

Вестник 2024

Балтийского федерального
университета
им. И. Канта

Серия
Естественные
и медицинские науки
№ 4

ISSN 2500-3208

БФУ БАЛТИЙСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ИММАНУИЛА КАНТА

IKBFU IMMANUEL KANT
BAL TIC FEDERAL
UNIVERSITY

ВЕСТНИК
БАЛТИЙСКОГО
ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМ. И. КАНТА

Серия
Естественные и медицинские
науки

№4

Калининград
Издательство Балтийского федерального университета
им. Иммануила Канта
2024

12+

Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта.
Сер.: Естественные и медицинские науки. — 2024. — №4. — 148 с.

Редакционная коллегия

И. С. Гуменюк, канд. геогр. наук, БФУ им. И. Канта (главный редактор);
С. С. Антипов, д-р биол. наук, проф., Воронежский государственный университет; *А. Г. Архипов*, д-р биол. наук, Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО»; *Е. И. Голубева*, д-р биол. наук, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова; *В. А. Гриценко*, д-р физ.-мат. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *А. Г. Дружинин*, д-р геогр. наук, проф., Северо-Кавказский научно-исследовательский институт экономических и социальных проблем, ЮФУ; *В. В. Жуков*, канд. биол. наук, доц., БФУ им. И. Канта; *Ю. М. Зверев*, канд. геогр. наук, доц., БФУ им. И. Канта; *Е. Г. Кропинова*, д-р геогр. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *С. С. Литвинова*, д-р мед. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *А. Г. Манаков*, д-р геогр. наук, проф., Псковский государственный университет; *А. Ф. Мейсурова*, д-р биол. наук, проф., Тверской государственный университет; *Т. Пальмовский*, д-р географии, проф., Гданьский университет; *А. Разбадаускас*, проф., Клайпедский университет; *И. В. Реверчук*, д-р мед. наук, д-р психол. наук, проф., Самаркандский государственный медицинский университет, АНО ДПО «Биоинститут охраны соматопсихического здоровья»; *В. В. Сивков*, канд. геол.-минерал. наук, Атлантическое отделение, Институт океанологии РАН; *Э. Спирыевас*, проф., Клайпедский университет; *Д. А. Субетто*, д-р геогр. наук, проф., РГПУ им. А. И. Герцена; *С. А. Сухих*, д-р техн. наук, доц., БФУ им. И. Канта; *Г. Н. Чупахина*, д-р биол. наук, проф., БФУ им. И. Канта

Учредитель

Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта

Редакция

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

Издатель

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

Типография

236001, Россия, Калининград, ул. Гайдара, 6



Дата выхода в свет 27.12.2024 г.

© БФУ им. И. Канта, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции 5

Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география

Маряхин В. М., Часовский В. И. Опорные каркасы ведущих отраслевых комплексов обрабатывающей промышленности Крайнего Севера России 6

Палагин П. А. Пространственные особенности использования автомобильных онлайн-классифайдов в России 26

Комарницкая Т. В. Развитие профориентационного туризма в Калининградской области (на примере реализации регионального проекта «ПРО Возможности») 43

Костяшова З. В. Принципы и системы коммерческой классификации янтаря с древнейших времен до современности 56

Физическая география, геоэкология и океанология

Парахина Е. А., Киселева Л. Л. Лесопарки г. Орла как основа экологического каркаса и их рекреационная оценка 72

Осинцева М. А., Дюкова Е. А. Изучение особенностей почвенного покрова и биорекультивации угольных отвалов 86

Биология, биотехнология и экология

Милутинович К. С. Механизм действия и применение ксенона, корректировка аутистически-подобного поведения и симптомов аутизма у крыс 99

Абрамова Е. Г., Кирьянова С. В., Толкачева А. А., Мальцева О. Ю., Черенков Д. А. Оценка эффективности применения грибов рода *Trichoderma* в качестве основы препаратов фунгицидного действия 109

Дышлок Л. С., Агафонова С. В., Казимирченко О. В. Молекулярно-генетическая идентификация изолятов бактерий – продуцентов ксиланаз 123

Шамаев Н. Д., Курынцева П. А., Селивановская С. Ю. Культивирование изолятов микроводорослей *Chlorella sp.* с оценкой продуктивности биомассы 135

CONTENTS

From the editor 5

Economic, social, political and recreational geography

Maryakhin V. M., Chasovsky V. I. Supporting frames of the leading industrial complexes of the manufacturing industry of the Far North of Russia 6

Palagin P. A. Spatial features of automobile online classifieds using in Russia 26

Komarnitskaya T. V. Development of career guidance tourism in the Kaliningrad region (on the example of the implementation of the regional project "PRO Possibilities") 43

Kostyashova Z. V. Principles and systems for commercial classification of amber from ancient times to the present day 56

Physical geography, geoecology and oceanology

Parakhina E. A., Kiseleva L. L. Orel forest parks as the basis of the ecological framework and their recreational assessmen 72

Osintseva M. A., Dyukova E. A. Studying the features of soil cover and bioreclamation of coal dumps 86

Biology, biotechnology and ecology

Milutinovich K. S. Xenon's mechanism of action and application, correction of autistic-like behavior and symptoms of autism in rats 99

Abramova E. G., Kiryanova S. V., Tolkacheva A. A., Maltseva O. Yu., Cherenkov D. A. Assessment of the possibility of using fungi of the genus *Trichoderma* for the development of a fungicidal preparation 109

Dyshlyuk L. S., Agafonova S. V., Kazimirchenko O. V. Molecular genetic identification of bacterial isolates – xylanase producers 123

Shamaev N. D., Kuryntseva P. A., Selivanovskaya S. Yu. Cultivation of *Chlorella sp.* microalgae isolates with biomass productivity assessment 135

ОТ РЕДАКЦИИ

Двадцать шестого октября 2024 г. ушел из жизни доцент Института медицины и наук о жизни Балтийского федерального университета, кандидат географических наук Артем Викторович Пунгин.

Артем Викторович посвятил более половины своей жизни работе в БФУ им. И. Канта. Окончив университет в 2012 г. по специальности «Биоэкология», он был принят на кафедру ботаники и экологии растений в должности старшего лаборанта. За годы работы в университете Артем Викторович проявил себя как талантливый ученый и преданный педагог, успешно совмещавший научную деятельность с преподавательской. В 2019 г. он защитил кандидатскую диссертацию по географии и получил звание доцента.

Научные интересы Артема Викторовича охватывали широкий спектр вопросов, связанных с микрклональным размножением редких видов растений, культурой клеток и тканей *in vitro* и реинтродукцией видов. Кроме того, Артем Викторович был ведущим лихенологом Калининградской области, использующим методы лихеноиндикации для комплексного мониторинга экологической ситуации в регионе.

Он был автором более ста научных публикаций, и выступал как исполнителем, так и руководителем исследовательских проектов, финансируемых Российским научным фондом (РНФ), Российским фондом фундаментальных исследований (РФФИ) и Русским географическим обществом (РГО). В том числе он руководил проектом РНФ по изучению химического состава и биологической активности редких видов галофитов Балтийского моря, а также участвовал в исследованиях флоры и фауны Калининградской области: изучал редкие и охраняемые виды растений и животных природного парка «Виштынецкий», исследовал видовой состав и экологию мелких млекопитающих национального парка «Куршская коса» и проектируемого парка «Балтийская коса».

Артем Викторович Пунгин внес неоценимый вклад в развитие биологической науки и сохранение биоразнообразия Калининградской области. Его яркий талант, преданность науке и искренность всегда будут помнить коллеги, студенты и все, кто его знал. Светлая память о нем навсегда сохранится в наших сердцах.

Редакционная коллегия журнала выражает самые глубокие соболезнования родным и близким Артема Викторовича...

УДК 911.374.4

В. М. Маряхин, В. И. Часовский

**ОПОРНЫЕ КАРКАСЫ ВЕДУЩИХ ОТРАСЛЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ
ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
КРАЙНЕГО СЕВЕРА РОССИИ**

6

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

Поступила в редакцию 19.08.2024 г.

Принята к публикации 04.10.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-1

Для цитирования: Маряхин В. М., Часовский В. И. Опорные каркасы ведущих отраслевых комплексов обрабатывающей промышленности Крайнего Севера России // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №4. С. 6–25. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-1.

Развитие северных территорий РФ является важной составляющей устойчивого прогресса страны, что подтверждается стратегией развития Арктической зоны РФ до 2035 г. В связи с проведением активной политики по импортозамещению иностранных товаров, которая выступает одной из главных составляющих национальной цели «Технологическое лидерство», все большее внимание стало уделяться обрабатывающей промышленности, в том числе и на Крайнем Севере. В настоящем исследовании на основании источников муниципальной и государственной статистики, а также баз данных СПАРК-Интерфакс, заводы.рф и fabricators.ru были проанализированы данные по работе обрабатывающих производств с 2016 по 2022 г. в городах Крайнего Севера и приравненных к нему местностях. В результате выделена отраслевая структура обрабатывающей промышленности Крайнего Севера, на основе которой предложена классификация промышленных узлов, которые разделены на 4 категории, а также выделены общие тенденции развития опорных каркасов обрабатывающей промышленности северных территорий РФ в последние годы. Исследование показало, что обрабатывающая промышленность Крайнего Севера за последнее время практически не трансформировалась, а изменения сводились в основном к модернизации уже существующих производств или закрытию нерентабельных предприятий.

Ключевые слова: Крайний Север, обрабатывающая промышленность, Арктика, опорный каркас, отрасль, специализация



Введение

В настоящее время проблема выделения географических особенностей в национальной структуре производительных сил и их адаптация к новым вызовам, диктуемым современными запросами общества, по-прежнему остается актуальной [17; 20]. Отраслевые сдвиги, трансформация и адаптация промышленности после распада Советского Союза к современным условиям развития мирового хозяйства, влияние на национальный промышленный сектор западных санкций, а также типология промышленных регионов России являются одними из приоритетных направлений в трудах современных экономико-географов.

В основе настоящего исследования лежат теоретико-методологические положения экономико-географов, среди которых учения о территориально-производственных комплексах (далее – ТПК) и отраслевом подходе классиков отечественной экономической географии Н.И. Колосовского и Т.А. Хрущева [10; 24], а также работы экономистов по исследуемой теме [2; 3]. Изложенные теоретико-методологические обобщения, выделенные в данной работе, базируются на научных трудах отечественных ученых, посвященных трансформационным процессам в промышленных комплексах стран, регионов России и северных территорий. Среди них можно выделить работы В.Н. Лаженцева [13], А.Н. Пилясова и Н.Ю. Замятиной [5; 18; 19], М.М. Стырова, Д.В. Колечко, Н.В. Шляхтина [21], С.А. Кожевникова [8], А.О. Ларионова [14], А.Е. Мельникова [15], А.В. Козлова [9], Т.В. Кушнаренко [12], в которых говорится о территориально-отраслевых изменениях в отечественной промышленности в целом и в северных регионах в частности.

Обрабатывающая промышленность Крайнего Севера (далее – КС) России не является доминирующей в выделенных регионах, но в последние годы продолжает оставаться важным компонентом в развитии северных территорий, обеспечивая в первую очередь собственные потребности. Также стоит отметить, что в некоторых «северных» субъектах обрабатывающая промышленность занимает все более ведущие роли. Это подтверждается статистическими данными ЕМИСС о структуре ВРП субъектов РФ, полностью или частично входящих в состав КС. Так, например, с 2016 по 2022 г. увеличение доли обрабатывающих производств наблюдалось в 8 субъектах, причем в некоторых из них это был существенный рост (Мурманская область – 24,6 %, ЯНАО – 6,4 %). Также некоторые отрасли обрабатывающей промышленности КС имеют значение и в масштабах всей страны, особенно это касается металлургии, лесной промышленности, нефтехимии. В то же время в постсоветский период отраслевая структура обрабатывающей промышленности КС, сформировавшаяся еще в 1970–1980-х гг. практически не подвергалась серьезным изменениям, но в последнее десятилетие наметился новый виток активного освоения Севера, к тому же санкции западных стран обусловили начало активной политики в области импортозамещения¹

¹ Указ о национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 год. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/73986> (дата обращения: 18.05.2024).



[6; 16; 23]. Все эти факторы во многом должны повлиять на определенную реструктуризацию отраслевой специализации обрабатывающей промышленности КС, поэтому изучение современного состояния и уже обозначившихся сдвигов в ее развитии является актуальной проблемой.

В настоящее время доля товаров обрабатывающей промышленности КС в аналогичном общероссийском производстве составляет 7%. В структуре промышленного производства КС обрабатывающая промышленность в абсолютных значениях в последние годы характеризовалась постепенным ростом (рис. 1), вызванным во многом повышенным вниманием и инвестиционными вливаниями в связи с развитием Арктической зоны РФ, которая полностью входит в состав районов КС [1; 25]. Пик объема отгруженных товаров пришелся на 2020 г, после этого наметился некоторый спад, вызванный в том числе и последствиями пандемии COVID-19, а также новыми пакетами санкций западных стран в 2022 г. Доля обрабатывающих отраслей в промышленном производстве КС в последние годы составляет от 36% (2020) до 17,2% (2022). Во многом такая разница обусловлена объемами добычи полезных ископаемых, которая с 2020 по 2022 г. увеличилась практически в 2 раза, а доля обрабатывающей промышленности за этот же промежуток времени была, наоборот, снижена в 2 раза.

8

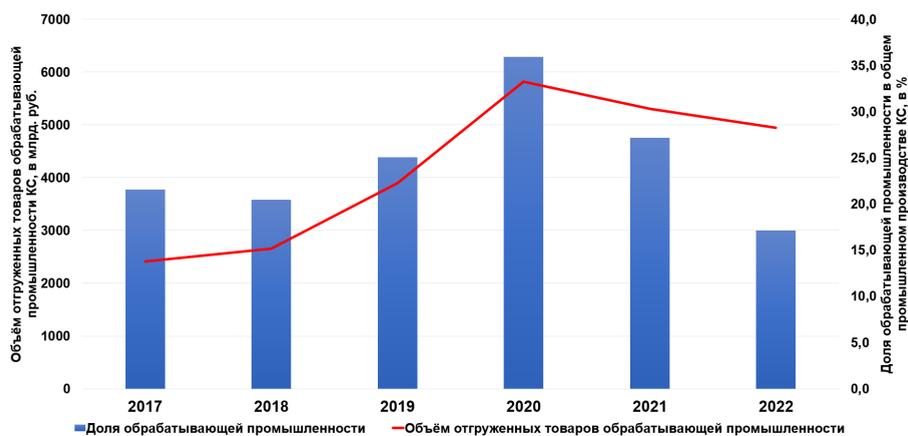


Рис. 1. Показатели обрабатывающей промышленности КС и приравненных к нему местностей с 2017 по 2022 г.

Источник: единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС).

Отраслями специализации промышленного комплекса КС в рамках общероссийского территориального разделения труда является металлургия (в особенности цветная), лесная промышленность и нефтепереработка. Их территориально-отраслевой каркас достаточно устойчив, так как они располагаются рядом с источниками сырья и энергетическими ресурсами в соответствии с факторами размещения. В то же время машиностроительный комплекс на КС чувствует себя не очень уверен-



но. Данная отрасль во многом зависит от развития всего региона в целом и других отраслей промышленности, так как большинство предприятий машиностроения базируются именно на производстве и ремонте оборудования для добывающих предприятий КС. Также машиностроение КС характеризуется многими проблемами, связанными как с устаревшим оборудованием и технологическими процессами, так и с отсутствием высококвалифицированных кадров [7; 22].

Пищевая и легкая промышленность КС также ориентированы в первую очередь на обеспечение собственных нужд и потребностей. Большинство подобных предприятий размещаются в крупнейших городах субъектов РФ (как правило, это их административные центры), откуда продукция поставляется по всему региону.

В ходе исследования нами были проанализированы данные промышленной статистики 296 муниципальных образований 24 субъектов районов КС и местностей, приравненных к ним, а также данные по работе отраслей обрабатывающей промышленности в разрезе административных районов (из баз СПАРК-Интерфакс¹) и 78 населенных пунктов (из баз ресурсов fabricators.ru², заводы.рф³), что позволило нам выделить отраслевые каркасы обрабатывающей промышленности КС и тенденции их трансформирования.

Результаты исследования

Опорный каркас металлургического комплекса

Металлургия является одной из главных отраслей специализации КС России. В большей степени это касается предприятий цветной металлургии, но их доля в последние годы постепенно снижается в связи с закрытием нескольких промышленных предприятий. Так в 2018 г. компанией «РУСАЛ» было закрыто алюминиевое предприятие в поселке Надвоицы в Республике Карелия. Также в 2020 г. в поселке Никель Мурманской области во многом из-за устаревшего технологического процесса был закрыт плавильный цех по переработке медно-никелевого концентрата компании «Норникель».

В настоящее время цветную металлургию КС можно условно разделить на четыре кластера (рис. 2). Первый — предприятия, находящиеся на Кольском полуострове в городах Кандалакша (производство алюминия) и Мончегорск (производство меди и никеля). Второй — предприятия, входящие в состав Норильского промышленного района, где производится более 80 % российского никеля и 70 % меди. Также в данном районе ведется производство редких и драгоценных металлов: платины, серебра, кобальта, а также неметаллического сырья — селена, теллура и серы.

¹ Информационная группа СПАРК-Интерфакс. URL: <https://spark-interfax.ru/statistics> (дата обращения: 10.04.2024).

² Каталог производственных предприятий fabricators.ru. URL: <https://fabricators.ru/zavodyhttps://spark-interfax.ru/statistics> (дата обращения: 17.04.2024).

³ Каталог производственных предприятий заводы.рф. URL: <https://заводы.рф/factories> (дата обращения: 17.04.2024).

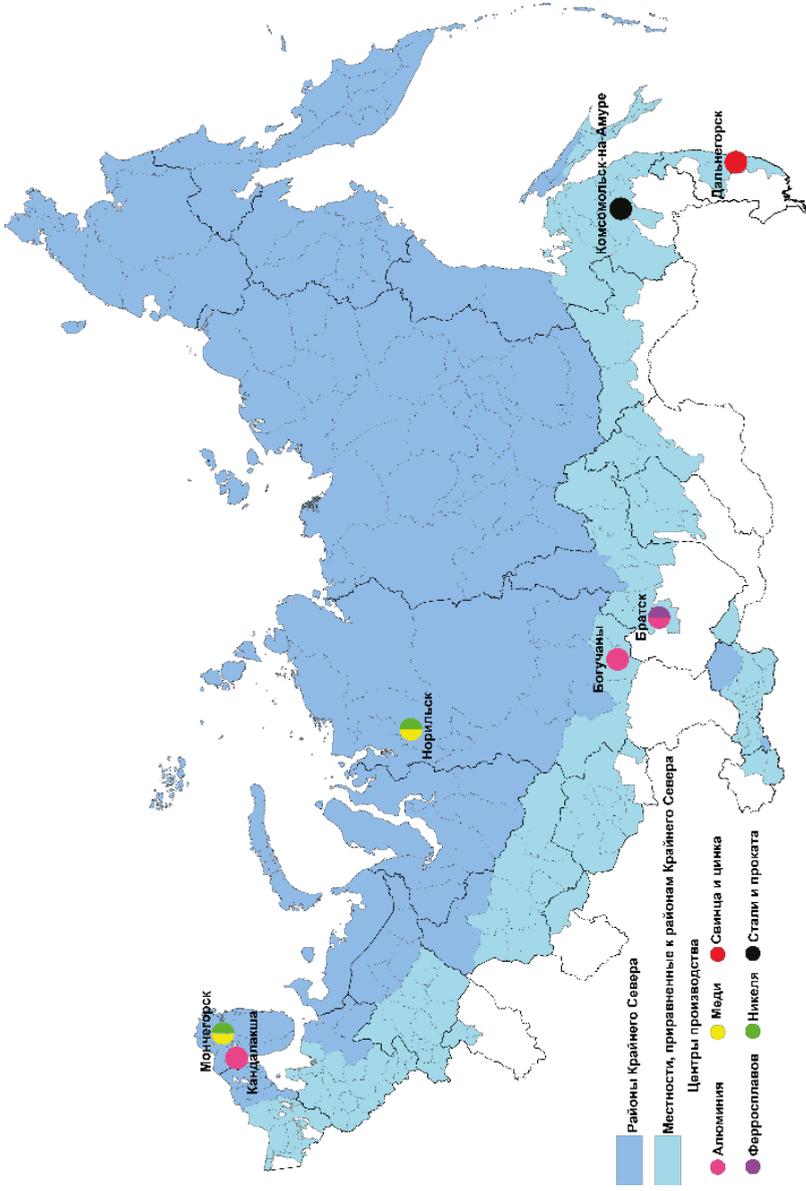


Рис. 2. Центры металлургического комплекса на КС и приравненных к нему местностях

Источник: составлено на основе баз СПАРК-Интерфакс, fabricators.ru, заводы.рф.



Предприятия Норильского района используют собственное сырье. Третий кластер – алюминиевые предприятия компании «РУСАЛ» в Восточной Сибири, работающие на привозном сырье и использующие дешевую электроэнергию Ангарского каскада ГЭС. Сюда относится один из крупнейших в мире Братский Алюминиевый завод (около 1 млн т в год) и запущенный в 2015 г. Богучанский алюминиевый завод. Четвертый кластер – предприятие, находящееся в городе Дальнегорск, занимающееся переработкой свинца и цинка, которые добываются на Николаевском месторождении недалеко от города.

