренда объема нектара в зависимости от периода: а — начало цветения; б — середина цветения

На нем можно видеть близкие значения коэффициентов регрессии, отображаемых наклоном прямых для обоих периодов цветения. Очевидная разница заключается только в значениях свободных членов. При нулевом значении независимой переменной в период начала цветения наблюдается пересечение оси абсцисс с отрицательным значением, а в середине периода цветения — с положительным.

Установленная статистически значимая обратная зависимость между переменными демонстрирует разнонаправленность трендов на двухчасовых отрезках времени. Это влияет на постановку задач исследования, связанного с определением причин достаточно быстрых изменений: их экологического, физиологического и биохимического обоснования. Эти вопросы решаются для многих нектароносов при изучении их биологии и экологии. Однако представленные уравнения не могут быть использованы при расчетах массы сахаров, продуцируемой насаждениями шалфея в пересчете на 1 га. Такая задача в условиях наращивания площадей под эту культуру в Крыму весьма актуальна, может представлять практический интерес для отрасли пчеловодства.

В этой связи важно знать суточную динамику расчетных данных массы накапливаемого сахара в пересчете на один цветок. Они представле-



ны на рисунке 6, где можно видеть аналогичные ломаные кривые без выраженных закономерностей для обоих сроков отбора проб и усредненную кривую сахаропродуктивности цветков шалфея. Как и ожидалось, накопление сахаров колеблется в середине цветения в более узком диапазоне и гораздо в меньших пределах (от 0,31 до 0,96 мг), тогда как в начале цветения значения во всех точках времени оно значительно выше (от 0,59 до 1,84 мг). Стоит отметить и другие данные, демонстрирующие значительно более низкие значения. Так, в исследовании [31] авторы указывают массу сахаров в нектаре в интервале от 0,3 до 0,5 мг. Углубленный сопряженный анализ за каждые два часа показывает некоторые закономерности, которые в основном носят обратный характер. Например, к 20:00 в начале цветения отмечается наибольшее количество сахара (1,84 мг), а в середине периода цветения — одно из наименьших (0,43 мг), но к 22:00 в этот период наблюдалось наибольшее содержание (0,96 мг). То есть можно констатировать, что растение к концу фотосинтетического периода суток (20:00–22:00) накапливает наибольшее количество сахаров.

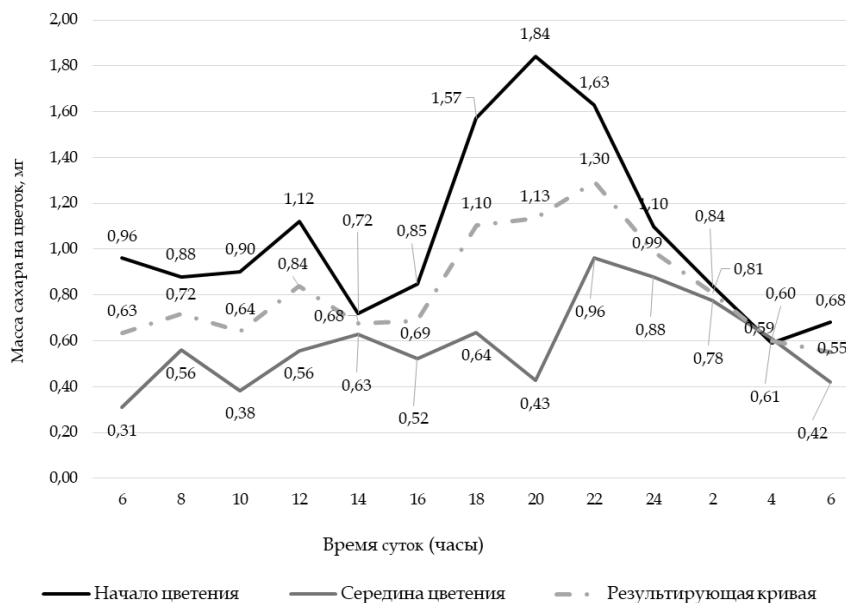


Рис. 6. Суточная динамика накопления сахаров в пересчете на один цветок шалфея

Выборочное среднесуточное значение содержания сахаров представлено в таблице 7. Оно находится в интервале доверительной вероятности $0,82 \pm 0,14$ мг на цветок ($p \geq 0,95$), и это позволяет использовать его в последующих расчетах, но в других условиях потребуются проводить уточняющие исследования. В этой связи представляет интерес, в какое время суток наблюдается значение, наиболее близкое к среднему за два периода. Для этого можно сопоставить с ним обобщенные числовые данные, представленные на рисунке 6. Результаты показывают, что наибольшее приближение наблюдалось в 12:00 (0,84 мг) и в 02:00 (0,81 мг).