Черная металлургия на КС представлена не так широко. Крупные предприятия размещаются в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. В Комсомольске-на-Амуре находится электрометаллургический завод «Амурсталь» – самое большое металлургическое предприятие на Дальнем Востоке, обеспечивающее металлом крупные машиностроительные предприятия города. В Братске расположен завод ферросплавов, выпускающий высокопроцентный ферросилиций.

Опорный территориально-отраслевой каркас региональной металлургической промышленности создают крупные промышленные узлы и центры с огромными заводскими комплексами. Такие предприятия, как правило, выполняют градообразующую функцию.

Опорный каркас машиностроительного комплекса

Машиностроение не является основной отраслью специализации КС, но некоторые подотрасли все-таки имеют ключевое значение не только для северных территорий, но и для страны в целом. В большей степени здесь представлены судостроение и производство оборудования для других отраслей промышленности (рис. 3).

Морское судостроение представлено в Мурманске, Архангельске, Полярном и Вилючинске. Во всех перечисленных городах в большей степени занимаются ремонтом и обслуживанием судов Северного флота, проходящих по Северному морскому пути, и подводных лодок. В Северодвинске расположено производство атомных подводных лодок. Также на судостроении специализируются в Комсомольске-на-Амуре (производство боевых кораблей и гражданских паромов). Речное судостроение представлено в Петрозаводске и Котласе.

Станкостроение на КС в первую очередь нацелено на обеспечение добывающих отраслей, предприятия которых располагаются на данных территориях. Так, оборудование для нефтедобычи производится в Усинске и Нефтеюганске, для горнодобывающих отраслей – в Мурманске, Оленегорске, Мончегорске и Магадане. Лесная промышленность обеспечивается гидроманипуляторами, изготовленными в Архангельске, и тракторами, выпускаемыми в Петрозаводске. Оборудование для пищевой промышленности производится в Мурманске.

Также на КС представлены заводы, изготавливаются комплектующие для других отраслей машиностроения. Так в Мурманске находится единственное в России производство насосов и форсунок для дизелей типоряда ЧН21/21 и ДМ-21. А в Котласе выпускаются баллоны для систем газового пожаротушения, применяемые в авиационном. Энергетическое машиностроение представлено производством электродных и паровых водогрейных котлов в городе Братск.

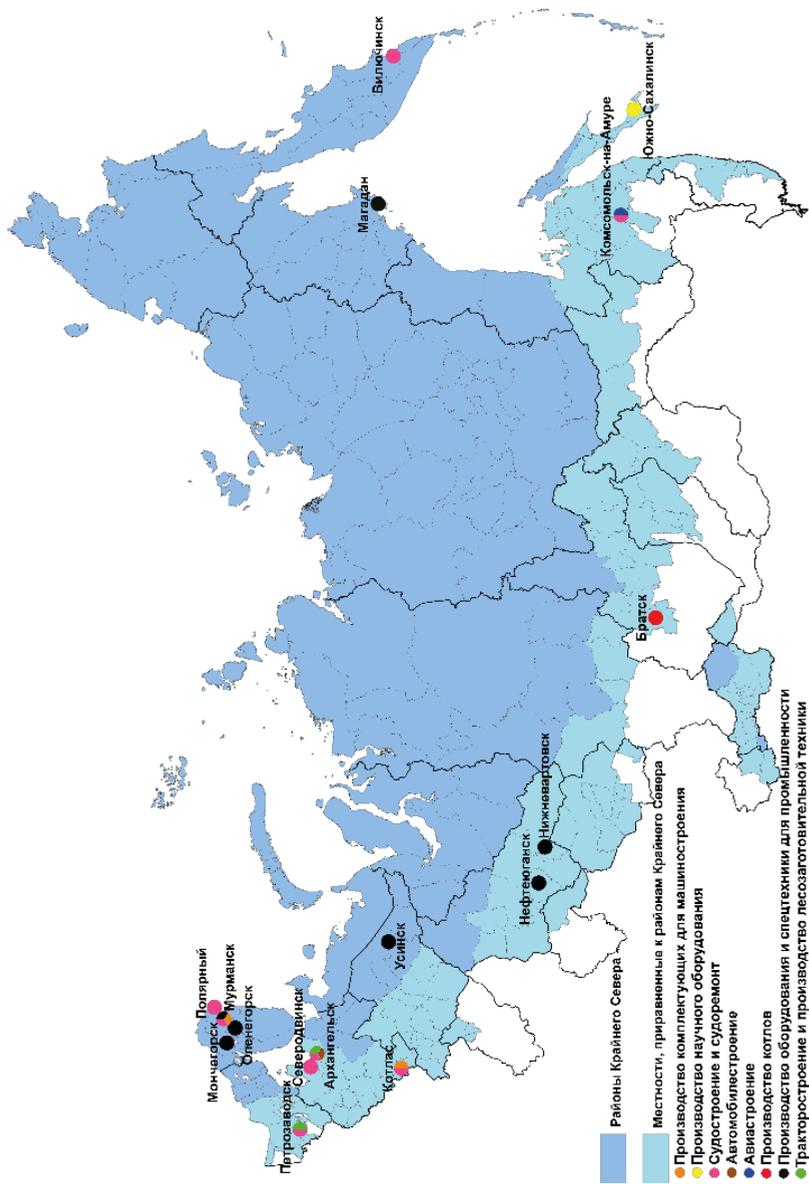


Рис. 3. Центры машиностроительного комплекса на КС и приравненных к нему местностях

Источник: составлено на основе баз СПАРК-Интерфакс, fabricators.ru, заводы.рф.



На КС также представлено наукоемкое точное машиностроение. В Нижневартовске находится единственное в России предприятие, выпускающее цифровые фольгираторы, в Южно-Сахалинске – производство сейсмоакустической аппаратуры.

Таким образом, ядра машиностроительного каркаса КС – судостроительные компании, обслуживающие бурно развивающийся Северный Морской путь, а также предприятия станкостроения, находящиеся в кооперации с центрами добывающей промышленности КС.

Опорный каркас химического комплекса

Еще одной из главных отраслей специализации КС является химическая промышленность. В первую очередь это касается нефте- и газоперерабатывающих предприятий, которые составляют более 50 % от всего опорного каркаса данной отрасли (рис. 4).

Большинство подобных заводов размещается в местах добычи сырья. По большей части это заводы в Ямало-Ненецком, Ханты-Мансийском АО и Республике Коми. Также подобным образом расположены заводы в поселке Кысыл-Сыр и городе Стрежевой. На КС есть НПЗ, работающие на сырье, которое поступает по магистральным трубопроводам. Такие предприятия находятся в Якутске и Комсомольске-на-Амуре.

Также в связи с бурным развитием Северного морского пути активно идет реализация проектов по строительству на побережье Северного Ледовитого и Тихого океанов заводов по производству сжиженного природного газа. Первое такое предприятие («Сахалин-2») было введено в эксплуатацию в 2009 г. вблизи города Корсаков (Сахалинская область). В 2018 г. на КС был запущен второй подобный завод «Ямал-СПГ» в поселке Сабетта (ЯМАО). В настоящее время идет строительство еще одного предприятия («Арктик СПГ 2») на Гыданском полуострове в ЯМАО.

Центрами производства химических реагентов являются города Архангельской области: Архангельск (реагенты для буровых растворов), Коряжма (реагенты для нефтегазодобывающих компаний и продуктов для дорожного строительства) и Северодвинск (реагенты для водоочистных сооружений).

Остальные отрасли химической промышленности на КС представлены единично. Производство резинотехнических изделий располагается в Корсакове (медицинские изделия), бытовой химии – в Советском (моющие средства), а косметическое предприятие – в Архангельске (косметика из водорослей). Центром фармацевтической промышленности является Братск (производство лекарств), а агрохимии – Южно-Сахалинск (переработка торфа).

Безусловно, можно сказать, что нефте- и газопереработка представляют собой ядро опорного каркаса химического комплекса на КС. Также можно предположить, что в скором будущем стоит ждать дополнительных инвестиционных вливаний в развитие перерабатывающих производств на побережье морей Северного Морского пути в пределах Арктической зоны РФ [4].

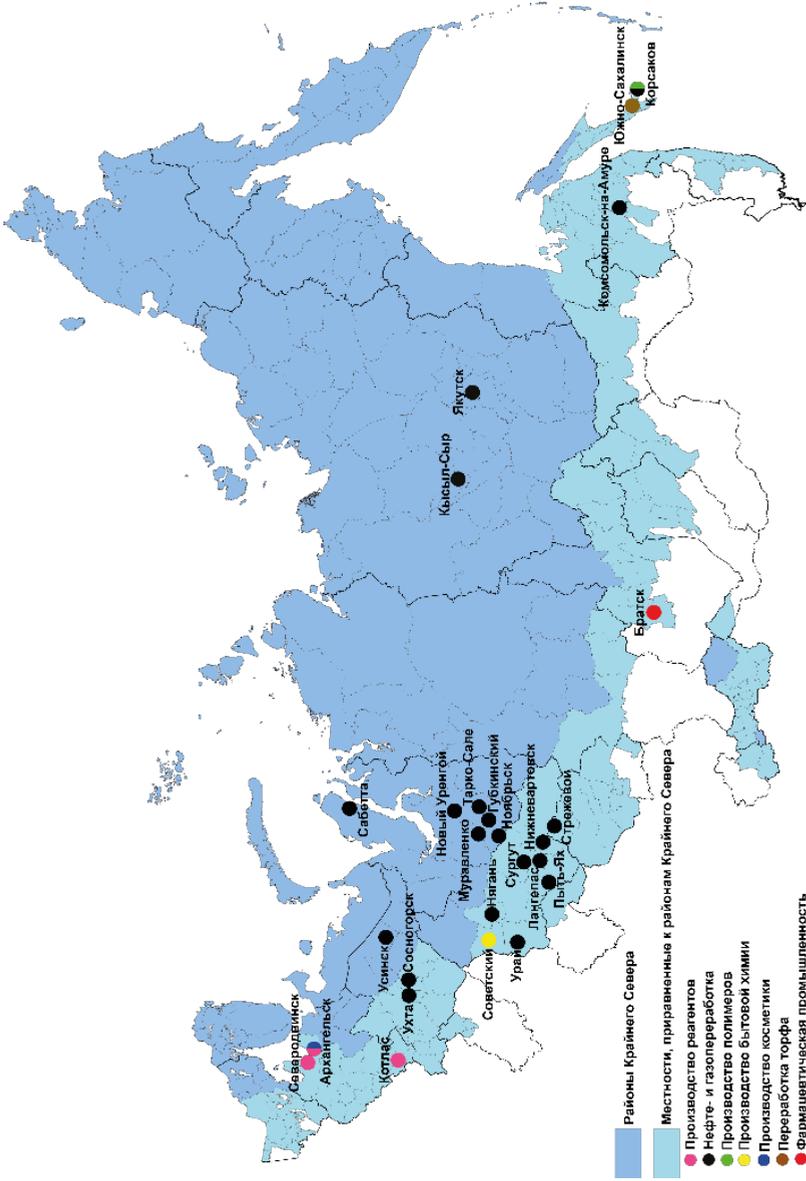


Рис. 4. Центры химического комплекса на КС и приравненных к нему местностях

Источник: составлено на основе баз СПАРК-Интерфакс, fabricators.ru, заводы.рф.



Опорный каркас лесопромышленного комплекса

Крайний Север — главный поставщик продукции лесной промышленности в стране. Объясняется это во многом тем, что главный фактор размещения предприятий лесопромышленного комплекса — сырьевой, а лесистость на КС, и особенно в местностях, приравненных к районам КС, очень высокая.

Предприятия, занимающиеся деревообработкой, располагаются в основном вдоль южной границы КС. Крупные производства отрасли находятся в Архангельской области, Карелии, Красноярском крае и др. (рис. 5).

Отходы деревообрабатывающей отрасли и сама древесина активно используются. Так, например, древесная стружка идет на нужды фанерной промышленности. Ее крупнейшими центрами являются города Республики Коми (Сыктывкар, Емва, Жешарт), Лахденпохья, Новодвинск и Амурск.

Цельная древесина, фанера и различные древесные плиты идут на производство мебели. Предприятия этой отрасли размещаются в соответствии с потребительским фактором, большое количество центров промышленности располагается на территориях с большей плотностью населения — в крупных городах или их пригородах. Здесь можно выделить мебельные фабрики в Петрозаводске, Архангельске, городах ХМАО и Комсомольске-на-Амуре.

Широкое распространение на КС получила и целлюлозно-бумажная промышленность, так как там сосредоточено большое количество водных ресурсов и источников дешевой электроэнергии (в первую очередь ГЭС), необходимых для этих предприятий. В целом ЦБК преимущественно разместились на территории Европейского Севера в Карелии, Коми и Архангельской области. Также крупные ЦБК находятся вблизи крупных ГЭС Иркутской области — в городах Братск и УстьИлимск.

Меньше всего на КС представлена лесохимическая отрасль. Она сосредоточена в четырех промышленных узлах: Медвежьегорск и Братск (скипидар, канифоль и др.), а также Онега и Лесосибирск (пеллеты).

Опорный каркас комплекса легкой промышленности

Легкая промышленность на КС не получила широкого распространения. В советское время данная отрасль имела весомую долю в общем объеме производства КС. Во многом это обеспечивалось за счет использования свободных трудовых ресурсов (прежде всего женских), что обеспечивало баланс развития отраслей [9]. После распада СССР доля легкой промышленности резко упала. Предприятия массово стали закрываться. В целом это было характерно не только для КС, но и для всей страны. В первую очередь это было вызвано тем, что отечественные производители не выдержали конкуренции с иностранными товарами, резко хлынувшими на российский рынок в 1990-е гг. Но некоторые локальные предприятия на КС все же остались, обеспечивая в первую очередь местные рынки (рис. 6).

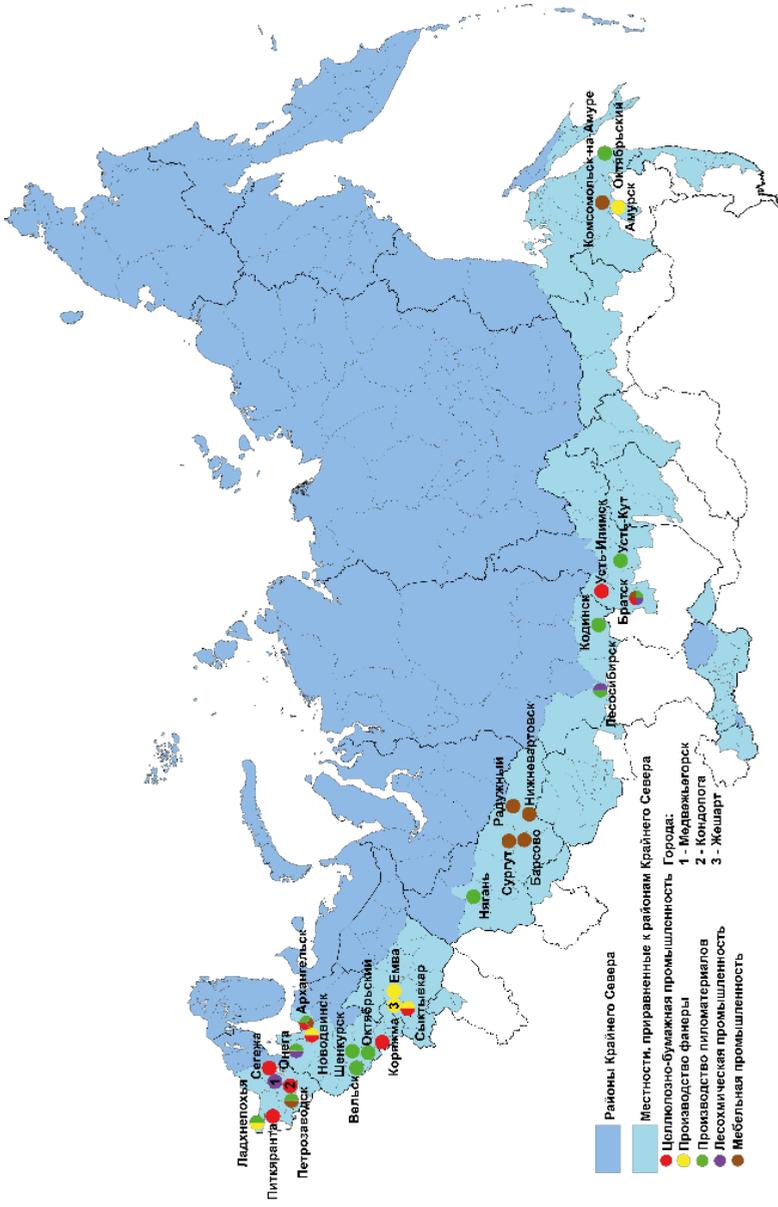


Рис. 5. Центры лесопромышленного комплекса на КС и приравненных к нему местностях

Источник: составлено на основе баз СПАРК-Интерфакс, fabricators.ru, заводы.рф.

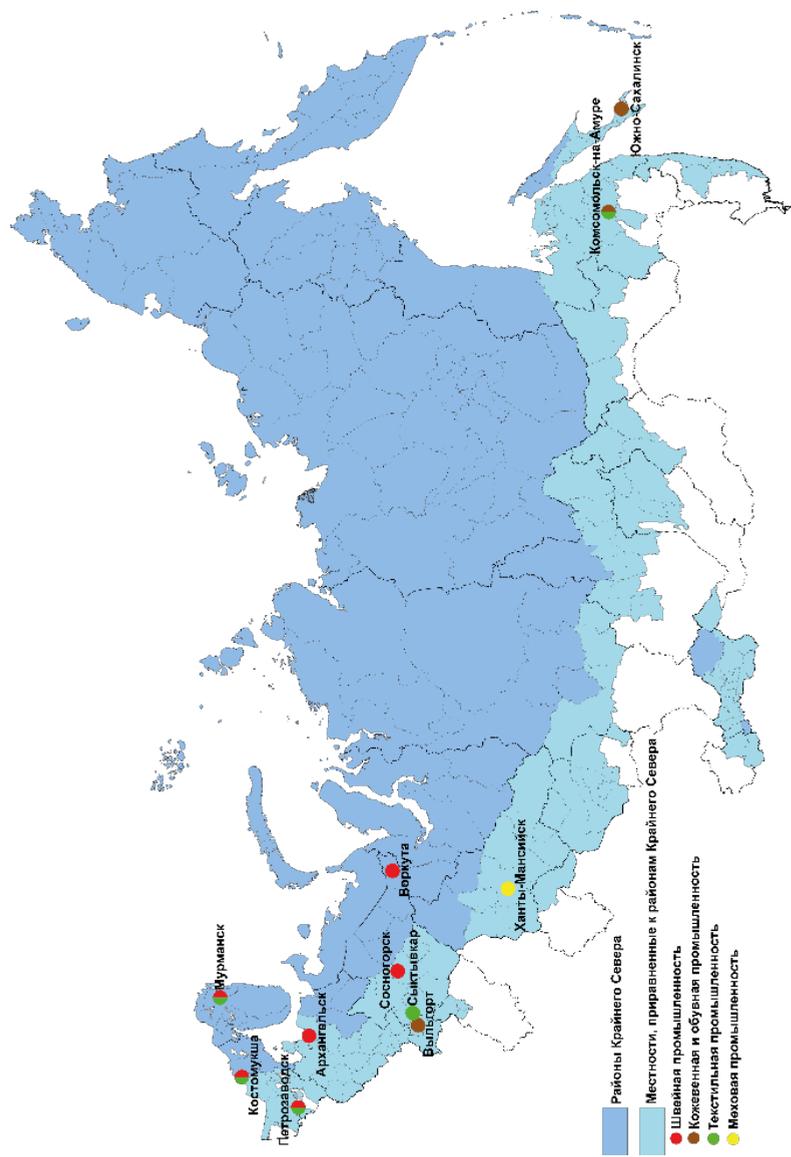


Рис. 6. Центры комплекса легкой промышленности на КС и приравненных к нему местностях

Источник: составлено на основе баз СПАРК-Интерфакс, fabricators.ru, заводы.рф.



Наиболее распространенной подотраслью легкой промышленности на КС можно считать швейную. Она размещается в соответствии с потребительским фактором и как правило располагается в крупных городах. Ее центры — Мурманск, Петрозаводск, Архангельск, Костомукша, Сосногорск и Воркута. Сырьем для нее является продукция текстильной промышленности, поэтому как правило данные производства размещены недалеко друг от друга.

Центрами текстильной промышленности, в свою очередь, выступают Мурманск, Петрозаводск, Костомукша, Сыктывкар и Комсомольск-на-Амуре.

Кожевенно-обувная промышленность представлена в Выльгорт (производство валенок), Комсомольске-на-Амуре и Южно-Сахалинске (изделия из кожи). Единственная на КС крупная меховая фабрика находится в Ханты-Мансийске.

Таким образом, легкая промышленность КС имеет наименьшую долю в обрабатывающей промышленности и в ближайшем будущем не видится перспектив к активному развитию данной отрасли.

Опорный каркас пищевой промышленности

На КС пищевая промышленность представлена самым большим количеством организаций (рис. 7), но во многом они обслуживают только внутренние потребности региона. Отрасли пищевой промышленности имеют разные факторы размещения. Их можно разделить на три группы. Предприятия первой группы отраслей располагаются в соответствии с близостью к сырьевой базе, к таковым относятся рыбокомбинаты и консервные заводы.

Рыбная промышленность является одной из главных отраслей специализации субъектов Дальнего Востока и прибрежных городов морей Северного Ледовитого океана. Также на КС много предприятий, специализирующихся на переработке пресноводной рыбы. Среди них можно отметить комбинаты в Лумивааре, Ханты-Мансийске и Салехарде.

Производства второй группы ориентированы на потребителя и вырабатывают скоропортящуюся продукцию. К таковым можно отнести мясную, молочную и хлебобулочную отрасли. Как правило, подобные предприятия размещаются в крупнейших городах субъектов РФ или находящихся на изолированных территориях, откуда поставляются по всему региону.

Также к данной группе следует отнести плодоовощные хозяйства, которые на КС представлены в основном производством ягод. Подобные хозяйства располагаются на севере Европейской части России в районах сбора ягодных культур — Костомукше, Петрозаводске и Вельске.

Третью группу отраслей промышленности составляют предприятия, изготавливающие продукцию с большим сроком годности. К таким относятся бакалейная отрасль (практически отсутствует на КС), производство алкогольных (пивоваренное и ликеро-водочное производство) и безалкогольных напитков.

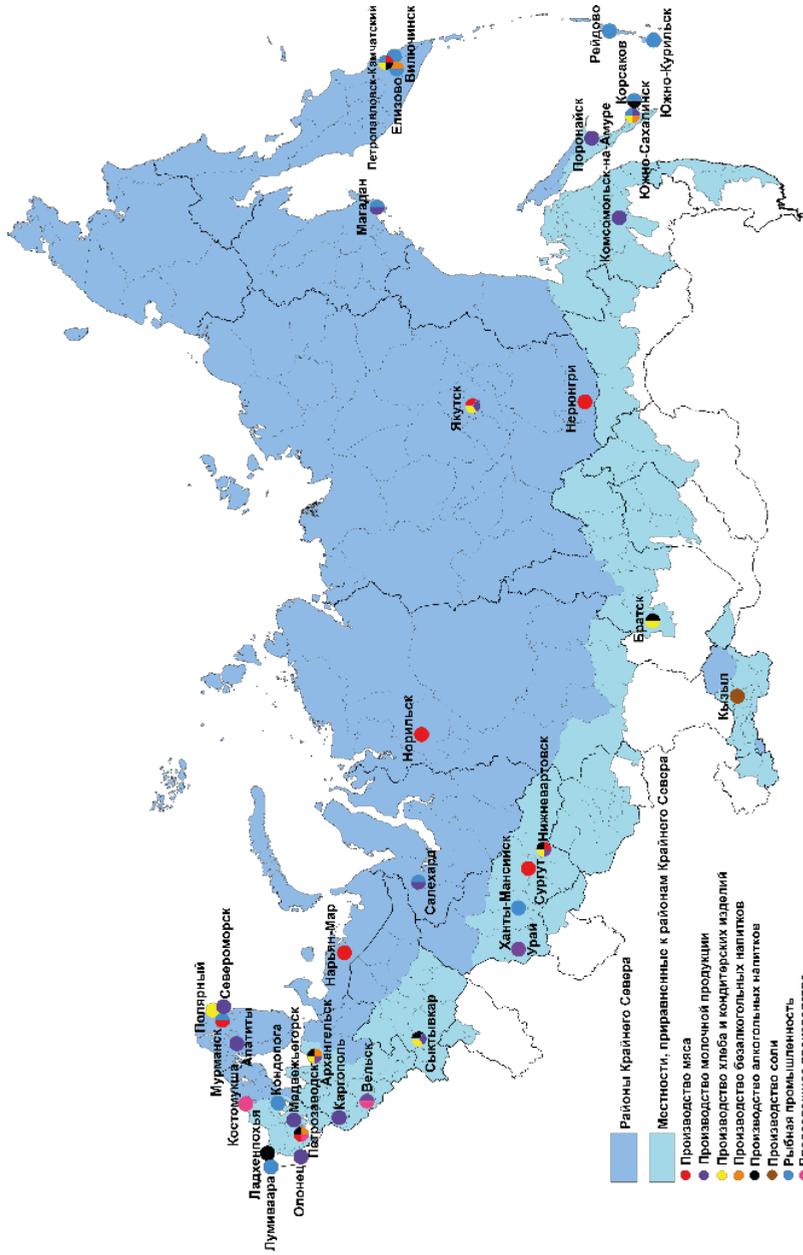


Рис. 7. Центры пищевой промышленности на КС и приравненных к нему местностях

Источник: составлено на основе баз СПАРК-Интерфакс, fabricators.ru, заводы.рф.



Производство безалкогольных продуктов размещается в Петрозаводске, Архангельске (соки), Елизово и Южно-Сахалинске (газированные напитки). Выпуск алкогольных напитков на КС представлен шире. Центрами пивоварения являются Братск, Корсаков, Нижневартовск, Петропавловск-Камчатский, Сыктывкар и Южно-Сахалинск. Ликеро-водочные предприятия находятся в Архангельске, Лахденпохья, Петрозаводске и Сыктывкаре.

Таким образом, ядрами опорного каркаса пищевой промышленности КС можно назвать крупнейшие города и центры субъектов РФ, которые обеспечивают продовольствием всю территорию региона.

Выводы

На основании проведенного исследования предлагается классификация узлов обрабатывающей промышленности КС по их отраслевой специализации и диверсификации. Все промышленные узлы и пункты были сгруппированы в 4 категории (табл.).

Категорию А (8 городов) составляют так называемые мультипромышленные центры, то есть такие узлы, в которых представлены 6 и более отраслей, которые могут иметь разную долю в промышленной структуре города.

Категория В включает в себя 7 промышленных узлов с 3–4 отраслями производства. Это такие города, как Вельск, Корсаков, Лахденпохья, Магадан, Норильск, Петропавловск-Камчатский и Сургут.

В категорию С (18 городов) входят промышленные центры с двумя отраслями в структуре, например, Вилючинск, Коряжма, Костомукша, Мончегорск, Северодвинск, Усинск и др.

К категории D (42 города) относятся моноотраслевые центры обрабатывающей промышленности. Это такие города как Богучаны, Дальнегорск, Нефтеюганск, Оленегорск и Североморск. Остальные города этой группы были разделены на 3 подкатегории: D1 (моноотраслевые центры пищевой промышленности), D2 (моноотраслевые центры лесной промышленности) и D3 (моноотраслевые центры химической промышленности).

Элементы опорного каркаса обрабатывающей промышленности КС в последние десятилетия практически не трансформируются. Существует большое количество производств с устаревшей инфраструктурой, некоторые из них и вовсе закрылись. Сказывается недостаток высококвалифицированной рабочей силы. Но в тоже время новым толчком для роста обрабатывающей промышленности КС в последние годы становится выделение в его пределах Арктической зоны РФ и развитие Северного Морского пути, благодаря чему на КС уже начался процесс модернизации отраслей машиностроения (в основном судостроения), а также строительство новых нефте- и газоперерабатывающих предприятий¹.

¹ Распоряжение Правительства РФ от 1 августа 2022 г. №2115-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/StA6ySKbVceANLRA6V2sF6wbOKSyxNzw.pdf> (дата обращения: 01.05.2024).

**Классификация узлов обрабатывающей промышленности КС
по их отраслевой специализации и диверсификации**

Категория А	Категория В	Категория С	Категория D			
			D1	D2	D3	
Архангельск, Братск, Комсомольск-на-Амуре, Мурманск, Нижневартовск, Петрозаводск, Сыктывкар, Южно-Сахалинск	Вельск, Корсаков, Лахденпохья, Магадан, Норильск, Петропавловск-Камчатский, Сургут	Вилочинск, Елизово, Коряжма, Костомукша, Котлас, Лесосибирск, Медвежьегорск, Мончегорск, Новодвинск, Нянгань, Онега, Полярный, Салехард, Северодвинск, Сосногорск, Урай	Апатиты, Каргополь, Кызыл, Лумиваара, Нарьян-Мар, Нерюнгри, Олонец, Поронайск, Рейдово, Южно-Курильск	Амурск, Барсово, Емба, Жепарт, Кодинск, Октябрьский (Архангельская область), Октябрьский (Хабаровский край), Питкяранта, Радужный, Сетежа, Усть-Илимск, Усть-Кут, Шенкурск	Д3 Губкинский, Кандалакша, Лангепас, Муравленко, Новаый Уренгой, Ноябрьск, Кызыл-Сыр, Пыть-Ях, Сабетта, Советский, Стрежевой, Тарко-Сале, Ухта	прочие Богучаны, Дальнегорск, Нефтегоганск, Оленегорск, Североморск



В целом несмотря на то, что отраслевая структура обрабатывающей промышленности КС заметно не менялась в последние годы, а также испытывает ряд проблем, стоит отметить, что в настоящее время, согласно данным агентства B2B Global, на КС все же поступают инвестиции для модернизации существующих производств, и это касается не только отраслей, тесно связанных с развитием Северного Морского пути и добычей энергоресурсов. Например, ведется проект по модернизации ЦБК в Сыктывкаре, некоторых предприятий лесной промышленности в Архангельской области и Республике Карелия¹.

Также в Мурманской области строятся несколько рыбоперерабатывающих предприятий. В Ухте планируется основать завод по производству СПГ, а в Якутске – предприятие черной металлургии.

По результатам проведенного анализа можно заключить, что география обрабатывающей промышленности КС за последние десятилетия мало изменилась, а существующие изменения пока что сводятся в основном к модернизации некоторых ныне существующих предприятий, либо закрытию устаревших и нерентабельных производств. Но в то же время намечена перспектива для грядущих сдвигов в отраслевой специализации и диверсификации за счет новых инвестиционных вливаний.

Список литературы

1. Борисов В.Н., Покучаева О.В. Эффективность инвестиционной и инновационно-технологической деятельности (на примере Арктического проекта) // Проблемы прогнозирования. 2017. №2 (161). С. 65–77. EDN: YZKFLT.
2. Гафарова К.Э., Осадчий Е.И. Экономические проблемы развития федеральных округов России: структурный подход // Инновационная наука. 2017. №01-1. С. 24–28. EDN: XIRKQZ.
3. Григорьев Л.М., Голяшев А.В., Лобанова А.А., Павлюшина В.А. Региональные различия динамики промышленного производства в России: текущие тенденции // Пространственная экономика. 2017. №4. С. 148–169. doi: 10.14530/se.2017.4.148-169. EDN: ZXXWXN.
4. Журавель В.П., Назаров В.П. Северный морской путь: настоящее и будущее // Вестник Московского государственного областного университета. 2020. №2. С. 140–158. doi: 10.18384/2224-0209-2020-2-1010. EDN: WVNEGS.
5. Замятина Н.Ю. Северный город-база: особенности развития и потенциал для освоения Арктики // Арктика: экология и экономика. 2020. №2 (38). С. 4–17. doi: 10.25283/2223-4594-2020-2-4-17. EDN: UWMLLQ.
6. Инновационное развитие промышленности регионов Арктики: проблемы и перспективы : монография / науч. ред. В. А. Цукерман. Апатиты, 2022. doi: 10.37614/978.5.91137.462.4. EDN: VOLRXQ.
7. Исламудинов В. Ф. Факторы развития отрасли «Машиностроение и металлообработка» в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре // Экономика региона. 2018. Т. 14, №4. С. 1424–1437. doi: 10.17059/2018-4-28. EDN: PGPYPU.

¹ Строящиеся объекты России и СНГ. URL: <https://bbgl.ru/obekty-stroitelstva> (дата обращения: 01.05.2024).



8. *Кожевников С.А.* Пространственное и территориальное развитие Европейского Севера России: тенденции и приоритеты трансформации // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12, №6. С. 91–109. doi: 10.15838/esc.2019.6.66.5. EDN: UWKZHO.

9. *Козлов А.В.* Анализ структурных сдвигов в промышленности арктических регионов в процессе инновационного развития на примере Мурманской области // Известия высших учебных заведений. Сер.: Экономика, финансы и управление производством. 2020. №3 (45). С. 19–25. EDN: GESIMQ.

10. *Колосовский Н.Н.* Теория экономического районирования. М., 1969. EDN: TLAWLO.

11. *Крупко А.Э.* Роль Крайнего Севера для устойчивого развития страны // Арктика XXI век. Гуманитарные науки. 2020. №2 (22). С. 21–37. EDN: XOSSLE.

12. *Кушнарченко Т.В.* Развитие несырьевых отраслей экономики в условиях многоукладности региональных систем // Финансовые исследования. 2015. №4 (49). С. 200–208. EDN: VVQEKH.

13. *Лажнецов В.Н.* Перемены в минерально-сырьевой экономике Севера России // Проблемы прогнозирования. 2024. №1 (202). С. 208–216. doi: 10.47711/0868-6351-202-208-216. EDN: BDUNJF.

14. *Ларионов А.О.* Оценка промышленного потенциала региона // Проблемы развития территории. 2015. №2 (76). С. 45–61. EDN: TMOKVX.

15. *Мельников А.Е.* Промышленность макрорегиона на пути высокотехнологичного развития // Вопросы территориального развития. 2018. №4 (44). С. 1–8. doi: 10.15838/tdi.2018.4.44.3. EDN: YAAZLF.

16. *Обедков А.П.* Комплексное использование природных ресурсов как фактор устойчивого развития промышленности регионов Российского Севера // Россия: тенденции и перспективы развития. М., 2016. С. 250–261. EDN: WXWKIJ.

17. *Павлов К.В., Селин В.С.* Особенности развития промышленного комплекса Севера после введенных против России санкций // Фотинские чтения. 2017. №2 (8). С. 38–48. EDN: ZSLPZP.

18. *Пилясов А.Н.* Арктическая промышленность России в последние десятилетия: индустриализация, деиндустриализация, индустриализация 2.0 // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2019. №4 (66). С. 43–63. doi: 10.25702/KSC.2220-802X-4-2019-66-43-63. EDN: MNXYIN.

19. *Пилясов А.Н., Замятина Н.Ю.* Освоение Севера 2.0: вызовы формирования новой теории // Арктика и Север. 2019. №34. С. 57–76. doi: 10.17238/issn2221-2698.2019.34.57. EDN: OWJNXM.

20. *Плисецкий Е.Л.* Структурные изменения в пространственном развитии России: новые реалии // Управленческие науки. 2023. Т. 13, №3. С. 21–33. doi: 10.26794/2304-022X-2023-13-3-21-33. EDN: AYWNAO.

21. *Стыров М.М., Колечков Д.В., Шляхтина Н.В.* Инновационно-инвестиционная система промышленности северных регионов России: проблемы и перспективы // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2016. Т. 14. С. 662–681. EDN: XGSMXH.

22. *Турчанинова Т.В., Храпов В.Е.* Обеспечение потребностей пространственного развития машиностроительных предприятий Кольского полуострова в кадровых ресурсах // Региональная экономика: теория и практика. 2017. Т. 15, №8 (443). С. 1418–1427. doi: 10.24891/re.15.8.1418. EDN: ZCQGTV.



23. Ульченко М. В. Влияние санкций на промышленный сектор Севера РФ и экономическую безопасность // *Фундаментальные исследования*. 2018. №11-1. С. 102–108. EDN: VLYWTV.

24. Хрущев А. Т. Избранные труды. Смоленск, 2010. EDN: QUMDJJ.

25. *Экономика современной Арктики: в основе успешности эффективное взаимодействие и управление интегральными рисками* : монография / под науч. ред. В. А. Крюкова, Т. П. Скуфьиной, Е. А. Корчак. Апатиты., 2020. doi: 10.37614/978.5.91137.416.7. EDN: NKAJQM.

Об авторах

24

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

E-mail: v.maryahin@yandex.ru

SPIN-код: 4190-7113

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

E-mail: prof.chasovsky@mail.ru

SPIN-код: 4190-7113

V. M. Maryakhin, V. I. Chasovsky

SUPPORTING FRAMES OF THE LEADING INDUSTRIAL COMPLEXES OF THE MANUFACTURING INDUSTRY OF THE FAR NORTH OF RUSSIA

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 19 August 2024

Accepted 04 October 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-1

To cite this article: Maryakhin V. M., Chasovsky V. I., 2024, Supporting frames of the leading industrial complexes of the manufacturing industry of the Far North of Russia, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №4. P. 6–25. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-1.

The development of the northern territories of the Russian Federation is a crucial element of the country's sustainable development, as emphasized by the Strategy for the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation until 2035. In light of the active policy of import substitution, which is a key component of the national goal of "Technological Leadership," increasing attention is being paid to the manufacturing industry, including in the Far North. This study analyzes data on the operations of manufacturing enterprises in the cities of the Far North and equivalent regions from 2016 to 2022, utilizing municipal and state statistical sources as well as databases such as SPARK-Interfax, zavody.rf, and fabricators.ru. As a result, the sectoral structure of the manufacturing industry in the Far North was identified, forming



the basis for a proposed classification of industrial hubs divided into four categories. The study also highlights general trends in the development of the supporting frameworks of the manufacturing industry in the northern territories of Russia in recent years. The findings indicate that the manufacturing industry in the Far North has undergone minimal transformation in recent years, with changes primarily limited to the modernization of existing facilities or the closure of unprofitable enterprises.

Keywords: Far North, manufacturing industry, Arctic, supporting framework, industry, specialization

The authors

25

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

E-mail: v.maryahin@yandex.ru

SPIN-код: 4190-7113

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

E-mail: prof.chasovsky@mail.ru

SPIN-код: 4190-7113

П. А. Палагин

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ОНЛАЙН-КЛАССИФАЙДОВ В РОССИИ

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

Поступила в редакцию 09.07.2024 г.

Принята к публикации 23.09.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-2

26

Для цитирования: Палагин П. А. Пространственные особенности использования автомобильных онлайн-классифайдов в России // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. № 4. С. 26–42. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-2.

Рассматриваются аспекты, определяющие особенности пространственных отличий в потребительских предпочтениях при использовании онлайн-классифайдов по продаже и покупке автомобилей в России. В рамках исследования применяется метод контент-анализа основных автомобильных онлайн-классифайдов – Avito.ru, Auto.ru и Drom.ru, раскрывающий функциональную сопоставимость сервисов между собой. Для выявления причинности региональных отличий используется цикл глубоких интервью, проведенный с жителями разных регионов России, а для изучения пространственного компонента применены методы комплексного и картографического анализа. Результатом исследования стало обнаружение пространственных особенностей, проявляющихся при использовании автомобильных онлайн-классифайдов в разных макро-регионах России. Также сформулированы факторы, определяющие пространственные отличия в поведении потребителя: географическое положение региона, социально-исторический контекст процесса распространения автомобильных онлайн-классифайдов, наличие локальных аналогов, экономическая заинтересованность онлайн-сервисов в расширении своей деятельности в конкретном регионе, активность их рекламных кампаний.

Ключевые слова: пространственные особенности, онлайн-классифайды, цифровые сервисы, потребительские предпочтения, Avito.ru, Auto.ru, Drom.ru

Введение

Владение автомобилем в России — важная составляющая обывденной жизни для значительной части населения. Согласно обобщенным данным, на начало 2024 г. средняя обеспеченность легковыми автомобилями в России составляет 322 автомобиля на 1000 жителей [19], что в среднем можно рассматривать как один автомобиль на семью из 3-х человек. Слабо решаемая проблема качества городской транспортной инфраструкту-



ры в российских городах, климатические и географические особенности страны делают вопрос покупки и продажи автомобиля для россиян пространственной и актуальной задачей. В то же время стагнация в экономической сфере, инфляция, санкционная политика и обратная ей политика импортозамещения и таможенных ограничений ориентируют россиян на приобретение подержанных автомобилей, вместо новых. Так, за 2023 г. в России было реализовано более 1,05 млн новых легковых машин [26], тогда как подержанных за тот же период было продано 5,79 млн [31]. В актуальных опросах, раскрывающих настроения потребителя, указывается, что более 70 % тех, кто в настоящее время собирается приобретать автомобиль, рассматривает подержанный вариант [9].

Основным каналом продаж и покупки автомобилей в настоящее время выступают различные интернет-площадки, они же – интернет-классифайды. Классифайд – ресурс со сгруппированными по категориям объявлениями, созданными как физическими лицами, так и юридическими. В отечественном пространстве применим синоним «доска объявлений». Интернет-классифайдом выступает аналогичная по цели платформа, но в интернет-пространстве. Соответственно под автомобильными интернет-классифайдами мы подразумеваем цифровые сервисы, размещающие объявления о продаже автомобилей. В дальнейшем как синонимы будут использоваться понятия «онлайн-платформа», «цифровой сервис», «интернет-площадка». Другой важный термин – предпочтения потребителя. Согласно Н. М. Воловской, его следует понимать как социально и личностно детерминированное позитивное субъект-объектное отношение потребителя к товару, услуге или их атрибутам, определяющее выбор [7].

Согласно данным, еще в 2020 г. лишь 19,1 % опрошенных не продавал / покупал автомобиль с помощью различных интернет-классифайдов [21]. Очевидно, что сейчас этот процент еще меньше. Этот факт демонстрирует, что проблема изучения цифровых сервисов является актуальной исследовательской темой для целого спектра научных дисциплин – социологии, маркетинга, экономических наук и социально-экономической географии.

На данный момент цифровизация экономики и общества в целом – один из наиболее очевидных векторов изменения уклада жизни человеческого общества [33] и его экономики, что, безусловно, оказывает воздействие и на пространственное устройство социума, что уже представляет собой исследовательское поле социально-экономической географии [12].

Социально-экономическая география, рассматривая проблему цифровизации, должна касаться темы изменений на автомобильном рынке, ведь цифровые платформы позволяют совершенно иначе подойти к вопросу продажи и покупки автомобиля, не ограничивая потребителя собственным локальным рынком и предоставляя возможность рассмотреть варианты по всей стране, что оказывает влияние на структуру и характер автомобильного рынка в различных регионах России.