Таким образом, при невозможности проведения круглосуточных наблюдений за нектаропродуктивностью одноразовый учет можно проводить, например, в 12:00.

Таблица 7

**Средние значения массы накопленных сахаров
в пересчете на один цветок в разные периоды цветения шалфея**

Период цветения	n_1	$\bar{x}_1 \pm \Delta$ масса сахаров, мг
Начало цветения	13	$1,05 \pm 0,23$
Середина цветения	13	$0,59 \pm 0,12$
В целом за весь период	13	$0,82 \pm 0,14$

128

Основываясь на полученных данных, рассчитывали потенциальную сахаропродуктивность на единицу площади на основании содержания сахара в одном цветке, количества цветков на одном растении (определяемого по структуре соцветий), количества растений (густоте травостоя) на гектар [32–34], времени жизни цветка в днях.

Таким образом, расчет сахаропродуктивности за весь период цветения проводили по формуле

$$X_{ca} = \frac{m_u \cdot N_u \cdot N_{ca}}{10^6},$$

где X_{ca} — сахаропродуктивность, кг/га; m_u — масса сахара, выделяемая одним цветком за время его жизни, мг/цветок (получена умножением среднесуточного значения, взятого из результирующего (двух периодов цветения) 0,82 мг, на среднее время жизни одного цветка, равное 4 суткам [19]); N_u — число цветков на одном растении, шт. (800 шт. на растение за все время цветения); N_{ca} — количество растений на 1 га, шт./га (по разным источникам колеблется от 20 тыс. [35], 60000 при посадке широкорядным способом [36] и до 100000 обычным рядовым способом); 10^6 — коэффициент перевода миллиграммов в килограммы.

В результате получили сахаропродуктивность в диапазоне 53–262 кг/га.

С учетом того, что содержание сахаров в меде в среднем составляет более 80 %, медопродуктивность получаем от 65 до 328 кг/га.

Интересно, что нижняя граница полученного интервала медопродуктивности совпала с оценкой медоносного потенциала шалфея мускатного, представленной в недавней работе [22].

Выводы

Установлено, что содержание нектара в цветках шалфея мускатного в верхней части куста статистически значимо выше, чем в нижней (на 25,2 %).

Влияние фактора индивидуальности растения на накопление нектара в цветках объясняет 8,9 % от всей вариабельности.



Объем нектара в цветках шалфея в начале цветения статистически значимо превышает таковой в середине цветения на 120 %.

В большинстве случаев (75 %) количество нектара в цветках шалфея соответствует ожидаемому при регистрации показаний в течение суток через каждые два часа, подчиняется нормальному распределению, статистически доказанному с использованием критерия Шапиро – Уилка.

Суточная динамика накопления нектара в цветках, отображенная во временных рядах, не имеет выраженных тенденций, однако на коротких отрезках времени (два часа) обнаруживаются разнонаправленные тренды в изменении количества нектара в цветках и его сахаристости.

Установлена статистически значимая отрицательная связь между трендами объема и сахаристости нектара: высокие значения коэффициентов корреляции и регрессии показывают наличие сильной связи.

Содержание сахаров находится в интервале доверительной вероятности $0,82 \pm 0,14$ мг на цветок ($p \geq 0,95$). Среди всех значений, полученных в течение суток через каждые два часа, наибольшее приближение к выборочной средней арифметической установлено в 12:00 (0,84 мг) и в 02:00 (0,81 мг). Таким образом, при невозможности проведения исследования круглосуточно можно ограничиться отбором проб нектара в 12:00.

Медопродуктивность шалфея мускатного, рассчитанная с учетом накопленной массы сахаров одним цветком за время его жизни, числа цветков на одном растении за все время цветения, количества растений, приходящегося на 1 га при посадке широкорядным или обычным рядовым способом, и содержания сахаров в меде выше 80 %, составляет от 65 до 328 кг/га.