Проблеме популярности различных автомобильных онлайн-классифайдов посвящен целый спектр социологических исследований. Так, агентство «Автостат» в течение нескольких лет изучает наиболее пред-



почитаемые интернет-платформы для продажи и покупки автомобиля. Ежегодно потребительский рейтинг возглавляют Avito.ru, Auto.ru и Drom.ru. (табл. 1).

Таблица 1

Динамика ответов респондентов на вопрос «На каких онлайн-сервисах вы размещали объявление о продаже авто за последние два года?», % (респондент мог выбрать несколько вариантов ответов)

Год	Avito.ru	Auto.ru	Drom.ru
2018	70,8	65,8	28,6
2020	66	52,3	29,3
2023	75	40,2	32,9

Источник: [2; 20; 27].

Данные исследования показывают, что лишь 4–5% респондентов при использовании интернет-площадок для купли-продажи автомобиля пользуются другой платформой, кроме указанных трех. Ввиду этого, далее обоснованно будет рассматривать лишь эти три онлайн-классифайда.

Однако приведенные исследования никак не комментируют причинность распределения мнений респондентов и не раскрывают пространственных отличий, и в целом в научном обороте таких исследований на текущий момент нет.

Исходя из вышесказанного, можно выделить следующую проблемную ситуацию: в современной России важнейшим каналом для купли-продажи автомобиля выступают интернет-классифайды, однако остается неизученной проблема выбора потребителем определенной платформы и мотивы, обусловившие этот выбор, а также не подвергнута анализу региональная специфика потребительских предпочтений при выборе интернет-площадки и ее причинность.

Обобщающей теоретической базой для исследования выступает принцип комплементарности, выдвинутый Ж. Гурвичем [32]. Поэтому, наряду с методами социально-экономической географии, актуальны наработки социологии и маркетинга. Наиболее значимой концепцией выступают идеи феноменологической социологии П. Бергера и Т. Лукмана [6]. Авторы окончательно сформулировали принципы формирования интересубъективности жизненного мира, то есть переплетенности объективной социальной среды и субъективного опыта индивида. Жизненный мир каждого из акторов в сумме оказывает влияние уже на объективную реальность. Совокупность схожих положений жизненных миров разных акторов приводит к появлению типизаций. Они придают смысл любым, даже новым явлениям и тем самым встраивают их в жизненный мир и объективную реальность. Исходя из этой концепции, формулировался гайд для цикла глубинных интервью. Далее отметим существующие наработки по вопросу изучения интернет-площадок для купли-продажи автомобиля.

Исследования «Автостата», касающиеся общего соотношения популярности автомобильных онлайн-классифайдов были представлены в



таблице 1, поэтому далее отметим исследования [1; 20], разбирающие соотношения публикаций с фактическими каналами продажи и покупки автомобилей. Ряд работ посвящен предпочтениям потребителя, проблеме доверия при выборе базы данных для проверки состояния автомобиля [23] и ощущению безопасности площадки при использовании онлайн-классифайдов [24]. Насчет пространственных особенностей агентство приводит лишь несколько коротких замечаний [20].

Однако выделим исследование 2015 г., которое ставило перед собой такую задачу, но на данный момент не является репрезентативным. Из-за технических ограничений, сравнить все 3 сервиса не представлялось возможным, поэтому на одной базе данных между собой сопоставлены данные по Avito.ru и Drom.ru, а на другой — Avito.ru и Auto.ru [13]. Работа лишь фиксирует существующее соотношение пользовательской активности, не рассматривая причины пространственных отличий.

С позиции географии следует выделить труды В. Л. Бабурина и С. П. Земцова, доказывающие пространственные отличия регионов в способности восприятия инновационных технологий [5], формулирующие методический подход к вопросу диффузии инноваций в различных регионах России и выделяющие факторы влияния на этот процесс [11]. Следует отметить ряд исследований, анализирующих смежные темы. Так, изучены размер [25] и географическая распределенность [22] автопарка России, проработаны половозрастные характеристики потребителей новых и поддержанных автомобилей [14], (приведенные данные были использованы при формировании соотношения опрошиваемых мужчин и женщин в процессе проведения цикла интервью). Выделим исследования автомобильных СМИ [28] и использования медийных онлайн-сервисов для рекламы [10], которые актуальны для раскрытия значимости журналистских редакций внутри классифайда для привлечения новой аудитории. Помимо прочего, различными авторами уже поднимались теоретические аспекты поведения потребителя на автомобильном рынке [16], особенности значимости владения автомобилем для потребителя [29]. Некоторому анализу подвергалась и эффективность влияния рекламных кампаний автопроизводителей и автодилеров на поведение потребителей [4], также поднималась тема особенностей формирования [8] и влияния [30] региональной специфики на потребителя, и однозначно подтверждается воздействие регионального фактора на потребительское поведение. Тем не менее, невзирая на актуальность и востребованность темы, комплексных исследований пространственного распределения потребительских предпочтений среди автомобильных онлайн-классифайдов с анализом причинности в научном обороте до сих пор нет.

Результаты исследования

Данное исследование выстроено в три методических этапа: первым выступает метод контент-анализа, необходимый для формирования стандартизированного представления о свойствах исследуемых интер-



нет-площадок. Далее применяется социологический метод глубинного формализованного интервью, а в завершение – картографический и сравнительно-географический методы.

Для рассмотрения эмпирических свойств и функционала исследуемых классифайдов в формализованном виде был разработан следующий бланк контент-анализа (табл. 2).

Таблица 2

Бланк контент-анализа функционального наполнения интернет-классифайдов для купли-продажи автомобилей

30

Категория	Признак (значение)	Наличие (1) или отсутствие (0) признака	Ценность Признака (1–5)
Б	Возможность публикации объявления о продаже автомобиля юридическим лицом	1/0	5
Б	Возможность публикации объявления о продаже автомобиля физическим лицом	1/0	5
Б	Возможность фильтрации объявлений по марке автомобиля, модели, году выпуска и цене	1/0	5
Б	Возможность поиска объявлений незарегистрированному пользователю	1/0	5
Б	Возможность общения с продавцом через телефонную связь	1/0	5
Б	Возможность общения с продавцом через внутренний мессенджер	1/0	5
Д	Возможность общения с продавцом через внутренний сервис видеозвонков	1/0	3
Б	Наличие приложения для мобильных устройств	1/0	5
П	Возможность публиковать более одного объявления бесплатно одновременно	1/0	5
П	Возможность публикации платных объявлений	1/0	1
П	Возможность применения дополнительных платных услуг для ускорения продажи объявлений	1/0	3
И	Наличие базы данных юридического состояния автомобиля	1/0	5
И	Наличие базы данных с информацией о техническом состоянии автомобиля, пробеге и случаях ДТП	1/0	5
И	Предложение условий кредита на автомобиль в рамках конкретного объявления	1/0	2



Категория	Признак (значение)	Наличие (1) или отсутствие (0) признака	Ценность Признака (1–5)
И	Указание на эксклюзивность объявления на определенной площадке	1/0	1
И	Наличие базы данных с техническими характеристиками автомобилей, существующими комплектациями и исторической справкой	1/0	3
Ф	Наличие отзывов пользователей о конкретной модели автомобиля и пользовательской оценки	1/0	3
ПУ	Возможность публикации смежных по тематике товаров на классифайде (автозапчасти, аксессуары, улучшения и т.п.)	1/0	2
ПУ	Возможность публикации несмежных с автомобильной тематикой товаров	1/0	1
Ф	Наличие тематического сообщества, посвященного автомобильной тематике и форумной площадки	1/0	2
И	Наличие внутренней журналистской редакции в рамках онлайн-платформы (свое СМИ)	1/0	2
И	Указание в объявлении на среднюю стоимость содержания конкретной модели	1/0	3
Д	Возможность применения площадки как посредника при заключении купли-продажи автомобиля	1/0	2
Д	Наличие базы данных с результатами продаж автомобилей на зарубежных автомобильных аукционах с приведением итоговой стоимости	1/0	2
И	Указание на соответствие рыночной цене в конкретном объявлении	1/0	3
И	Информация о динамке среднерыночной цены на конкретный автомобиль	1/0	3
И	Возможность расчета примерной стоимости страхового полиса ОСАГО на конкретный автомобиль	1/0	2

Примечание: Б – базовый функционал; Д – дополнительные бесплатные пользовательские услуги; П – дополнительные платные услуги; И – информирующие пользователя функции; Ф – функции, связанные с пользовательской форумной активностью; ПУ – функции, связанные с публикацией объявлений не автомобильной тематики.

Данный бланк отражает наличие или отсутствие того или иного признака у площадки. Его положения сформулированы на основе всех



функций, которыми обладает та или иная интернет-площадка на момент проведения контент-анализа. Отметим так же пункт «ценность признака». Это субъективное определение автором исследования значимости той или иной функции, которой обладает сервис по шкале от 1 до 5, где 1 — наименее значимая, а 5 — наиболее. Обладание необходимыми функциями в полном объеме делает сервис функционально более предпочтительным, тогда как наличие второстепенных функций даже в большем количестве при отсутствии более значимых может повлиять на снижение потребительского интереса. Именно поэтому количество функций необходимо соотносить с ценностью каждой из них. В таблице 3 приведен обобщенный результат контент-анализа, сгруппированный по категориям функций.

Таблица 3

**Результаты контент-анализа функциональных свойств
трех интернет-площадок для купли-продажи автомобиля
(Avito.ru, Drom.ru, Auto.ru)**

Категория	Площадки			Максимальное значение
	Avito.ru	Drom.ru	Auto.ru	
Базовый функционал	7	7	7	7
Дополнительные услуги	1	1	1	3
Информирующие функции	8	7	9	10
Форумные функции	1	2	2	2
Публикационные функции	2	1	1	2
Платные функции	2	2	2	3
Общее количество функций	21	20	22	27
Суммарная ценность функций	76	73	75	88
Функциональная наполненность сервиса	3,62	3,65	3,40	

Пункт «функциональная наполненность сервиса» отражает отношение общего количества функций, которыми обладает сервис, к ценности каждой из них. Результаты показывают, что с точки зрения имеющегося функционала и возможностей каждая из площадок абсолютно сопоставима с конкурентом. Сложившаяся ситуация является для нас основополагающим результатом, обосновывающим необходимость дальнейшего исследования, ведь с точки зрения функционала все три исследуемых платформы практически идентичны. Следовательно, корни пространственных отличий в потребительском поведении следует искать в других факторах. Для их определения было проведено социологическое исследование — цикл глубинных интервью с пользователями автомобильных интернет-классифайдов из разных регионов России.

Социологический этап исследования

После разделения территории России условно на 3 макрорегиона с запада на восток — Центральную Россию (ЦФО), Сибирь (СФО) и Дальний Восток (ДВФО) — был проведен цикл глубинных интервью с целью



выявления пространственных отличий между потребительскими предпочтениями в использовании автомобильных онлайн-классифайдов. Отдельно был взят конкретный субъект Российской Федерации — Калининградская область — как субъект-эксклав, который может обладать особым набором потребительских предпочтений.

В результате было опрошено 32 человека из четырех выделенных регионов. Из общего количества интервьюируемых экспертами (то есть профессиональными продавцами автомобилей) являлись 25 %. Гайд интервью содержал 48 вопросов.

Результаты цикла интервью в Калининградской области

33

Калининградская область занимает особое положение. Из-за положения эксклава, несмотря на общее информационное пространство с остальной Россией, в области сформировалось собственное уникальное распределение потребительских предпочтений при выборе интернет-площадок для купли-продажи автомобиля, где абсолютным лидером выступает Avito.ru, забирая себе около 94 % опубликованных объявлений по подсчетам на ноябрь 2022 г. и 83 % — апрель 2024 г. Ни один ближайший регион в РФ не показывает такого серьезного разрыва в популярности между площадками. В Калининградской области большинство респондентов рассматривают Avito.ru как единственную платформу, которая позволит им решить вопрос как поиска и покупки автомобиля, так и его продажи. Об этом высказалось 100 % респондентов.

Некоторые респонденты находят Auto.ru более качественным и функциональным сервисом, но при этом не считают, что смогут успешно продать в Калининградской области автомобиль через Auto.ru, предпочитая Avito.ru. Эти ответы фиксирует следующее: у ряда пользователей функциональные возможности оторваны от потребительских предпочтений.

Основываясь на анализе ответов, можно предположить, что существующее распределение потребительских предпочтений связано с особенностями интересубъективного жизненного мира потребителей в Калининградской области, опирающимися на объективные пространственные факторы. Определенная степень изолированности области и небольшое количество населения привели к тому, что длительное время федеральные игроки не заходили на калининградский рынок. Поэтому до 2011–2012 гг. наиболее используемым классифайдом была региональная газета «Из рук в руки», о ней вспомнила почти половина опрошенных. Первой из исследуемых площадок в регион зашла именно Avito.ru. Респонденты оценивали рекламную кампанию этого сервиса в тот период как масштабную, заинтересовавшую значительное количество людей. Тогда значимым каналом пополнения аудитории являлась именно реклама, а не личные рекомендации.

За прошедшие годы данный сервис на правах монополиста смог завоевать весь рынок купли-продажи товаров и услуг. Ввиду экономического развития области, роста населения и узнаваемости региона, в последние годы два других федеральных игрока — Auto.ru и Drom.ru —



пытаются зайти на Калининградский рынок. На это так же указывают ответы респондентов, отмечающие обилие рекламы именно этих сервисов как уличной, так и цифровой. Несмотря на это, все опрошенные высказались, что они и сами бы порекомендовали для купли-продажи автомобиля именно Avito.ru, если бы у них спросили об этом в настоящий момент.

За годы монополизма Avito.ru смог сформировать у значительного количества людей в регионе определенные типизации [6], то есть, устойчивые представления о единственно верном решении — объективном и очевидном. Эта типизация передается в межличностном общении и фиксируется у людей, не обладающих таким опытом. Однако в реальности это ощущение рациональности оказывается следствием слияния типизаций множества людей. Таким образом, складывается тот самый интересубъективный мир, когда человеку кажется, что какое-либо действие единственно верно, потому что так делают все вокруг. Тем самым он повторяет его и способствует тому, чтобы его повторили другие. Мы считаем, что за счет этого явления на данный момент и воспроизводится популярность Avito.ru как доминирующей площадки для купли-продажи автомобиля.

Результаты цикла интервью в «Центральной России»

Под центральными регионами России мы подразумеваем жителей Центрального федерального округа и ближайших соседствующих территорий. Именно в этом макрорегионе сосредоточено наибольшее количество автомобилей [22], уровень урбанизации и автомобилизации выше среднего по стране [19], что обуславливает интерес к подержанным автомобилям и делает выбор площадки для его поиска и продажи актуальной задачей.

Проведенный цикл интервью продемонстрировал, что наиболее востребованными и приоритетными платформами выступают Auto.ru и Avito.ru. В апреле 2024 г. на них приходится около 95 % от общего количества опубликованных объявлений. Большинство респондентов указали, что пользуются Auto.ru как для поиска автомобилей, так и для публикации объявлений.

При этом данный макрорегион является единственным, где большинство респондентов четко выделили наличие двух платформ, к которым они обратились бы одновременно как при покупке, так и при продаже. Причинами подобной дихотомии, вероятно, стали два параллельных процесса формирования потребительских типизаций. Первая — для Auto.ru: за счет лидирования на отечественном рынке автомобильных интернет-классифайдов сервис смог за годы монополизма сформировать устойчивое представление о безальтернативности платформы. Вторая — для Avito.ru: из-за преобладания на рынке универсальных интернет-классифайдов и наличия более многочисленной аудитории площадка также возымела успех. Один из респондентов указал: «Я всё-таки считаю, что на “Авито” больше людей сидит. На “Авто.ру” вот только



машины продаются, а на “Авито” всё, что угодно. Человек вроде бы прямо сейчас машину не ищет, но вот мое объявление увидел и решил, что это ему нужно» (Алексей, Москва, 36 лет).

Результаты цикла интервью в Сибири

Под Сибирью мы подразумеваем Сибирский Федеральный Округ и ближайшие к нему населенные пункты.

Потребительские предпочтения в субъектах Сибири имеют значительные смещения относительно более западных регионов.

Большинство респондентов высказывалось, что именно Drom.ru является той площадкой, которая поможет успешно решить их задачи как по покупке автомобиля, так и по его продаже. Drom.ru рассматривает как наиболее приоритетную платформу около 70 % опрошенных. Остальные информанты также положительно отзываются о данной площадке, но сами в первую очередь обратились бы для решения своей проблемы к Auto.ru. Никто из опрошенных респондентов не обозначил Avito.ru как приоритетную платформу. Отметим эту особенность: для субъектов Сибири актуальна позиция по разделению площадок для поиска и продажи автомобилей и всего остального. Так, абсолютное большинство опрошенных указали, что активно используют сервис Avito.ru для продажи и покупки личных вещей, одежды, услуг, недвижимости и аксессуаров для автомобилей, но не рассматривают его как площадку для купли-продажи автомобиля.

По субъективным оценкам респондентов, в Красноярском Крае и Новосибирской области, Drom.ru занимает 75–80 % рынка интернет-платформ для купли-продажи автомобиля. Именно фактор *ощущения* преобладающей популярности платформы среди опрошенных, можно выделить как основной при выборе платформы для купли-продажи автомобиля во всех регионах.

В данном случае в проблему потребительских предпочтений вмешиваются социально-исторический и географический контекст. В конце XX в. в сибирских регионах привоз праворульных автомобилей из Японии стал популярным явлением. В начале 2000-х гг. появляется сервис AUTO.VL.RU. Эта площадка изначально создавалась как региональный сервис для обсуждения, поиска и продажи именно автомобилей из Японии на Дальнем Востоке. В середине 2000-х гг. сервис меняет название на привычный Drom.ru и начинает распространять свою работу так же и в Сибири, а еще позже – в остальной России. Находясь в географическом центре, сибирские регионы могли стать зоной интереса Auto.ru, который к тому моменту был достаточно популярной площадкой в центральных регионах страны, но, по всей видимости, сыграл фактор популярности праворульных автомобилей в регионе и ориентации сервиса Drom.ru именно на них. Таким образом, на заре возникновения данного рынка его занял сервис, более отвечающий потребностям потребителей в регионе.

За годы существования сервиса, согласно ответам опрошенных, ему удалось сформировать соответствующую типизацию: «хочешь про-



дать или купить автомобиль — иди к Drom.ru, так делают все», создавая определенную интерсубъективную реальность в рассматриваемом регионе и привлекая все новую аудиторию. Эта типизация оказалась достаточно прочной, так как другой федеральный игрок — Auto.ru, — обладая большими ресурсами для продвижения, так и не смог ее деформировать. Однако вполне вероятно в ближайшем будущем трансформация рынка и смещение Drom.ru с позиции абсолютного лидера в сторону более сопоставимого разделения аудитории сразу между тремя платформами.

Таким образом, потребительские предпочтения при выборе интернет-платформы для купли-продажи автомобиля в сибирских регионах завязаны на представлениях о рациональном выборе, который в то же время напрямую определяется социально-историческим и географическим контекстом и появившимися в ходе его течения прочными типизациями.

Результаты цикла интервью на Дальнем Востоке

До проведения цикла интервью с жителями регионов Дальнего Востока (подразумеваем Дальневосточный федеральный округ) мы исходили из положения, что поведение потребителя будет аналогично Сибири. Это оказалось лишь частично верным. Исходя из ответов респондентов, можно сделать вывод, что наиболее предпочитаемой платформой жители Дальнего Востока считают Drom.ru. В то же самое время, сайт Avito.ru так же оказался значимой площадкой для публикации объявлений о продаже автомобилей. О причинах этого будет сказано далее. Сервис Auto.ru как приоритетная платформа не был обозначен ни одним из опрошенных.

Отметим пространственную специфику региона — это пограничные территории, ведущие активную морскую торговлю со странами Азии, в первую очередь, если речь идет про автомобили, с Японией и Южной Кореей, а также в настоящий момент — с Китаем. Город Владивосток выступает крупнейшим хабом в России в сфере реализации автомобилей из Японии и Кореи. Исходя из значимости данной сферы для региона, перепродажа автомобилей на рынке западных территорий России является достаточно популярным способом заработка. Этот фактор оказался крайне важным при определении потребительского выбора.

Абсолютное большинство респондентов обозначило, что платформа Drom.ru для них наиболее предпочтительная как для продажи, так и для поиска автомобиля. Причины ее выбора во многом аналогичны ответам из сибирских регионов. Основные из них — популярность платформы и большое количество аудитории и сервиса по продаже автозапчастей.

Однако, несмотря на достаточно однозначное положительное отношение к площадке Drom.ru, ряд пользователей отметил, что так же активно пользуется Avito.ru, особенно для продажи автомобилей. От них были получены следующие ответы: «Авито используют очень много людей по России, мы же очень много автомобилей продаем в реги-



оны, вот поэтому и публикуемся там обязательно, чтобы как можно больше людей охватить» (Николай, 35 лет, эксперт, Владивосток). От непрофессионалов так же были получены ответы, отсылающие к популярности Avito.ru в других регионах: «Вот я хочу продать автомобиль быстрее. “Дром”, знаю, на западе не так популярен, а хорошую машину там купят, даже праворукую, поэтому там тоже опубликуюсь, как и на “Дроме”» (Владимир, 31 год, Владивосток). Таким образом, можно предположить, что Avito.ru рассматривается жителями дальневосточных регионов как важный канал для более быстрой реализации собственного автомобиля за счет привлечения потенциальных покупателей из более западных регионов России. При этом жители Дальнего Востока практически указали Avito.ru как значимую платформу для поиска автомобилей.

Это свидетельствует о том, что приобретение автотранспорта на Дальнем Востоке завязано в основном на собственном регионе и привозе автомобилей из Японии и Кореи, а его продажа как востребованный способ заработка ориентирована также и на западный рынок. Такой специфической картиной поведения при покупке и продаже в рамках проведенного цикла интервью обладает только Дальний Восток.

Заключение

Во всех регионах, где был проведен цикл интервью, наиболее авторитетным каналом получения информации о рекомендуемом автомобильном интернет-классифайде являются рекомендации знакомых, обладающих личным опытом. Именно его наличие выступает как главный маркер компетенции советующего человека, степень близости имела второстепенное значение. Рекламные материалы самими респондентами не рассматриваются как фактор, влияющий на выбор платформы.

Цикл интервью показал, что индивид полагает, что ведет себя рационально: он выбирает площадку, на которой, по его мнению, он сможет продать или купить авто быстрее и комфортнее всего. Это ответ абсолютного большинства опрошенных во всех регионах. Однако в зависимости от региона таковой платформой становится не та, что обладает лучшим набором функций, а та, которая определяется большинством как наиболее популярная площадка.

Анализируя пространственные особенности в потребительских предпочтениях, можно прийти к следующим выводам (рис.). Avito.ru является безусловным лидером по общему количеству объявлений, одновременно занимая положение как наиболее предпочтительный автомобильный онлайн-классифайд в центральной России, южных регионах страны, и выступает абсолютным монополистом в Калининградской области. Однако с движением на восток популярность сервиса снижается, и он становится второстепенным, начиная от Урала, исключение — Владивосток. Auto.ru занимает схожее положение, имея сопоставимую с Avito.ru популярность среди пользователей центральной России, однако проигрывает в южных регионах и не имеет влияния на Калинин-

градскую область. В то же время востребованность сервиса на востоке сохраняется дольше, вплоть до Красноярского края. Drom.ru является абсолютным лидером на Дальнем Востоке и в Сибири, в районе Урала лидерство трансформируется в паритет, а далее на запад платформа значительно теряет позиции.

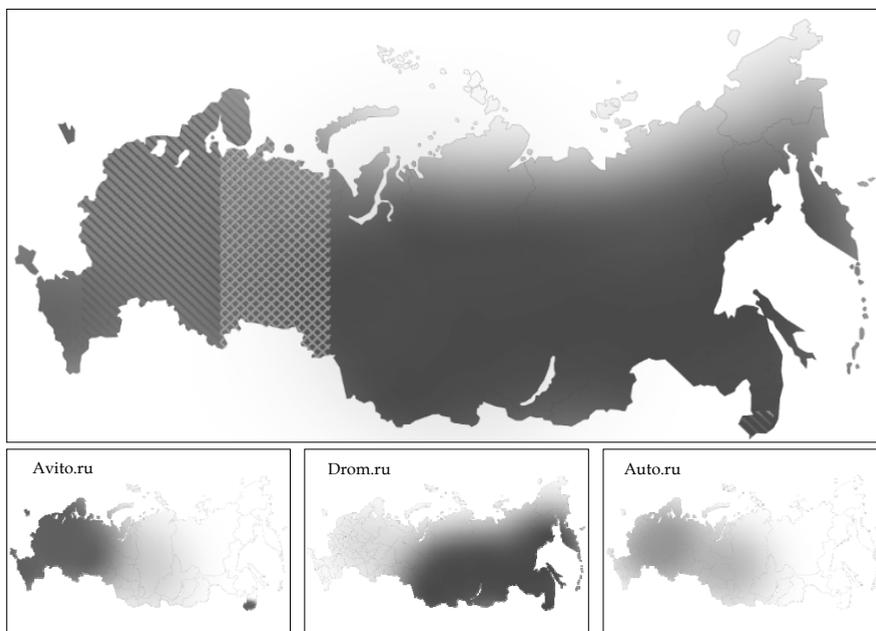


Рис. Пространственное распределение потребительских предпочтений при выборе автомобильного онлайн-классифайда.

Сплошной цвет – доминирование одного классифайда в регионе; линейная штриховка – зоны одновременного лидерства нескольких сервисов; клеточная штриховка – зона наибольшей конкуренции между сервисами (количество опубликованных объявлений примерно равнозначно). Ниже указаны те же зоны популярности в отдельности

Доказательством приведенных выводов также служит сопоставление количества опубликованных объявлений о продаже автомобилей на трех исследуемых классифайдах в разных регионах России. Приведем такие данные случайно выбранных субъектов РФ в рамках рассматриваемых нами макросубъектов на начало ноября 2022 г. и апреля 2024 г. (табл. 4).

Представленную информацию можно использовать для отслеживания динамики популярности сервисов в конкретных регионах, поскольку разное количество объявлений в одном и том же регионе свидетельствует о степени востребованности сервиса у потребителя. Мы видим, что с запада на восток выбор площадок для публикации значительно видоизменяется и согласуется с данными, полученными в результате цикла глубинных интервью.



**Количество объявлений о продаже автомобиля,
опубликованных на онлайн-классифайдах в разных регионах РФ
на ноябрь 2022 г. и апрель 2024 г., шт.**

Год	Онлайн-классифайд	Калининградская область	Московская область (ЦФО)	Красноярский Край (СФО)	Приморский Край (ДВФО)	Суммарно по РФ
2022	Auto.ru	2305 (16,3)	110097(32,6)	10650(17,6)	7226 (7,4)	419454
	Avito.ru	10658 (76,1)	169950(50,3)	21325(35,3)	46351 (47,4)	741351
	Drom.ru	1062 (7,6)	57376(17,1)	28411 (47,1)	44155 (45,2)	604313
2024	Auto.ru	1742(10,7)	121348 (36,5)	9947 (18,6)	19632 (26,4)	506072
	Avito.ru	13695 (83,9)	146692 (44,2)	18147 (34,1)	17832 (24)	763079
	Drom.ru	882(5,4)	64165(19,3)	25245 (47,3)	36850 (49,6)	602915

Примечание: в скобках указаны те же значения в процентах от общего количества публикаций о продаже в регионе на всех трех платформах.

Рассмотрение пространственных особенностей на основе анализа цифрового поведения потребителя вполне допустима, что подтверждает ряд научных работ [17; 18].

Результаты исследования показывают, что успех определенной площадки складывается в результате взаимодействия географических особенностей региона и возникающего в связи с этим социально-исторического контекста автомобильного рынка, специфики интернет-пространства (наличие локальных интернет-классифайдов), борьбы между конкурентами (или ее отсутствием) в конкретном регионе. Анализ вторичных данных и ответов информантов свидетельствует о том, что та площадка, которая появилась в регионе раньше других и смогла захватить рынок интернет-продаж автомобилей на этапе его формирования, на текущий момент также является лидером в своей сфере несмотря на то, что функционально может незначительно проигрывать конкурентам. Это первенство сохраняется за счет сложившихся типизаций жизненного мира, которые достаточно прочно воспроизводятся в обществе региона. Они представляют собой следствие локальных пространственных особенностей, социально-исторического контекста и экономических интересов самих интернет-классифайдов в каждом регионе.

Список литературы

1. *Авито Авто* – платформа №1 для покупки и продажи автомобилей. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/52133/> (дата обращения: 25.04.2024).



2. *Авито* Авто признан автовладельцами лучшим онлайн-сервисом для покупки и продажи автомобилей. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/56709/> (дата обращения: 06.03.2024).

3. *Автовладельцы* выбрали самый популярный онлайн-сервис для покупки и продажи автомобилей. URL: <https://www.autostat.ru/articles/56708/> (дата обращения: 03.03.2024).

4. Антисенская Е. А., Поплавских Е. С. Технологии HR-брендинга на автомобильном рынке // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. 2021. №4. С. 245–257. doi: 10.15593/2224-9354/2021.4.17. EDN: SSZDKA.

5. Бабурин В. Л., Земцов С. П. Регионы-новаторы и инновационная периферия России. Исследование диффузии инноваций на примере ИКТ-продуктов // Региональные исследования. 2014. №3 (45). С. 27–37. EDN: SYCOYR.

6. Бергер П. Социальное конструирование реальности: Трактат по социол. знания. М., 1995.

7. Воловская Н. М., Идрисова А. И. Предпочтения потребителей: понятие, теоретические подходы // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. №4-1 (62). С. 73–75. doi: 10.24411/2411-0450-2020-10259. EDN: BVGXFX.

8. Голубовская О. Л. Региональная идентичность как фактор, влияющий на потребительский выбор (на примере Пензенской области) // Известия ведущих учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. 2011. №3. С. 74–81. EDN: ОКМІКР.

9. Готовы ли россияне к покупке автомобиля в 2022 году? URL: <https://www.autostat.ru/infographics/51422/> (дата обращения: 27.04.2024).

10. Ерохина Л. Д., Федоров А. А. Влияние социальных он-лайн медиа на потребительские предпочтения молодежи возрастной категории 22–25 лет // Социодинамика. 2022. №9. С. 1–9. doi: 10.25136/2409-7144.2022.9.38660. EDN: ОКЕНЈQ.

11. Земцов С. П., Бабурин В. Л. Моделирование диффузии инноваций и типология регионов России на примере сотовой связи // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017. №4. С. 17–30. doi: 10.7868/S0373244417100024. EDN: ZCICST.

12. Земцов С. П., Бабурин В. Л. Нужна ли география инноваций в России как научная и учебная дисциплина? // Региональные исследования. 2017. №2 (56). С. 114–123. EDN: ZDRFEF.

13. Как Avito.ru, Drom.ru и Auto.ru делят автомобильную Россию. URL: <https://roem.ru/14-07-2015/199626/avito-drom/> (дата обращения: 17.04.2024).

14. Как отличаются покупатели новых и подержанных автомобилей? URL: <https://www.autostat.ru/infographics/48871/> (дата обращения: 03.04.2024).

15. Какие сайты для продажи автомобилей популярны у россиян? URL: <https://www.autostat.ru/infographics/39953/> (дата обращения: 26.03.2024).

16. Кононенко Р. В. Стилевые особенности автомобильного потребления: объективные и субъективные аспекты // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Сер.: Социальные науки. 2010. №1. С. 27–34. EDN: МТJLCL.

17. Михайлова А. А., Хвалей Д. В. География цифрового населения России: построение 3D-модели // Четвертая зимняя школа по гуманитарной информатике. 2020. С. 3–9. EDN: СЕGKOD.



18. Михайлова А. А., Хвалец Д. В. География «цифровых следов» калининградцев в приграничье Польши и Литвы: результаты контент-анализа // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2022. №2. С. 30–45. EDN: VCLPCG.

19. На 1 тысячу россиян приходится 322 легковых автомобиля. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/57413/> (дата обращения: 06.05.2024).

20. На каких классифайдах происходят продажи автомобилей? URL: <https://www.autostat.ru/infographics/46229/> (дата обращения: 06.05.2024).

21. На каких сайтах стоит продавать авто? ИД «За рулем». 2020 г. URL: <https://zr.ru.turbopages.org/zr.ru/s/content/news/924851-kakie-sajty-ispolzuem-dlya-pro/> (дата обращения: 28.04.2024).

22. Названы регионы РФ с парком более 1 млн машин. 2024 г. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/57313/> (дата обращения: 19.04.2024).

23. Онлайн-платформы и базы данных: Авито Авто – самая безопасная, Автотека – самая популярная. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/53450/> (дата обращения: 25.12.2023).

24. Онлайн-сервисы, которым доверяют россияне при покупке/продаже автомобилей. 2022 г. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/52031/> (дата обращения: 23.12.2022).

25. Эксперты провели анализ и составили марочную структуру автопарка РФ. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/57287/> (дата обращения: 16.04.2024).

26. Продажи новых легковых автомобилей в России в 2023 году и в декабре. URL: <https://www.autostat.ru/press-releases/56543/> (дата обращения: 02.04.2024).

27. Продать и не прогадать: какие сайты нам помогут? Опрос ЗР. URL: <https://www.zr.ru/content/news/910888-prodat-i-ne-progadat-kakie/> (дата обращения: 06.02.2024).

28. СМИ автомобильной отрасли: II квартал 2022. URL: <https://www.mlg.ru/ratings/media/sectoral/11371/> (дата обращения: 27.12.2023).

29. Сорокина Н. В., Алипов Д. В. Средство передвижения и статусной мобильности: Машина в социокультурной перспективе. // Журнал социологии и социальной антропологии. 2013. №3. С. 210–215. EDN: RODCHV.

30. Суздалева Г. Р., Бадамишина А. Р., Ахметова Э. И. Влияние географического фактора на особенности потребительского поведения населения // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2013. №2. С. 62–70. EDN: RTAUPX.

31. ТОП-10 самых популярных автомобилей с пробегом в 2023 году. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/56632/> (дата обращения: 06.04.2024).

32. *Samic Ch., Gross N.* Contemporary development in sociological theory: Current projects and conditions of possibility // Annual Review of Sociology. 1998. №24. P. 453–476. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.24.1.453>.

33. *Katz R., Koutroumpis P., Callorda F. M.* Using a digitization index to measure the economic and social impact of digital agendas // Info. 2014. Vol. 16, №1. P. 32–44. <http://dx.doi.org/10.1108/info-10-2013-0051>.

Об авторе

Палагин Павел Александрович – аспирант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: pavelpalag@yandex.ru



P. A. Palagin

**SPATIAL FEATURES OF AUTOMOBILE ONLINE
CLASSIFIEDS USING IN RUSSIA**

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 09 July 2024

Accepted 23 September 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-2

42

To cite this article: Palagin P. A., 2024, Spatial features of automobile online classifieds using in Russia, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №4. P. 26 – 42. doi: 10.5922/vestniknat-2024-3-2.

The article examines the factors shaping spatial differences in consumer preferences when using online automotive classifieds in Russia. The study employs content analysis of major automotive online platforms – Avito.ru, Auto.ru, and Drom.ru – highlighting the functional comparability of these services. To identify the causes of regional differences, a series of in-depth interviews were conducted with residents from various Russian regions. Additionally, comprehensive and cartographic analysis methods were used to study the spatial component. The study revealed spatial characteristics associated with the use of automotive online classifieds in different macro-regions of Russia. Furthermore, the research identifies key factors influencing spatial differences in consumer behavior: the geographical location of the region, the socio-historical context of the spread of automotive online classifieds, the presence of local alternatives, the economic interest of online services in expanding their activities in specific regions, and the intensity of their advertising campaigns.

Keywords: spatial features, online classifieds, digital services, consumer preferences, Avito.ru, Auto.ru, Drom.ru

The author

Pavel A. Palagin, PhD student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.
E-mail: pavelpalag@yandex.ru

Т. С. Комарницкая

**РАЗВИТИЕ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОГО ТУРИЗМА
В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
(на примере реализации регионального проекта «про возможности»)**

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

Поступила в редакцию 24.06.2024 г.

Принята к публикации 14.10.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-3

Для цитирования: Комарницкая Т. В. Развитие профориентационного туризма в Калининградской области (на примере реализации регионального проекта «ПРО Возможности» // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №4. С. 43–55. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-3.

Сложная ситуация на рынке труда Российской Федерации в целом и по отдельным регионам в частности, заставляет искать новые способы решения проблемы кадрового дефицита. На сегодняшний день нет практически ни одного региона, где с этой проблемой удалось бы справиться. Государственные меры регулирования позволяют наладить различные варианты преодоления нехватки трудовых ресурсов. На территории Калининградской области одним из направлений работы в этой сфере стала реализация профориентационного туристского проекта для школьников. Профориентационный туризм является одним из самых популярных видов образовательного туризма. Его положительное влияние на территориальное и экономическое развитие становится все более очевидным. Проекты профориентации с каждым годом представляют больший интерес не только для органов местного управления, но и для предприятий, функционирующих на территории регионов. Цель данного исследования – проследить динамику трансформации профориентационного проекта Калининградской области «ПРО Возможности». В работе были использованы методы сравнительного анализа для сопоставления ежегодных результатов, картографический метод для наглядной презентации распределения объектов профориентационного туризма на территории области.

Ключевые слова: профориентационный туризм, профориентация школьников, социально-экономическое развитие территорий, кадровая политика, региональная политика

Введение

Устойчивое экономическое развитие территорий – приоритетная задача любого региона, входящего в состав государства. Важнейшим элементом этого устойчивого роста является грамотная демографическая политика, способная обеспечить необходимыми кадрами все име-



ющиеся отрасли хозяйства. Практически в каждом регионе Российской Федерации отмечается дефицит рабочей силы, который осложняет экономическое развитие. За последние несколько лет ситуация особенно усугубилась, что отмечается в исследованиях таких авторов, как М. Е. Баскакова [1], К. Ю. Волошенко [3], И. Жандарова [8], О. А. Колесникова [9; 15], А. Г. Коровкин [10], А. В. Лялина [3; 6; 14], Е. В. Маслова [9; 15], О. И. Морозова [16], И. В. Околелых [9; 15], М. С. Токсанбаева [21], Г. М. Федоров [22], О. П. Чекмарев [23] и др. Главный аспект, на который обращают внимание все исследователи, связан с тем, что кадровый дефицит (дефицит трудовых ресурсов) влечет за собой серьезный дисбаланс в экономике, ведущий к нарушению устойчивого развития и регрессу в хозяйственной деятельности. Иными словами, сколько бы новых предприятий не появлялось, как бы не расширялась хозяйственная деятельность того или иного региона, без полноценного обеспечения трудовыми ресурсами невозможно добиться стойкого экономического роста.

Особенно актуален вопрос об обеспечении кадрами на территории Калининградской области. Согласно прогнозу баланса трудовых ресурсов на период с 2024 по 2026 г., представленному Правительством Калининградской области, основными проблемами рынка труда региона являются:

– дисбаланс спроса и предложения профессионально-квалификационного состава (более 14 тысяч вакансий остаются незанятыми в силу отсутствия квалифицированных специалистов, в то время как имеющиеся кадры не подходят по профессиональной принадлежности);

– дисбаланс в распределении рабочей силы по территории региона (предприятия областного центра и прилегающих территорий фиксируют нехватку профессиональных кадров, в то время как отдаленные территории испытывают переизбыток трудовых ресурсов, занятых преимущественно в сельском хозяйстве) [17].

Активная деятельность правительственных органов федерального, регионального и местного значения направлена на то, чтобы нивелировать сложившийся дисбаланс кадров Калининградской области. С этой целью разрабатываются и внедряются различные программы, например проект федерального значения «Содействие занятости» в рамках реализации национальной программы «Демография». Он же имеет и региональный аналог – проект «Содействие занятости (Калининградская область)». Основная задача всех мероприятий, включенных в проекты, состоит в том, чтобы максимально быстро и эффективно восполнить нехватку трудовых ресурсов. Для этого необходимо соблюдать ряд условий: 1) производить подготовку кадров исключительно исходя из запроса экономики региона (только требующиеся профессии и специальности); 2) организовать процесс переобучения уже имеющихся специалистов по востребованным направлениям; 3) включить безработных граждан в активный процесс подготовки по необходимым специальностям; 4) проработать меры по развитию института самозанятости; 5) найти способы привлечения дефицитных специалистов из других регионов РФ и зарубежных стран (в том числе при помощи мероприятий по репатриации).

Все эти меры в ближайшее время должны позитивно отразиться на состоянии трудовых ресурсов Калининградской области, в том числе и



на основных показателях, к которым относится уровень безработицы. Согласно данным прогноза регионального правительства, к 2026 г. произойдет существенный подъем в некоторых отраслях экономики региона, что отражено на рисунке 1.



Рис. 1. Прогноз роста занятости населения по секторам экономики Калининградской области к 2026 г., %

Источник: составлено на основе данных [17].

На графике отражены основные тенденции экономического развития региона. В частности, самый большой рост ожидается в отраслях информации и связи (+15,2%), а также обрабатывающем производстве (+10,7%), образовании (10,6%) и туристской индустрии (гостиницы и предприятия общественного питания) (+10,3%). Также важно отметить, что в неидентифицированных секторах рост в целом может достигнуть почти 24%. Этот прогноз выглядит достаточно оптимистично, несмотря на то, что возможный подъем не позволит полностью справиться с дефицитом профессиональных кадров. Тем более, что также ожидается и увеличение количества предприятий региона.

Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области опубликовал данные о способах поиска работы в 2023 г., самые популярных из них представлены на рисунке 2.

Можно сделать вывод, что безработные жители Калининградской области в большинстве своем занимаются самостоятельным поиском работы через интернет и СМИ (57,6%), а также через так называемое «сарафанное радио» (друзья, знакомые, родственники) (61,4%). Это значит, что на территории региона плохо развита государственная сфера распределения трудовых ресурсов. Между учебными заведениями и предприятиями области практически отсутствует взаимосвязь по вопросам трудоустройства, а контакты между службой занятости и организациями развиты неполноценно, что не позволяет эффективно выстроить цепочку обеспечения кадрами «от студента к профессиональному работнику». В этих условиях требуется качественно новый подход к фор-

мированию кадрового потенциала региона. Одним из его элементов может стать внедрение программ профориентационной подготовки школьников и молодежи.