Список литературы

1. Walker J. K., Sytsma K. E., Treutlein J., Wink M. *Salvia* (Lamiaceae) is not monophyletic: Implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of *Salvia* and tribe *Mentheae* // American Journal of Botany. 2004. Vol. 91, №7. P. 1115–1125. doi: 10.3732/ajb.91.7.1115.
2. Ена А. В. Природная флора Крымского полуострова : монография. Симферополь, 2012.
3. Меркушев Е. А. Шалфей мускатный в условиях предгорного Крыма. Лесные биологически активные ресурсы (березовый сок, живица, эфирные масла, пищевые, технические и лекарственные растения) : материалы Третьей междунар. конф., Хабаровск, 25–27 сентября 2007 г. Хабаровск, 2007. С. 180–182. EDN: RNPNBV.
4. Тахтаджян А. Л. Роль насекомых в происхождении и эволюции цветка // Происхождение и расселение цветковых растений. Л., 1970. С. 16–20.
5. Кривчик Н. С., Невкрытая Н. В., Кривда С. И. и др. Коллекция шалфея мускатного как источник исходного материала для селекции // Таврический вестник аграрной науки. 2022. №3 (31). С. 93–105. EDN: RSNQTO.
6. Шкляр А. П. Результаты интродукции шалфея мускатного (*Salvia sclarea* L.) // Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработ-



ки масличных и эфиромасличных культур = Theoretical and Practical Aspects of oil and enter oil crops production and processing technologies : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Рязань, 3–4 марта 2016 г. Рязань, 2016. С. 307–311.

7. Абакарова М. А. Нектаропродуктивность представителей рода шалфей в условиях Дагестана // Пчеловодство. 2020. №1. С. 20–21. EDN: XCAVMI.

8. Ion N., Odoux J.F., Vaissière B.E. Melliferous potential of weedy herbaceous plants in crop fields of Romania from 1949 to 2012 // J. Apic. Sci. 2018. Vol. 62, №2. P. 149–165.

9. Попов И. В., Чумакова В. В., Попова О. И., Чумаков В. Ф. Биологически активные вещества, проявляющие антиоксидантную активность, некоторых представителей семейства *Lamiaceae*, культивируемых в Ставропольском крае // Химия растительного сырья. 2019. №4. С. 163–172. doi: 10.14258/jcprm.2019045200.

10. Sengun I.Y., Yücel E., Kilic G., Ozturk B. Antimicrobial activities of *Salvia sclarea* L. and *Salvia aethiopsis* L. essential oils // AgroFood Conference E-book (Poster Presentations). Istanbul, 2019. P. 99–106.

11. Губанова Е. А. Фармакогностическое изучение травы шалфея мускатного (*Salvia Sclarea* L.) : автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Пятигорск, 2010. EDN: QНЕНМХ.

12. Паиштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В. История. Современное состояние и перспективы развития эфиромасличной отрасли // Аграрный вестник Урала. 2017. №11 (165). С. 37–46.

13. Паиштецкий В. С., Невкрытая Н. В., Мишнев А. В. Концепция возрождения эфиромасличной отрасли в Крыму // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : материалы V междунар. науч.-практ. конф., Симферополь, 22–23 июля 2023 г. Симферополь, 2023. С. 26–34. EDN: LVSPMO.

14. Kradolfer U., Erhardt A. Nectar secretion patterns in *Salvia pratensis* L. (Lamiaceae) // Flora. 1995. Vol. 190, №3. P. 229–235. doi: 10.1016/S0367-2530(17)30656-4.

15. Reith M., Zona S. Nocturnal flowering and pollination of a rare Caribbean sage, *Salvia arborescens* (Lamiaceae) // Neotropical Biodiversity. 2016. Vol. 2, №1. P. 25–30. doi: 10.1080/23766808.2016.1149569.

16. Barrionuevo C.N., Benitez-Vieyra S., Sazatornil F. Floral biology of *Salvia stachydifolia*, a species visited by bees and birds: connecting sexual phases, nectar dynamics and breeding system to visitors' behaviour // Journal of Plant Ecology. 2021. Vol. 14, №4. P. 580–590. doi: 10.1093/jpe/rtab012. EDN: OPGFEK.