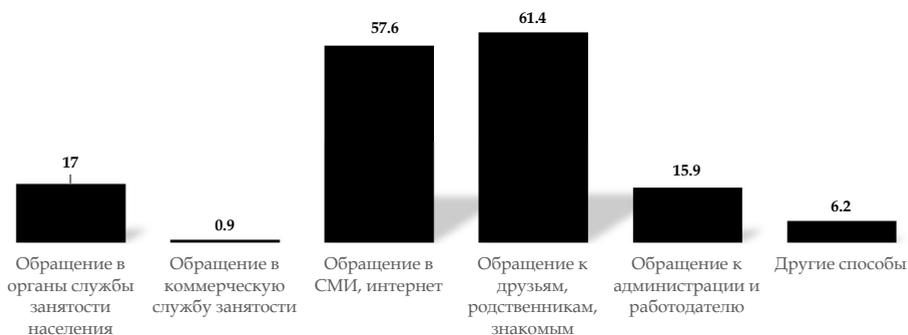


Рис. 2. Способы поиска работы безработными гражданами на территории Калининградской области в 2023 г., %

Источник: составлено на основе данных [8].

Тема профориентации становится все более популярной в современном мире. По-настоящему качественное развитие регионов невозможно представить без подготовки профессиональных кадров, необходимых для обеспечения трудового состава предприятий. При этом в каждом регионе существует своя потребность в молодых специалистах по наиболее активно развивающимся направлениям. В связи с этим большую востребованность получает и профориентационный туризм, который принято включать в состав образовательного туризма как отдельный подвид. Он имеет свои особенности, цели, задачи и методику. Однако до сих пор в научной среде не сложилось единого общепринятого определения профориентационного туризма несмотря на то, что существует большое количество исследований на эту тему. В частности, можно выделить работы таких ученых, как Е. М. Вишневецкая [2], Д. В. Галкин [4], Е. В. Дягилева [5], К. А. Кузнецова [12], О. П. Лукашова [13], Г. В. Струзберг [19], В. И. Тарлавский [20] и др. Каждый из авторов описывает отдельные отличительные черты этого вида туризма.

Принимая во внимание все основные особенности профориентационного туризма, можно охарактеризовать его как форму организации туристской деятельности, направленную на удовлетворение потребностей в информации, связанной с профессиональными возможностями региона, а также с возможностями получения будущей профессии или переквалификации. Основными потребителями продуктов профориентационного туризма являются школьники старших классов, хотя в перспективе большее развитие может получить и направление по переквалификации уже сложившихся специалистов на новый уровень или на другую профессиональную деятельность в смежных или разнонаправленных областях. Можно выделить три уровня заинтересованных лиц. Первый — учащиеся школ, которые не определились с выбором будущей профессии или не имеют представление о ресурсных особенностях региона проживания. Второй — предприятия, испытывающие нехватку



профессиональных кадров, иногда очень узкой специализации. Третий — регион, экономическое развитие которого напрямую зависит от уровня развития тех предприятий, которые находятся на его территории. В соответствии с этим определяется спектр наиболее востребованных направлений, по которым необходимо вести работу.

Практически в каждом регионе Российской Федерации уже активно организован процесс профориентации школьников. Исключением не стала и Калининградская область, испытывающая на сегодняшний момент острую нехватку кадров сразу по нескольким направлениям. Одним из главных инструментов этой работы стал проект Министерства образования Калининградской области «ПРО Возможности», созданный по поручению губернатора в рамках региональной программы патриотического воспитания граждан. Его основная задача — рассказать школьникам про возможности региона, чтобы помочь им определиться с выбором будущей профессии, расширить кругозор, а также повысить мотивацию оставаться учиться и работать в родном крае.

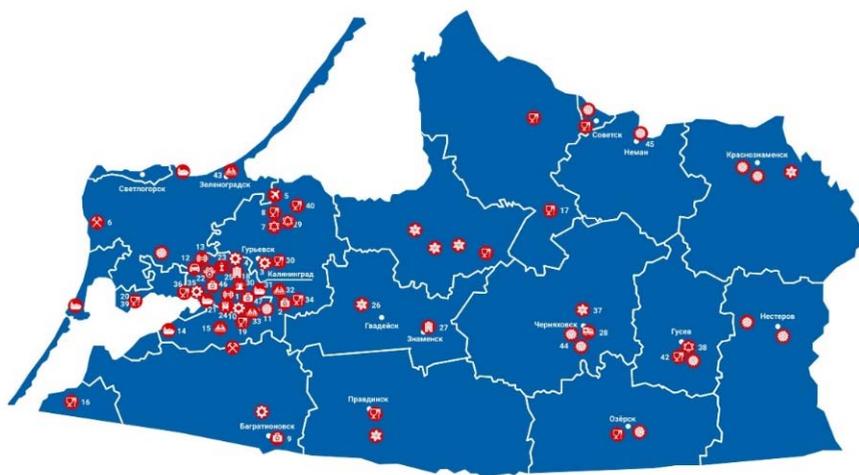
Калининградская область — регион, на территории которого созданы комфортные условия для активного социально-экономического развития передовых предприятий в самых разных сферах: области промышленного производства, сельского хозяйства, пищевой промышленности, судоремонта и судостроения, IT-технологий, сферы услуг, медицины, спорта, туризма и многих других. Поэтому приоритетной задачей является привлечение и подготовка специалистов для них на местном уровне.

Проект в познавательной форме демонстрирует школьникам возможности региона. Во время поездок ребята знакомятся с инновационными компаниями и учебными заведениями, пробуют себя в различных специальностях, общаются с мастерами производств, узнают их секреты. На предприятиях для школьников проводятся интерактивные занятия, мастер-классы и дегустации. Таким образом, создаются все условия, чтобы взглянуть на будущую профессию изнутри, с ее практической стороны.

Проект рассчитан на учащихся среднего и старшего звена, в нем задействованы все муниципальные образования региона. Ребята посещают почти полсотни ведущих предприятий и организаций, а также основные достопримечательности, памятные места и воинские мемориалы в тех городах и поселках, где расположены предприятия. Это позволяет участникам проекта не только познакомиться с социально-экономическим потенциалом своей малой Родины, но и лучше узнать ее историю и географию, почувствовать гордость за достижения знаменитых земляков, выдающихся современников, отдать дань трудовому и фронтовому подвигу предыдущих поколений. Методика проведения каждого профориентационного маршрута включает посещение памятника или мемориала, знакомство с военной историей Калининградской области. Более подробная характеристика проекта собрана в статье Т. В. Комарницкой «Проекты профориентационного туризма в Калининградской области» [11].

За период реализации проекта в 2022 и 2023 г. в нем приняли участие более четырех тысяч школьников Калининградской области из всех ее муниципальных образований. Ребята посетили более 45 ведущих компаний: инновационные промышленные, судостроительные, сельскохозяйственные, радиоэлектронные, а также предприятия космической,

легкой и пищевой промышленности, учреждения культуры и спорта, туристические объекты. Наиболее посещаемыми стали ОКБ «Факел», судостроительный завод «Янтарь», инновационный кластер «Технополис GS», автосборочное предприятие «Автотор», «Продукты Питания», «Залесский фермер», «Фабрика Обсервер», ОАО «РЖД», «Ампертекс». В 2024 г. список предприятий, принимающих школьников, увеличился до 46 пунктов (рис. 3).



Цифрами на карте обозначены:

1. Стадион «Ростех Арена».
2. Федеральный центр высоких медицинских технологий.
3. Машиностроительный завод Grünwald.
4. ОАО «БАЛТКРАН».
5. АО «Аэропорт Храброво».
6. Калининградский янтарный комбинат.
7. ООО «Ампертекс».
8. Производственное предприятие «Поматти».
9. Фармацевтический завод «ИНФАМЕД К».
10. ООО «Калининградский мотозавод».
11. Индустриальный парк «Штальверк».
12. ООО «АВТОТОР».
13. ФОК «АВТОТОР-АРЕНА».
14. ООО «Ушаковские Верфи».
15. ООО «Обсервер».
16. ОАО «Мамоновский Рыбоконсервный комбинат».
17. Агро холдинг «Залесский фермер».
18. Отель «Mercure Kaliningrad».
19. ООО «Продукты питания».
20. Рыбокомбинат «За Родину».
21. АО «ПСЗ «Янтарь»».
22. МАУК «Калининградский зоопарк».
23. ООО «1С-Битрикс».
24. ОАО «Российские железные дороги».
25. Отель «Radisson Blu Калининград».
26. Питомник «Калинково».
27. База отдыха «Ферма Тюниных».
28. ООО «Новик логистик».
29. АО «Отисифарм Про».
30. ФПС ППС ГУ МЧС России по Калининградской области.
31. АО «Калининградский морской торговый порт».
32. Мебельная фабрика «Лазурит».
33. Мебельная фабрика «Максик».
34. Агро холдинг «Мираторг».
35. АО «Русский хлеб».
36. КФХ «Калина».
37. Инновационный кластер «Технополис GS».
38. ГК «Содружество».
39. Сыроварня «Шаакен Дорф».
40. ООО «Гурьевская птицефабрика».
41. ООО «Гусевмолоко».
42. ГРЦ «PARADOX».
43. Производственный комплекс «Энкор».
44. Гигафабрика «Росатом».
45. Онкологический центр Калининградской области.
46. Стоматологическая клиника «Центродент».

Рис. 3. Карта предприятий, участвующих в проекте «ПРО Возможности» в 2024 г.

Источник: [18]



В 2023 г. в проект включены установочные уроки, которые проводятся накануне экскурсий сотрудниками Калининградского областного центра экологии, краеведения и туризма. Тем самым подчеркивается не развлекательный, а образовательный характер программы. В 2024 г. эта работа была продолжена, постепенно происходит накопление методической базы для проведения таких занятий с учетом расширения специализации включенных объектов.

Из года в год продолжает фиксироваться рост перечня отраслей народного хозяйства и предприятий, принимающих участие в проекте «ПРО Возможности» (рис. 4). По итогам 2024 г. данный список тоже должен пополниться. Это связано с тем, что в области продолжает нарастать острая нехватка специализированных профессиональных кадров, которые не могут быть в нужном количестве привлечены из других регионов. Единственным доступным способом является подготовка трудовых резервов «на местах», то есть внутри области с непосредственным содействием предприятий различных отраслей. Таким образом, становится ясна очевидная заинтересованность не только подрастающего поколения в выборе будущей профессии, но и предприятий в подготовке квалифицированных кадров.

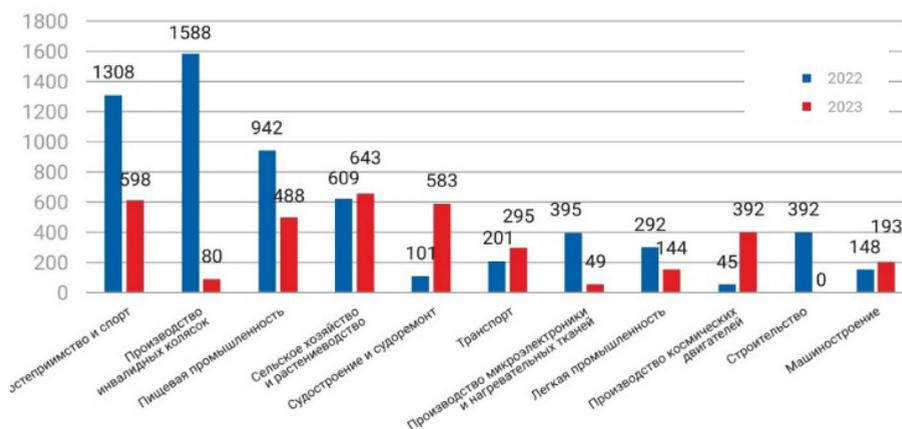


Рис. 4. Перечень отраслей народного хозяйства и предприятий, принимавших участие в проекте «ПРО Возможности» в период с 2022 по 2023 г.

Источник: составлено на основе данных [18].

Важной отличительной особенностью проекта «ПРО Возможности» стало выделение приоритетных региональных направлений: медицинского, космического и судостроительного. Для каждого из них разработаны собственные уникальные маршруты, а перечень посещаемых предприятий состоит только из профильных организаций. В рамках медицинского направления для школьников проводятся экскурсии в Федеральном центре высоких медицинских технологий (Кардиоцентр), АО «Отисифарм», ООО «ИНФАМЕД К», стоматологическом центре «Центродент», а совсем скоро после запуска в эксплуатацию для них откроет двери также и Онкологический центр Калининградской области.



Космическое направление предусматривает посещение ОКБ «Факел» и его филиалов. Судостроительное направление познакомит школьников с ПСЗ «Янтарь», ООО «Ушаковские верфи», ООО «Кливер», судоремонтным заводом «Преголь», ООО «Фишеринг сервис», ООО «Глобал-Флот», ООО «Светловский судоремонтный завод».

Примечательно и то, что выбранные векторы будут соответствовать направлениям обучения в профильных классах школ Калининграда и области. Так, в 2023/24 и 2024/25 учебных годах медицинское направление охватит 8 учебных заведений из 3 муниципальных образований. Космическое направление задействует 9 учебных заведений в 4 муниципальных образованиях, число участников — 387 человек. Судостроительное направление рассчитано на 14 учебных заведений в 5 муниципальных образованиях и предоставляет места 564 участникам. Таким образом, проект становится более ориентированным на региональные потребности. Также углубляется и сама подготовительная работа с будущими профессионалами.

Ежегодно отмечается рост количества школьников, принявших участие в проекте. В основном это происходит за счет активного привлечения учащихся из муниципальных образований (рис. 5).

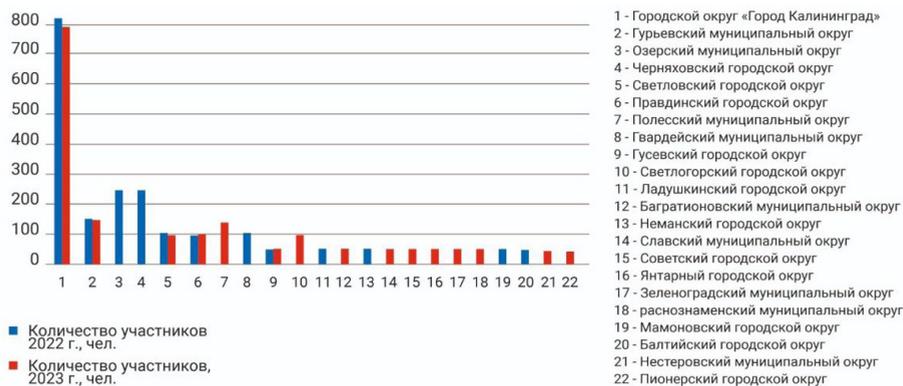


Рис. 5. Динамика вовлечения учащихся Калининградской области в проект профориентации школьников «ПРО Возможности» в 2022–2023 гг. по муниципальным образованиям

Источник: составлено на основе данных по [18].

По итоговому результату работы в 2024 г. ожидается количественный прирост участников за счет внедрения трех новых профильных маршрутов. Также планируется продолжить включение в проект новых муниципальных образований Калининградской области и расширять количественное и качественное взаимодействие с уже имеющимися.

Таким образом, профориентационный проект «ПРО Возможности» продолжает свою успешную реализацию на территории Калининградской области. За два года его существования уже накоплен положительный опыт и приняты решения для его трансформации под текущие условия экономического развития региона. Программа успела стать



популярной среди школьников и востребованной со стороны предприятий. Отмечена также и его высокая степень корреляции с текущими нуждами области. Ежегодно происходит его коррекция и дополнение в соответствии с приоритетами развития. Полномасштабную оценку и анализ реализации проекта можно будет сделать не ранее, чем через пять лет, когда нынешние школьники завершат свое профессиональное обучение и займут рабочие места на предприятиях региона. Однако уже сейчас по результатам обязательного анкетирования школьников до и после участия в программе отмечается повышение интереса к местным производственным комплексам и трудовым возможностям области. Растет заинтересованность в получении образования по тем специальностям, где существует острая нехватка кадров, что говорит об эффективности проводимой работы и соответствии ее запросам экономического развития региона.

В 2024 г. проект «ПРО Возможности» вышел в финал престижной национальной премии «Россия — мои горизонты», учрежденной Министерством Просвещения РФ и направленной на выявление, поддержку и поощрение лучших инициатив, проектов и достижений в области профориентации, которые помогают школьникам определиться с выбором будущей профессии. По итогам оценки жюри проект «ПРО Возможности» был отмечен дипломом финалиста в номинации «Лучший проект в сфере дополнительного образования».

Заключение

Несмотря на успешную реализацию проекта, следует отметить также и те трудности, с которыми приходится сталкиваться в ходе его осуществления. Среди них можно выделить следующие: отсутствие идеально выстроенной логистики при составлении некоторых маршрутов, связанной с недостатком размещения промышленных предприятий в отдельных муниципальных образованиях; дефицит квалифицированного персонала на промышленных предприятиях и в медицинских учреждениях, который может привлекаться к организации и проведению экскурсионных программ для школьников. Посещения проходят в рабочее время, когда сотрудники заняты своей основной работой и вынуждены отвлекаться от выполнения служебных обязанностей для того, чтобы полноценно знакомить школьников с особенностями производственного процесса.

Тем не менее положительный отклик со стороны не только участников, но и представителей предприятий позволяет сделать вывод о необходимости продолжения начатой работы. В 2024 г. в Калининградской области, как и на территории всех остальных субъектов РФ, введен курс профориентационного минимума «Россия — мои горизонты». Продолжают появляться новые профильные классы — наряду с космическими, судостроительными, психолого-педагогическими и медицинскими, в этом году открыты туристические, аграрные и медиаклассы. Это значит, что профориентационные экскурсионные программы могут дополнить образовательный процесс. Развитие проекта «ПРО Возможности» связано с внедрением единой модели профориентации в регионе.



В дальнейшие планы программы входит расширение спектра направлений и маршрутов, подключение к работе большего количества предприятий города и области, а также активное сотрудничество с учебными заведениями, занимающимися подготовкой профессиональных кадров (техникумы, колледжи, ВУЗы и пр.). Особо важное значение имеет корреляция в разработке маршрутов с кадровыми потребностями региона. В будущем планируется продолжить знакомство с теми отраслями и предприятиями, которые испытывают наиболее острый дефицит кадров.

Исследование было поддержано из средств программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» БФУ им. И. Канта.

52

Список литературы

1. Баскакова М. Е. Потенциальная рабочая сила современной России: социально-демографический портрет и уровень образования // Социально-трудовые исследования. 2022. №3 (48). С. 105–117. doi: 10.34022/2658-3712-2022-48-3-105-117. EDN: ZDNOIR.
2. Вишневецкая Е. М., Иванова А. М. Профорентация как мотивационный фактор подготовки студентов-переводчиков // Педагогический журнал. 2017. Т. 7, №5А. С. 124–134. EDN: YQVQIC.
3. Волошенко К. Ю., Лялина А. В., Фарафонова Ю. Ю., Новикова А. А. Профессиональные факторы и механизмы привлечения в Калининградскую область мигрантов из регионов России // Регионоведение. 2023. Т. 31, №1. С. 143–165. doi: 10.15507/2413-1407.122.031.202301.143-165. EDN: FXJKJA.
4. Галкин Д. В. Профессиональная ориентация и проблемы формирования кадрового потенциала промышленных предприятий в условиях моногорода (на примере АО «УПКБ «Деталь») // Управленческое консультирование. 2017. №3. С. 105–114. EDN: YRLGHT.
5. Дягилева Е. В. Профорориентационный туризм как отдельно развивающаяся часть образовательного туризма // Природное и культурное наследие: междисциплинарные исследования, сохранение и развитие : монография по материалам VI междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2017. С. 314–316. EDN: ZWVJKR.
6. Емельянова Л. Л., Лялина А. В. Рынок труда эксклавной Калининградской области в условиях пандемии COVID-19 // Балтийский регион. 2020. Т. 12, №4. С. 61–82. doi: 10.5922/2079-8555-2020-4-4. EDN: DRMHKM.
7. Жандарова И. Исследование: В России нет регионов с избыточными трудовыми ресурсами. URL: <https://rg.ru/2023/07/26/kak-bez-ruk.html?ysclid=lv-84figno800533749> (дата обращения: 22.04.2024).
8. Информационно-аналитические материалы. Занятость и безработица в Калининградской области // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области : [офиц. сайт]. URL: https://39.rosstat.gov.ru/trud_IAM?ysclid=lv-6emhfe8456118574 (дата обращения: 23.04.2024).
9. Колесникова О. А., Маслова Е. В., Околелых И. В. Кадровый дефицит на современном рынке труда России: проявления, причины, тренды, меры преодоления // Социально-трудовые исследования. 2023. №4 (53). С. 179–189. doi: 10.34022/2658-3712-2023-53-4-179-189. EDN: DLOSFN.



10. Комарницкая Т. В. Проекты профориентационного туризма Калининградской области // Современные проблемы сервиса и туризма. 2023. Т. 17, №4. С. 86–95. doi: 10.5281/zenodo.10396347. EDN: JQIATB.

11. Коровкин А. Г., Долгова И. Н., Королев И. Б., Сеница А. Л. Оценка напряженности на рынке труда: региональный и отраслевой аспекты // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2020. №18. С. 449–465. doi: 10.47711/2076-318-2020-449-465. EDN: TQCTTA.

12. Кузнецова К. А. Перспективы развития профориентационного туризма // Перспективы развития туризма, рекреации и сферы услуг на международном и региональном уровнях : материалы междунар. науч.-практ. интернет-конф. Донецк, 2016. С. 99–102.

13. Лукашова О. П., Долженкова К. Д., Хворостов И. Н. Образовательный туризм как элемент профориентационной работы // Образовательный туризм в школе и вузе : сб. ст. по материалам II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, М., 2022. С. 12–16. EDN: FWIZWQ.

14. Лялина А. В. Межрегиональные и межстрановые «перетоки» трудовых ресурсов в Калининградскую область: факторы и векторы в современном евразийском контексте // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2018. №4. С. 47–64. EDN: YVBBXF.

15. Маслова Е. В., Колесникова О. А., Околелых И. В. Сдвиги на рынке труда в условиях санкционного давления и необходимые направления его регулирования // Экономика труда. 2023. Т. 10, №1. С. 27–46. doi: 10.18334/et.10.1.116949. EDN: SPMBUE.

16. Морозова О. И., Семенихина А. В. Проблемы кадрового дефицита в условиях цифровой экономики // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. №6-4 (96). С. 93–97. doi: 10.23670/IRJ.2020.96.6.130. EDN: EAOVFG.

17. Прогноз баланса трудовых ресурсов Калининградской области на 2024–2026 годы // Правительство Калининградской области : [офиц. сайт]. URL: https://gov39.ru/working/biznesu/zanyatost/prognoz_balansa/?ysclid=lvca142o-io717841873 (дата обращения: 23.04.2024).

18. Проект «ПРО Возможности». Калининградский областной детско-юношеский центр экологии, краеведения и туризма. URL: <https://ecocentr39.ru/npravleniya/PRO%20%D0%92%D0%9E%D0%97%D0%9C%D0%9E%D0%96%D0%9D%D0%9E%D0%A1%D0%A2%D0%98/> (дата обращения: 15.03.2024).

19. Струзберг Г. В. Промышленный туризм в системе профориентационной работы вуза // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-практ. конф. 2017. С. 2083–2087. EDN: YKCVRZ.

20. Тарлавский В. И. О механизмах актуализации ресурсов среды профориентационного потенциала региона // Профессиональное образование и занятость молодежи: XXI век цифровое образование: от прогнозов к реальности : материалы междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. 21–22 апреля 2021 года. Ч. 1. Кемерово, 2021. С. 151–154. EDN: UAXFJU.

21. Токсанбаева М. С., Попова Р. И. Трудовые ресурсы как характеристика трудового потенциала и их структура // Народонаселение. 2022. Т. 25, №4. С. 151–162. doi: 10.19181/population.2022.25.4.13. EDN: UAPDEV.



22. Федоров Г. М. Эффективные трудовые ресурсы как фактор развития Калининградской экономики // Балтийский Регион. 2015. №1 (23). С. 101–116. doi: 10.5922/2074-9848-2015-1-6. EDN: YFEYUA.

23. Чекмарев О. П., Ильвес А. Л., Конев П. А. Занятость и дефицит кадров в России в условиях санкционного давления: факторный анализ предложения труда // Экономика труда. 2023. Т. 10, №4. С. 475–496. doi: 10.18334/et.10.4.117602. EDN: LYUOEK.

Об авторе

Татьяна Викторовна Комарницкая – аспирант, БФУ им. И. Канта, Калининград, Россия.

E-mail: tkomarnitskaya@mail.ru

SPIN-код: 4530-1305

54

T. V. Komarnitskaya

DEVELOPMENT OF CAREER GUIDANCE TOURISM IN THE KALININGRAD REGION (on the example of the implementation of the regional project “pro possibilities”)

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 24 June 2024

Accepted 14 October 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-3

To cite this article: Komarnitskaya T. V., 2024, Development of career guidance tourism in the Kaliningrad region (on the example of the implementation of the regional project “PRO Possibilities”), *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №4. P. 43–55. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-3.

The challenging situation in the labor market of the Russian Federation, both nationwide and in individual regions, necessitates the search for new solutions to address workforce shortages. Currently, there is virtually no region where this problem has been fully resolved. Government measures have made it possible to establish various approaches to overcoming labor resource shortages. In the Kaliningrad region, one such initiative has been the implementation of a career-guidance tourism project for school students. Career-guidance tourism is among the most popular forms of educational tourism, and its positive impact on territorial and economic development is becoming increasingly evident. Career guidance projects are attracting growing interest not only from local governments but also from businesses operating in the regions. The goal of this study is to track the dynamics of the transformation of the Kaliningrad region's career-guidance project “PRO Opportunities.” The study employed comparative analysis methods to assess annual results and cartographic methods for a visual presentation of the distribution of career-guidance tourism sites across the region.

Keywords: career guidance tourism, career guidance for schoolchildren, socio-economic development of territories, personnel policy, regional policy



The author

Tatyana V. Komarnitskaya, PhD Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.

E-mail: tkomarnitskaya@mail.ru

SPIN-код: 4530-1305

З. В. Костяшова

ПРИНЦИПЫ И СИСТЕМЫ КОММЕРЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЯНТАРЯ С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО СОВРЕМЕННОСТИ

Калининградский областной музей янтаря, Калининград, Россия

Поступила в редакцию 17.07.2024 г.

Принята к публикации 14.10.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-4

56

Для цитирования: Костяшова З. В. Принципы и системы коммерческой классификации янтаря с древнейших времен до современности // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №4. С. 56 – 71. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-4.

Классификация янтаря имеет большое значение для его изучения, добычи, использования в ювелирном и янтарном искусстве, различных отраслях промышленности и торговле. В статье представлена сравнительная характеристика систем и принципов классификации, которые существовали в прошлом и приняты сегодня в главных странах-производителях янтаря и янтарных изделий (России, Польше и Украине). При этом за рамками предмета исследования остаются геологическая и минералогическая классификации ископаемых смол, их физические и химические свойства. Внимание сосредоточено на системах классификации, которые применяются для практических производственных и коммерческих целей в ходе добычи, сортировки, обработки янтаря и в процессе торговли. Выделены три базовых уровня классифицирующих признаков янтаря-сырца: а) вес или размер, б) структура камня (монолитность / слоистость, наличие или отсутствие трещин и примесей) и в) декоративные свойства (природная форма, цветовая гамма, прозрачность). Отдельно учитывается наличие в янтаре животных и растительных включений, имеющих как научную, так и торговую ценность. Делается вывод о том, что наиболее совершенная система коммерческой классификации янтарного сырья в последние годы разработана и внедрена на Калининградском янтарном комбинате.

Ключевые слова: балтийский янтарь, коммерческая классификация, торговля янтарем, Калининградский янтарный комбинат

Введение

Системы сортировки и классификации необработанного янтаря на протяжении многих веков играли важную роль в янтарном деле, так как от них зависели стоимость и рациональные способы подбора сырья необходимого качества и заданных характеристик, предназначенных для конкретных видов изделий. Принципы разделения янтарного сырья на группы, сорта и разновидности существенно различались в разные



времена и продолжают сегодня отличаться в разных странах. В настоящей статье представлен исторический обзор принципов коммерческой (торговой) классификации янтаря в прошлом и систематический анализ существующих сегодня классификационных систем в главных странах-производителях янтаря и янтарных изделий. Речь идет не о минералогических характеристиках, физических или химических свойствах сукцинита — эти вопросы хорошо изучены современной наукой. Цель статьи — на основе анализа норм и правил сортировки и классификации янтарного сырья выявить наиболее оптимальные из них, соответствующие природе балтийского самоцвета, способствующие решению практических производственных задач в области добычи и обработки янтаря и торговли им, а также продвижению российского янтаря на внутреннем и мировом рынках. Эта немаловажная проблема до сих пор не становилась предметом специального анализа. Можно отметить, пожалуй, только работы ведущих белорусских специалистов по янтарю М. А. Богдасарова и А. А. Богдасарова о систематике ископаемых смол [1]. Помимо характеристики их морфологии, физических и химических свойств, авторы определяют диагностические признаки сукцинита и его «классификационное положение» в ряду ювелирных драгоценных и поделочных камней [Там же, с. 19–20].

Из предыстории янтарного дела

Человек издревле использовал янтарь в качестве украшений и амулетов. Еще в период позднего палеолита (около 40–12 тыс. лет назад) в пещерах на территории Чехии и Моравии были обнаружены кусочки необработанного янтаря, которые, как предполагают археологи, охотники бросали в огонь в ритуальных целях [23, с. 9]. По находкам заметно, что уже тогда древний человек интуитивно отбирал наиболее привлекательные по цвету, форме и размеру образцы.

В эпоху неолита (4500–1700 гг. до н. э.) для изготовления бусин, подвесов, пряслиц и антропоморфных скульптур, которые, например, входят в состав Юодкрантского клада¹, найденного в 1880–1882 гг. на дне Куршского залива около пос. Юодкранте (нем. Schwarzort), требовался уже более тщательный отбор янтаря по размеру, форме и твердости, то есть по пригодности к обработке [25, р. 137–150; 26, р. 233–238]. При изучении янтарных артефактов, обнаруженных в неолитических мастерских в районе устья реки Вислы (Польша), археологи выяснили, что для изготовления бусин и подвесов выбирался прозрачный и непрозрачный сукцинит желтого цвета; при этом янтарь обкатывали, сверлили и шлифовали. Балтийский самоцвет становится предметом международной торговли. Знаменитый «Янтарный путь» через страны Центральной Европы соединял Балтику со Средиземноморьем [16, с. 27–30].

¹ Клад состоял из 434 изделий и полуфабрикатов, которые до сих пор считаются важнейшим материалом для изучения обработки янтаря в Юго-Восточной Прибалтике в эпоху неолита. Юодкратский клад был наиболее ценной частью Кенигсбергского янтарного собрания, которое насчитывало около 100 тыс. ед. хранения.



Сегодня мы располагаем свидетельствами, что уже в эпоху бронзы (ок. 3200—900 лет до н.э.) существовали определенные принципы и системы отбора янтарного сырья. На основе анализа археологических и графических источников был сделан вывод, что при изготовлении изделий оно сначала подвергалось сортировке, и основным критерием отбора была его пригодность для обработки [24, s. 82]. Приоритет отдавался твердому и чистому янтарию, тогда как хрупкий, сильно загрязненный, треснувший или очень пористый камень не использовался [22, s. 56—57]. Следующими шагом являлась группировка сырья по размеру самородков, их цвету и степени прозрачности. Выбор сырья зависел и от других факторов, в том числе от вида изделий, для которых оно предназначалось [19, s. 11—12].

При изготовлении украшений, особенно подвесок, мастера древности нередко использовали янтарь природных форм, а также самородки с естественными отверстиями, которые иногда дополнительно рассверливали [12, s. 191—194].

Утвердиться в этой точке зрения помогли и экспериментальные работы современных польских археологов Э. Попкевича и Я. Чебрешука, которые попытались воспроизвести все этапы изготовления янтарной пекторали — эффектного украшения, относящегося к микенской культуре. В ходе эксперимента они установили, что решающее значение для всего производственного процесса имел первый этап: выбор сырья для изготовления отдельных элементов пекторали, особенно плоских пластин, образующих так называемые распределительные звенья [24, s. 81].

Сортировка янтаря в Античности и Средние века

В начале нашей эры было известно много сортов янтаря, различающихся в основном по цвету. «Из них белый имеет превосходнейший запах, — писал Плиний Старший. — Но ни белый, ни восковой не ценятся. Больше в почете красно-желтые, а из них еще лучше те, которые прозрачны...» [2, с. 43]. Современники Плиния обращали также внимание на размеры кусков. Побывавший во время правления императора Нерона на побережье Балтики римский государственный чиновник (*equus Romanus*), о чем также сообщает Плиний, привез в Рим большое количество янтаря в качестве украшения арены для гладиаторских игр, при этом вес самого большого куска достигал 13 фунтов¹ [Там же, с. 41]. Он также со ссылкой на Филемона сообщает, что «янтарь — ископаемое и его выкапывают в двух местах Скифии, светлый и при этом воскового цвета, он называется электр, а в другом месте — красно-желтый, который называют свалитерник» [Там же, с. 37].

Обработка янтаря в Риме достигла высокого уровня, на что указывают сохранившиеся до наших дней прекрасные образцы древнеримского искусства резьбы по янтарию: статуэтки и рельефы с изображениями римских богов, флакончики для благовоний, погребальные кольца и другие изделия, выточенные на токарном станке. Для того, чтобы создать небольшое резное изделие, нужно иметь довольно крупный

¹ 13 римских фунтов (либров) равнялись 4250 г.



камень хорошего качества, крепкий, без трещин и разломов. По-видимому, учитывалась и форма янтаря, что особенно важно при создании объемной скульптуры.

В местах главных залежей «смолы веков» местные жители, по утверждению римского историка Корнелия Тацита (Сер.: 50-х — ок. 120 г.), собирали янтарь, но не обрабатывали: «У них самих (эстиев. — 3. К.) он никак не используется; собирают они его в естественном виде, доставляют нашим купцам таким же необработанным и, к своему изумлению, получают за него [хорошую] цену» [4, с. 372]. Эти слова свидетельствуют о наличии рынка торговли янтарем, пусть и примитивного. Он предусматривал специальный отбор и сортировку янтаря таких размеров и расцветок, которые были востребованы потенциальными покупателями.

Период Раннего Средневековья в регионе Балтийского моря характеризуется активной деятельностью в сфере ремесленного производства и торговли. Янтарь и янтарные изделия были обнаружены во всех раскопанных археологами торгово-ремесленных центрах бассейна Балтийского моря. Важное место этот камень занимал в экономике эпохи викингов (с VIII по XI в.). Исключительное изобилие и разнообразие находок из янтаря было выявлено в Трусо — торгово-ремесленном центре викингов в земле пруссов. Среди них «наибольшую группу составляет необработанный, предварительно отобранный янтарь» [18, с. 51]. К настоящему времени в музеях Польши накоплена значительная коллекция янтаря весом в несколько десятков килограммов, в которой находятся образцы, представляющие все основные разновидности сукцинита. Сырье отбиралось по принципу пригодности для создания конкретных видов изделий и раздельно хранилось в специальных подвальных помещениях [Там же, с. 57].

Большой склад янтаря-сырца XIII в. общим весом более 200 кг, был обнаружен в 2008 г. экспедицией Института археологии РАН во Владимире-на-Клязьме, который, вероятно, являлся одним из основных транзитных пунктов международной торговли янтарем. Найденные камни по размеру делятся на крупные (4—7 см), средние (2—4 см) и мелкие (менее 2 см); куски имеют форму капель, сталактитов, настольных натеков и внутривольных пластинок [3, с. 78]. Можно предположить, что торговцы учитывали пожелания потенциальных покупателей и отбирали янтарь по размеру кусков, форме, цвету и прозрачности.

После покорения крестоносцами земли пруссов в XIII в. были введены строгие правила, или «янтарные регалии», регулирующие добычу и торговлю янтарем. Из Кенигсбергского свода постановлений 1394 г. следует, что уже тогда Тевтонский орден оставлял за собой исключительное право владеть янтарем и торговать необработанным камнем. Организацией поиска и накопления поделочного камня занимался «янтарный магистр», для надзора за исполнением закона назначались «янтарные господа». Часть сырья крестоносцы оставляли для своих потребностей: отбирались крупные куски, предназначавшиеся в качестве дипломатических даров королевским особам, а также производилась сортировка по цвету, особенно ценился белый камень, которому приписывались лечебные свойства. Кроме того, большое значение придавалось янтарю,



который мог использоваться для изготовления четок, то есть среднего и крупного размера, без трещин и разломов, так как для вытачивания бусины среднего размера требуется довольно крупный кусок янтаря.

Сортировка янтаря в Новое время

После преобразования Орденского государства в Герцогство Пруссия его правитель Альбрехт Гогенцоллерн передал в 1533 г. янтарную монополию на откуп купцам из Гданьска, оставив за собой только белый «главный камень» («Hauptstein»), который под страхом смертной казни следовало передавать герцогу. В годы его правления впервые было официально введено деление янтаря на десять видов с описанием каждого из них (табл. 1).

Таблица 1

Классификация янтаря, введенная в годы правления Альбрехта Гогенцоллерна

Название	Описание
Главный камень (Hauptstein)	Камень шириной с мужскую ладонь, твердый и массивный, длиннее, шире и толще большого пальца; это также мог быть камень легкий, но плотный, твердый, весом чуть больше или меньше 5 лутов (80 г), но прозрачный, напоминающий огонь, или цвета белокочанной капусты, считавшийся из-за своих якобы лечебных свойств самым востребованным и дорогим янтарем; к главным камням также могли быть отнесены красивые куски цвета сыворотки (белый с крапинками) или называемые бастардами образцы большего или меньшего размера
Ясный камень (Klarenstein)	Прозрачные образцы янтаря
Чистый (белый) камень (Weissenstein)	Чистый (без примесей) прозрачный янтарь разных размеров, может иметь разные оттенки; если в нем обнаружат включения, то его следует отдать курфюрсту
Бастард (Bastert)	Имеет длину, ширину и толщину большого пальца, цвет темно-желтый или более светлый, даже если он имеет не очень хороший вид и выщербленную поверхность
Токарный камень (Dreherstein)	Относительно крупный камень, который можно было подвергнуть токарной обработке; имеет те же размеры, что и бастард, но коричневатый или красноватый, пористый, порчапаный
Обыкновенный камень	Остальные разновидности и мелкий янтарь
Сортовой (Sortiment)	Янтарь весом более 6 лутов (96 г), непенистый, чистый, однотонный, желтоватый или красно-бронзовый, но прозрачный; если камни грязно-белого цвета, непрозрачные, они не относятся к сортовому янтарю, а считаются камнем худшего класса
Морской янтарь (Seestein)	Выловлен в море или выкопан на побережье весом менее 6 лутов (96 г)



Название	Описание
Бочковой янтарь (Tonnenstein)	Все куски среднего размера, которые проходят через сито с отверстиями, имеющими поперечное сечение размером с большой мужской палец, и задерживаются во втором сите с более мелкими отверстиями
Прочий янтарь (Fernitz)	Куски, проходящие через сито меньшего размера

Источник: [27, s. 184].

Эта классификация, появившаяся в связи с расширением ассортимента изделий и увеличением добычи янтаря, продолжала применяться и в XVII в. — в период расцвета художественной обработки камня, когда возрос спрос на качественное сырье, которого добывали совсем немного. Так, в 1679 г. «токарного янтаря» набралась одна неполная бочка, «сортового камня» две бочки (средняя масса сырья в одной бочке составляла 50 кг). При этом «главный камень» вообще не попадал в торговый оборот.

До нас дошли сведения о ценах на янтарь в Гданьске в 1670-е гг.:

- куски 6—8 фунтов (2,5—3,5 кг) были настолько дороги, что для них не существовало фиксированной цены;
- самородки весом от 1 фунта продавались по 42 флорина за фунт (около 350 г чистого серебра);
- самородки свыше ½ фунта — по 36 флоринов за фунт (300 г серебра);
- более мелкие куски — от 28 флоринов — до 7,5 гроша за фунт (от 225 г до 2 г серебра) [16, s. 35].

В первой половине XVIII в. в Гданьске и Кенигсберге янтарь сортировали по качеству, размеру и типу. Крупные, твердые и чистые камни диаметром с лесной орех и более считались «рабочими», остальные назывались «мелким товаром». К рабочим камням относились прозрачные и полупрозрачные кусочки янтаря (последний именовался «бастардом»). Такой предназначенный для продажи «сортовой янтарь» («Sortiment») должен был соответствовать определенным критериям: быть равномерно прозрачным или полупрозрачным, однородно твердым (без трещин и древесной трухи внутри), округлым или удлинённым, цвет мог варьироваться от жемчужно-белого до светло-желтого [15, S. 222].

В XIX в. янтарное ремесло, основывающееся на ручной обработке, стало уступать место фабричному производству. Во второй половине этого столетия массовый спрос на относительно простые янтарные изделия потребовал резкого увеличения добычи янтаря с использованием различных механизированных способов. Если в XVII—XVIII вв. на Самбии добывалось до 150 тонн янтаря ежегодно, то к концу XIX в. его количество увеличилось до 400–500 тонн. Совершенствовалась и классификация сырья.

В XIX в. на месторождениях Балтики использовали достаточно простую классификацию с выделением 5 основных сортов: первый (Sortiment) — чистые и прозрачные куски весом пять лотов (64 г) и более, второй (Tonnenstein) — куски такого же хорошего качества, но меньшего размера (от 30 до 40 кусков на фунт), третий (Fernitz) — мелкий янтарь,



но чистый, размером поверхности от одного до двух квадратных дюймов. К четвертому сорту (Sandstein) относились куски мельче предыдущих, если они были прозрачными и к пятому (Schluck) — непрозрачные и загрязненные [10, с. 301].

Большой вклад в добычу, обработку янтаря и торговлю им внесла фирма «Stantien & Becker», получившая в 1869 г. у правительства на откуп янтарные разработки на 30 лет. В ней впервые был реализован принцип использования всех видов сырья, как больших кусков, предназначенных для изготовления декоративных и ювелирных изделий, так и янтаря мелких фракций, который после очищения и сортировки шел на прессование. Кроме того, мелкий янтарь и отходы производства направлялись на химическую переработку. Полученные посредством сухой дистилляции продукты — янтарная кислота, янтарное масло и канифоль (плавленый янтарь) — использовались для производства лаков, красок, изоляционных материалов и даже лекарственных препаратов [28, S. 175—177]. Вместо ранее известных в янтарном деле 5—10 сортов появился ассортимент из нескольких десятков [15, S. 223].

В Восточной Пруссии янтарь стал разделяться по месту и способу добычи на «морской» (черпальный камень — Schöpfstein, ныральный — Taucherstein, добытый с помощью рыхления дна — Baggerstein) и выработанный на суше (шахтный — Grubenstein, из подземных горных выработок и земляной — Erdstein, то есть добытый способом открытой разработки) [8, с. 108]. В Поморье янтарь также разделяли на сорта по месту добычи: грунтовый (земляной) и водный (морской, речной, озерный, болотный и др.) [13, s. 32, 35]. Там наиболее востребованным был медовый янтарь, красноватый, желто- или светло-медовый и «капустник» светло-зеленоватого цвета [12, s. 191].