17. Артюхов В. Г., Калаев В. Н., Калаева Е. А. Теоретические основы и практическое применение математической статистики в биологических исследованиях и образовании : учебник. Воронеж, 2016.

18. Ivashov A. V., Kuz'menko V. S. The distribution of a random variable nectar volume in the flower of *Tilia cordata* Mill normality evaluation in determining the daily dynamics of nectar productivity // Science. Education. Practice: Proceedings of the International Science Conference. Delhi, November 20, 2024. Delhi 2024. P. 79–84. DOI 10.34660/INF.2024.55.46.196. EDN: FDGPNR.

19. Mačukanović-Jocić M., Dajić Stevanović Z., Mladenović M., Jocić G. Flower morphology of selected Lamiaceae species in relation to pollinator attraction // Journal of Apicultural Research. 2011. Vol. 50, №2. P. 89101. doi: 10.3896/IBRA.1.50.2.01.

20. Corbet S. A. Nectar sugar content: Estimating standing crop and secretion rate in the field // Apidologie. 2003. Vol. 34. P. 1–10. doi: 10.1051/apido:2002049.



21. Пономарева Е. Г. Кормовая база пчеловодства и опыление сельскохозяйственных растений. 3-е изд. перераб. и доп. М., 1980.

22. Mallick S. A. Technique for washing nectar from the flowers of Tasmanian leatherwood (*Eucryphia lucida*, Eucryphiaceae) // Austral Ecology. 2000. Vol. 25, №2. P. 210–212. doi: 10.1046/j.1442-9993.2000.01010.x.

23. Marrant D. S., Schumann R., Petit S. Field methods for sampling and storing nectar from flowers with low nectar volumes // Annals of Botany. 2009. Vol. 103, №3. P. 533–542. doi: 10.1093/aob/mcn241.

24. Petit S., Rubbo N., Schumann R. Nectar collected with microcapillary tubes is less concentrated than total nectar in flowers with small nectar volumes // Australian Journal of Botany. 2011. Vol. 59, №8. P. 593–599. doi: 10.1071/BT11226.

25. Corbet S. A., Bee J., Dasmahapatra K. et al. Native or exotic? Double or single? Evaluating plants for pollinator friendly gardens // Annals of Botany. 2001. Vol. 87. P. 219–232. doi: 10.1006/anbo.2000.1322.

26. Bareke T., Addi A. Quantifying Nectar Secretion Potential of *Hygrophila auriculata* (Schum.), *Heine* (Acanthaceae), and *Salvia leucantha* Cav. (Lamiaceae) for Honey Production // Advances in Agriculture. 2022. Vol. 2022. P. 8301903. doi: 10.1155/2022/8301903. EDN: KBEBVN.

27. Saravia-Nava A., Benitez Vieyra S., Urquiza O. N. et al. Pollination systems and nectar rewards in four Andean species of *Salvia* (Lamiaceae) // Botany. 2023. Vol. 101, №4. P. 112–121. doi: 10.1139/cjb-2022-0091. EDN: JGBIVC.

28. Malovrh K., Ravnjak B., Bavcon J., Krizman M. Nectar Production and Three Main Sugars in Nectar of *Salvia pratensis* and *Salvia glutinosa* in Correlation with Abiotic Factors // Agriculture. 2024. Vol. 14, №5. P. 668. doi: 10.3390/agriculture14050668. EDN: LQSVKV.

29. Hassan A. M. A., Giovanetti M., Raweh H. S. A. et al. Nectar secretion dynamics of *Ziziphus nummularia*: A melliferous species of dry land ecosystems // Saudi Journal of Biological Sciences. 2017. doi: 10.1016/j.sjbs.2017.01.059.

30. Андреев В. Н. К вопросу о причинах, определяющих медосбор: количество нектара в связи с величиной нектарников (из работ Харьковской областной опытной станции пчеловодства). М., 1927.

31. Şenol S. G., Eroğlu V., Çentürk O. et al. The pollination and reproduction success of *Salvia sclarea* // Biological Diversity and Conservation. 2017. Vol. 10, №3. P. 130–135.

32. Смарагдова Н. П. О нектаро- и сахаропродуктивности медоносных растений // Пчеловодство. 1954. №11. С. 40–43.

33. Самсонова И. Д. Медопродуктивность растительных формаций на землях лесного фонда степного Придонья // Лесной журнал. 2017. №4. С. 69–83. doi: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.69.

34. Нестеров П. И., Пинчук Л. М., Леонтьев Г. П. Медоносные ресурсы Молдавии. Кишинев, 1988.

35. Tuttolomondo T., Iapichino G., Licata M. et al. Agronomic Evaluation and Chemical Characterization of Sicilian *Salvia sclarea* L. Accessions // Agronomy. 2020. Vol. 10, №8. Art. 1114. doi: 10.3390/agronomy10081114.

36. Гладышева О. В., Кальченко Е. Ю. Пряно-ароматические растения в ландшафтном озеленении Центрального Черноземья : учеб. пособие. Воронеж, 2017. EDN: ZMUSOP.



Об авторах

Виктор Сергеевич Кузьменко — асп., Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Россия.

ORCID: 0009-0006-0923-6927

SPIN-код: 6651-2161

E-mail: vkssls@gmail.com

Анатолий Васильевич Ивашов — д-р биол. наук, проф., Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Россия.

ORCID: 0000-0002-8613-7475

SPIN-код: 2111-0381

E-mail: aivashov@mail.ru

V. S. Kuzmenko, A. V. Ivashov

NECTAR PRODUCTIVITY OF *SALVIA SCLAREA* FLOWERS
AS A HONEY RESOURCE FOR *APIS MELLIFERA* IN CRIMEA

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

Received 24 March 2026

Accepted 27 May 2026

doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-8

To cite this article: Kuzmenko V. S., Ivashov A. V., 2026, Nectar productivity of *Salvia sclarea* flowers as a honey resource for *Apis mellifera* in Crimea, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural Sciences*, №3. P. 112—133 doi: 10.5922/vestniknat-2026-3-8.

The cultivation area of clary sage (*Salvia sclarea* L.), a promising essential oil crop, has been steadily expanding in Crimea. However, its resource potential as a source of sugars for melittophilous insects remains insufficiently studied. The present study aims to address this research gap. Nectar production in flowers located in different parts of the plant, as well as the effect of individual plant variability, was assessed using a well-established nectar extraction method based on glass microcapillaries. The results demonstrated that flowers in the upper part of the plant accumulated a statistically significantly greater volume of nectar, while the contribution of individual plant variability accounted for 8.9 % of the total variation. Nectar volume was measured at two-hour intervals over a complete 24-hour period. At most sampling times, the distribution of this variable was close to normal, both at the beginning and in the middle of the flowering period. The diurnal dynamics of nectar sugar concentration were determined by refractometry. Statistically significant negative correlations and regression relationships were established between the trends in nectar sugar concentration and nectar volume. The mean sugar production per flower was estimated at 0.82 ± 0.14 mg within a 95 % confidence interval. Based on the data obtained in this study on the amount of sugars produced per flower, together with additional biological parameters, the potential honey productivity of clary sage plantations was estimated to range from 65 to 328 kg/ha per season.

Keywords: *Salvia sclarea*, nectar, microcapillary method, daily dynamics, normal distribution



The authors

Viktor S. Kuzmenko, PhD student, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Russia.

ORCID: 0009-0006-0923-6927

E-mail: vkssls@gmail.com

Prof. Anatoly V. Ivashov, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Russia.

ORCID: 0000-0002-8613-7475

E-mail: aivashov@mail.ru

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

Серия: Естественные науки



Правила публикации статей в журнале

134

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 науки» осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензии хранятся в издательстве и в редакции издания в течение 5 лет.

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

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

4. В рецензии освещаются следующие вопросы:

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

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

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

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

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

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

10. Текст рецензии направляется автору по электронной почте.

11. Редакция журнала «Вестник БФУ им. И. Канта. Серия: Естественные 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 науки

2026

№ 3

Редактор *О.И. Бессчастнова*
Компьютерная верстка *Е.В. Денисенко*

Подписано в печать 01.09.2026 г.
Формат 70 × 108¹/₁₆. Усл. печ. л. 11,9