Фирма «Stantien & Becker» осуществила всеобъемлющую реформу торговли янтарем и разработала систему его разделения на строго определенные товарные сорта. Янтарь сортировали по форме и величине кусков: плоские предназначались для производства мундштуков, а из округлых форм делались бусины. Среди плоских разновидностей выделялись плитки (Fliesen) и более тонкие пластинки (Platten). Среди круглых камней различали: земляной (Bodenstein), донный (Grundstein), «хрупкий» (Sproedes), а также слоистый янтарь (Schlauben) и бракованный (Brack) (с трещинами и различными примесями) [21, S. 24, 26, 27]. Они могли использоваться для изготовления крупных, но дешевых изделий или подставок к ним, а также массовой бижутерии.

Очень дробной была система сортировки янтаря по цвету, рисунку и степени прозрачности. Различные сочетания этих свойств в совокупности давали почти 120 сортов [15, S. 223]. В прозрачной разновидности (Klar) выделяли оттенки от водянисто-светлого до красновато-желтого. Наиболее ценным считался очень редкий «льдистый» янтарь. В замутненной разновидности (flohmg) преобладал полупрозрачный камень, бастард (голубоватый и зеленоватый, цвета разведенного молока, квашеной капусты и др.) и полубастард (Halbbastard), который поддавался полировке. Костяной янтарь (Knochen) — непрозрачный и более мягкий, трудно поддающийся полировке [14, S. 28]. Общее число учитываемых в фирме «Stantien & Becker» сортов необработанного янтаря в начале XX в. достигло 250.



Эта система сортировки первоначально использовалась и на предприятиях Государственной янтарной мануфактуры (1926–1945). Янтарь сначала разделяли в Пальмникене (совр. Янтарный) по размеру на десять сортов, в том числе на «подземный камень» (Tiefbaustein) от 1 до 3 дюймов в длину (25–76 мм), круглый и плоский «дамбовый камень» (Dammstein), лаковый янтарь (Firnis). Кроме того, крупные куски свыше 150 г разделяли на три вида по качеству. Часть янтаря обрабатывалась еще в Пальмникене в шлифовальном цехе предприятия, куски диаметром менее 13 мм оставались в Пальмникене и после ручной сортировки разделялись на 25 сортов по цвету для последующего прессования [15, S. 223]. Позже классификация янтаря была упрощена и сокращена до номенклатуры из 120 сортов, а к 1933 г. даже до 70; в 1936 г. снова возвращена система 120 сортов [8, с. 186].

В 1930-е гг. дорогостоящая ручная сортировка в основном была заменена на механическую, производившуюся в соляных растворах различной насыщенности с использованием удельного веса янтаря, и с помощью просеивания камней через систему сит разного диаметра.

Сортировка и классификация янтаря в советский период

В советское время на Калининградском янтарном комбинате с целью рационального использования сырья в производстве применялись различные системы классификации балтийского самоцвета, принципы которых постоянно менялись. Еще с 1950-х гг. было принято деление янтаря по весу и размеру на четыре фракции:

- уникальный янтарь свыше 500 граммов;
- кусочки размером более 32 мм;
- янтарь от 8 до 32 мм;
- мелкий янтарь менее 8 мм.

Для оценки качества очищенного (доведенного) янтаря большое значение имела классификация, которая учитывала его целевое использование (она применялась на комбинате с 1960-х гг.). В соответствии с ней янтарь делился на семь видов:

- коллекционный и уникальный;
- поделочный товарный (для сувениров и авторских изделий);
- поделочный для массового ювелирного и галантерейного производства;
- для дисковых бус;
- для прессования;
- для химической переработки (плавления);
- мелкий (черный, лаковый — для производства красок).

С целью упорядочения использования поделочного янтаря, то есть идущего на изготовление художественных, ювелирных и галантерейных изделий, на комбинате в 1965 г. были внедрены специальные нормы — «Технические условия на натуральный янтарь», где впервые в отдельную категорию был выделен инклюзный янтарь. Предусматривалось новое распределение сырья по нескольким классам, в том числе:

- уникальный — янтарь весом свыше 500 г;

- инклюзный — кусочки любых размеров, содержащие включения растений или насекомых;
- класс I — куски весом свыше 50 г, толщина кусков не менее 10 мм;
- класс II — куски весом 25–50 г, толщина кусков не менее 7 мм;
- класс III — куски весом 10–25 г, толщина кусков не менее 7 мм;
- класс IV — куски весом 3–10 г, толщина кусков не менее 5 мм [9, л. 1–3].

Добыча уникальных камней ограничивалась несколькими десятками килограммов в год. При этом янтарь, соответствующий по размеру и весу определенному классу, но имеющий загрязнения и трещины, относился к классу на ступень ниже. Доля поделочного янтаря составляла около 10 %, а остальное приходилось на более мелкие фракции, которые шли на прессование и химическую переработку [6, с. 53]. Эти пропорции сохранялись и в последующие годы.

Современная российская система классификации янтаря

В настоящее время наибольшее практическое значение имеет классификация, установленная Калининградским янтарным комбинатом, поскольку более 70 % янтаря, продаваемого на мировом рынке, происходит из Калининградской области (рис.).

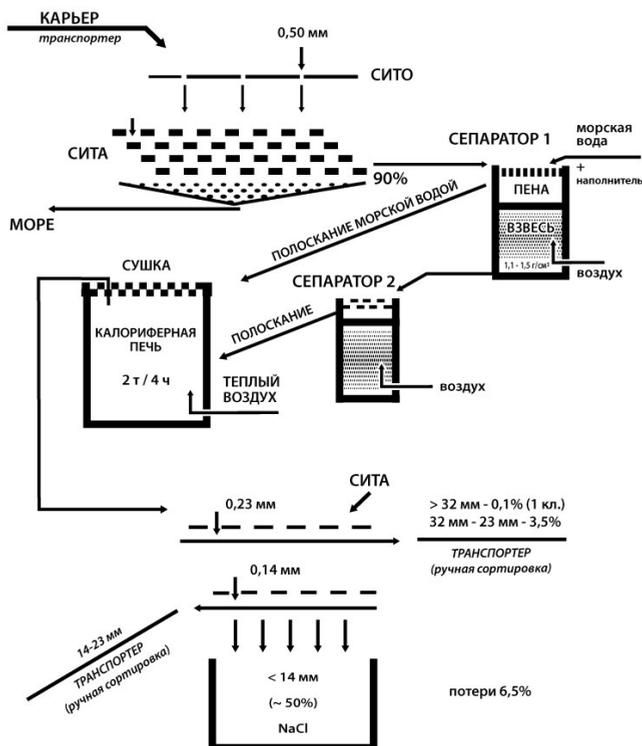


Рис. Схема обогащения и сортировки янтаря на Калининградском янтарном комбинате в 2000-е гг.

Источник: [5, с. 100].



В 2000-е гг. на комбинате была разработана более сложная, чем в советское время, классификация, предусматривающая деление янтаря-сырца на несколько видов и типов, всего более 20 категорий. В связи с уменьшением добычи янтаря и дефицитом сырья на мировом рынке в товарную классификацию были введены сорта, ранее считавшиеся отходами (бесформенные, слоистые, пористые, загрязненные детритом и очень тонкой грануляцией). В основу деления положен принцип измерения массы единичных самородков, исключения составляли лишь самые мелкие фракции, для сортировки которых применяются сита с различными диаметрами.

В классификаторе комбината 2007 г. насчитывалось уже 50 категорий предназначенного для продажи янтаря-сырца, причем основной прейскурант дополнялся информацией о ценах на эксклюзивные виды продукции (уникальные образцы от 0,5 до 1 кг, капли и др.)¹.

В настоящее время товарная классификация янтаря на комбинате состоит из 132 позиций (табл. 2). Здесь применяется как ручная, так и машинная (грохочение) сортировка посредством системы сит. Доведенный, то есть очищенный от примесей и высушенный янтарь, разделяется по размеру, весу, качественным характеристикам, то есть свойствам, которые могут удовлетворить потребности покупателей на рынке, в том числе по кондиции (янтарь уникальный, поделочный, фракционный, лаковый черный, некондиционный). Вне коммерческой классификации остаются самородки весом свыше 1000 г, но в торговую классификацию с 2017 г. включены образцы янтаря каплевидной формы, которые после очистки и шлифовки могут быть востребованными в качестве сувениров [11].

Таблица 2

**Современная торговая классификация янтаря
на Калининградском янтарном комбинате (2024 г.)**

Категория янтаря	Сорт	Вес (г)	Размер (мм)	Диапазон цен (тыс. руб. за кг)	Дополнительные сведения
Уникальный ²	Янтарь весом свыше 1000 г			Комиссионно	—
Инклюзный	I—II	2—100	—	I сорт: комиссионно, II сорт: 10—157	Разделяются по весу на 5 групп: 2—5, 5—10, 10—20, 20—50, 50—100 г
Янтарь в виде капель	I—II	2—100	—	I сорт: комиссионно, II сорт: 9—117	

¹ Перечень отпускных цен на продукцию ОАО «Калининградский янтарный комбинат» предоставлен автору 14.12.2007 г. коммерческим отделом обогатительной фабрики Калининградского янтарного комбината.

² По классификации, действовавшей в советское время, уникальным считался янтарь свыше 500 г.



Категория янтаря	Сорт	Вес (г)	Размер (мм)	Диапазон цен (тыс. руб. за кг)	Дополнительные сведения
Поделочный (ручная сортировка)	I	500–1000	–	153–420	Дополнительно сортируется по форме (объемные и плоские куски), разновидностям (каплевидные и инклюзные), прозрачности (матовые и прозрачные), а также выделяются сувенирные образцы, то есть камни интересной формы и цветовой гаммы
	II	300–500	–	138–378	
	III	200–300	–	126–344	
	IV	100–200	–	113–310	
Поделочный (весовая сортировка)	V	50–100	–	26–252	
	VI	20–50	–	20–180	
	VII	10–20	–	10–90	
	VIII	5–10	–	5–47	
	IX	2–5	–	11	
Фракционный (ситовая сортировка)	I	–	+16	10–12	Сортировка осуществляется посредством грохочения – пропуска янтаря через систему сит с отверстиями разных диаметров
	II	–	+14	5–6	
	III	–	+11,5	2,5–3,2	
	IV	–	+8	1,3–1,6	
	V	–	+4	0,4–0,5	
	VI	–	–4	0,1–0,2	
Лаковый черный (весовая и ситовая сортировки)	I	100–300	–	19,2–23,1	Лак черный – сорт янтаря, содержащий включения органического и неорганического происхождения (сильно загрязненный янтарь)
	II	20–100	–	4,9–9,0	
	III	5–20	–	2,4–2,9	
	IV	2–5	+16	1,7	

Составлено на основе данных: [7]¹.

Современные иностранные системы торговой классификации янтаря-сукцинита

Кроме российской, на мировом рынке применяется польская классификация, утвержденная в 2005 г. квалификационной комиссией специалистов Международной ассоциации янтарщиков в Гданьске и доработанная в 2014 г. (табл. 3).

¹ Таблица составлена по прейскуранту цен Калининградского янтарного комбината за март 2024 г.; 132 позиции прейскуранта в данной таблице для удобства восприятия и анализа сгруппированы в 7 разделах и 21 группе.



Польская классификация балтийского янтаря-сукцинита

Критерий	Разновидности
По месторождению	Добытый в Балтийском море и на пляжах. Из ледниковых отложений на континенте. Самбийский (из месторождений на Калининградском полуострове, РФ). Украинский. Биттерфельдский, или саксонский (Германия)
По форме	Выпуклый. Пластинчатый. Капли, сосульки. Бесформенный
По строению	Монолитный. Слоистый
По прозрачности	Прозрачный. Просвечивающий (полупрозрачный). Непрозрачный
По степени загрязненности органическими веществами	Чистый. С небольшими примесями. Загрязненный Пористый

Составлено на основе данных: [20].

В Польше больше всего ценится янтарь, добытый в море, более прочный и удобный в обработке. Сырье из карьеров на Калининградском полуострове оценивается на 10 % ниже, а с Вольни и ледниковых отложений – на 15 % (из-за большей степени выветривания).

В основу польской коммерческой классификации положен вес камня (табл. 4), а также учитываются две качественные категории: слоистость и присутствие органических примесей. Эти дефекты сырья означают существенные скидки от цены самородков. Стоимость уникальных кусков определяется на договорной основе.

Таблица 4

Польская классификация янтарного сырья по соотношению веса и стоимости

Вес куска в граммах	Коэффициент стоимости
Свыше 500	18
300–500	12
200–300	10
100–200	8
60–100	7
40–60	6
10–40	4
5–10	2,5
1–5	1

Составлено на основе данных: [20].



Принципы действующей украинской классификации янтарного сырья [17], разработанные Государственным геммологическим центром, основаны не на весе отдельных кусочков янтаря, а на их размерах, формах и цвете. Классификация устанавливает пять базовых категорий по максимальному линейному измерению (длине) кусочка:

- уникальные самородки более 100 мм;
- крупные камни – 50–100 мм;
- средние – 25–50 мм;
- мелкие – более 10–25 мм;
- «мелкое зерно» – менее 10 мм.

В каждой из пяти групп выделяются по четыре формы:

- близкая к правильной (когда соотношение наименьшего размера к наибольшему не менее 0,75);
- изометрическая (поверхность гладкая с небольшими неровностями и впадинами глубиной до 3 мм, соотношение наименьшего к наибольшему размеру превышает 0,5);
- неправильная (неровная поверхность с углублениями до 5 мм, отношение наименьшего к наибольшему размеру более 0,15);
- очень неправильная (неровная, искаженная форма со слоистой структурой, треснувшей или пористой поверхностью;
- соотношение наименьшего к наибольшему размеру составляет менее 0,15).

В классификации учитывается также цветовая гамма, на основе которой выделяются 4 базовых категории:

- редкие цвета: прозрачные и полупрозрачные камни красного, зеленоватого цвета, а также белого с голубым оттенком;
- традиционные цвета: коричнево-желтые оттенки без включений и дефектов;
- традиционные коричнево-желтые цвета с неровной окраской, с серым оттенком или небольшим количеством примесей;
- прозрачный сильно загрязненный янтарь, полупрозрачный или непрозрачный серо-коричневого цвета, с большим количеством примесей.

Различное сочетание свойств янтаря по этим трем параметрам в совокупности дает 64 комбинации (не считая самый мелкий янтарь размером до 10 мм, который выводится за рамки общей классификации и оценивается вне зависимости от цвета и формы).

Заключение

Для определения коммерческой ценности драгоценных и поделочных камней на протяжении веков использовались разные системы сортировки и классификации, основанные на различиях их веса, размера, формы, чистоты, цвета, прозрачности, структуры, текстуры и др. При этом янтарь, будучи минералом растительного происхождения, всегда выделялся неисчислимым разнообразием природных форм и образцов, что вызывало трудности в его сортировке и определении коммерческой цены.



В современных системах классификации янтаря в качестве базового принципа используется *вес* (Польша) или *размеры* (Украина); в Российской Федерации учитывается комбинация этих двух признаков. Большое значение для установления цены необработанного янтаря имеет также *структура* камня — монолитность / слоистость, наличие или отсутствие в нем примесей в виде частиц почвы и растительных остатков. Эти свойства можно считать классификационными признаками второй ступени. Наконец, к третьей ступени относится целый ряд *декоративных свойств* янтаря (цветовая гамма, прозрачность, оригинальный рисунок, природная форма в виде капель, редкие включения насекомых и растений), которые не поддаются механическому учету. Во всех этих случаях, как и по отношению к уникальным кускам янтаря весом свыше одного килограмма, Калининградском янтарном комбинате стоимость устанавливается специально созданной на предприятии комиссией.

Сравнение приведенных в настоящем обзоре данных о разных принципах и способах коммерческой классификации янтаря свидетельствуют о том, что наиболее совершенной, максимально учитывающей особенности и наиболее точно определяющей торговую стоимость янтаря как поделочного камня и сырья для химической промышленности, является система, разработанная и внедренная сегодня на Калининградском янтарном комбинате.

Список литературы

1. Богдасаров М. А., Богдасаров А. А. Систематика ископаемых смол: диагностические признаки и классификационное положение сукцинита // Балтийский янтарь: Наука. Культура. Экономика. 2011. С. 15–20.
2. Гай Плиний Секунд. Естественная история. Книга XXXVII / пер. Э.Н. Михайлова. Калининград, 2022.
3. Зеленцова О. В., Кузина И. Н., Милованов С. И., Черненко В. В. Янтарь из раскопок в древнейшей части Владимира-на-Клязьме // Балтийский янтарь: Наука. Культура. Экономика. 2011. С. 75–81. EDN: UGFBQL.
4. Корнелий Тацит. Соч. : в 2 т. Т. 1 : Анналы. Малые произведения / пер. А.С. Бобовича. Л., 1969.
5. Космовская-Церанович Б. Янтарь в Польше и мире / науч. ред. З. В. Костяшова ; пер. с польск. Т. М. Шкапенко, З. В. Костяшовой. Калининград, 2014.
6. Костяшова З. В. История Калининградского янтарного комбината. Калининград, 2007.
7. Прейскурант свободно-отпускных цен на янтарное сырье АО «Калининградский янтарный комбинат». 28.03.2024 г. URL: https://ambercombine.ru/upload/customers_and_partners/price/Price-24-03-29.pdf (дата обращения: 21.05.2024).
8. Резникова В. И. Янтарная мануфактура. Калининград, 2023.
9. Технические условия на янтарь натуральный // Государственный архив Калининградской области. Ф. Р-54. Оп. 1. Д. 319. Л. 1–3.
10. Шуровский Г. Е. Янтарные острова на Балтийском море // Атенеи. 1858. Кн. 5. С. 286–303.



11. *Янтарь*: стандарт организации. 2023 г. URL: https://ambercombine.ru/upload/customers_and_partners/description-of-amber/st_01072023.pdf (дата обращения: 21.05.2024).
12. *Chętnik A.* Jantar w sztuce kurpiowskiej // *Polska Sztuka Ludowa*. Warszawa, 1973. Т. 27 (4). S. 191–194.
13. *Chętnik A.* Mały słownik bursztynów / oprac. B. Kosmowska-Ceranowicz // *Prace Muzeum Ziemi*. 1981. Т. 34. S. 31–33.
14. *Erichson U., Tomczyk L.* Die Staatliche Bernstein-Manufaktur Königsberg. 1926–1945. Ribniz-Damgarten, 1998.
15. *Ganzelewski M.* Aufbereitung Verarbeitung von Bernstein im Samland bis 1945 // *Bernstein. Tränen der Götter*. Katalog der Ausstellung des Deutschen Bergbau-Museums Bochum. Bochum, 1996. S. 215–236.
16. *Gierłowski W.* Bursztyn i gdańscy bursztynnicy. Gdańsk, 1999.
17. *Gierłowski W.* Klasyfikacja ukraińska. URL: <https://www.amber.com.pl/bursztyn/surowiec-bursztynowy/1496-klasyfikacja-ukrainska> (дата обращения: 12.05.2024).
18. *Jagodziński M.F.* Truso – legenda Bałtyku: Katalog wystawy. Elbląg, 2015.
19. *Jagodziński M.* Neolityczne pracownie bursztyniarskie na Żuławach // *Z otchłani wieków*. Warszawa, 1982. Т. 48 (2). S. 9–45.
20. *Klasyfikacja surowca i półfabrykatów z bursztynu bałtyckiego (sukcynitu)*. URL: <https://www.amber.com.pl/bursztyn/surowiec-bursztynowy/1494-klasyfikacja-bursztynu-msb> (дата обращения: 10.04.2024).
21. *Klebs R.* Gewinnung und Verarbeitung des Bernsteins. Königsberg, 1883.
22. *Łosiński W., Tabaczyńska E.* Z badań nad rzemiosłem we wczesnośredniowiecznym Kołobrzegu. Poznań, 1959.
23. *Mierzwińska E., Żak M.* Wielka księga bursztynu. Bydgoszcz, 2001.
24. *Popkiewicz E., Czebreszuk J.* Wiedza i umiejętności rzemieślników obrabiających bursztyn w epoce brązu // *Fontes Archaeologici Posnanienses*. Poznań, 2016. Vol. 52. P. 81–101.
25. *Ritzkowski S., Weisgerber G.* Die neolithischen Bernsteinartefakte der Bernstein-Sammlung der ehemaligen Albertus-Universität zu Königsberg i. Pr. // *Investigations into amber*. Gdańsk, 1999. P. 137–150.
26. *Ritzkowski S.* The amber collection of the Albertus University at Königsberg, Prussia // *Baltic amber*. Vilnius, 2001. P. 233–238.
27. *Rożański S.* Z dziejów wschodnio-pruskich regaliów bursztynowych // *Komunikaty Mazursko-Warmińskie*. 1959. №2. S. 180–197.
28. *Slotta R.* Die Bernsteinengewinnung im Samland (Ostpreussen) bis 1945 // *Bernstein. Tränen der Götter*. Bochum, 1996. S. 169–214.

Об авторе

Зоя Васильевна Костяшова – ведущий научный сотрудник, Калининградский областной музей янтаря, Россия.

E-mail: z.kostyashova@mail.ru

SPIN-код: 6970-1413



Z. V. Kostyashova

PRINCIPLES AND SYSTEMS FOR COMMERCIAL CLASSIFICATION
OF AMBER FROM ANCIENT TIMES TO THE PRESENT DAY

Kaliningrad Amber Plant, Kaliningrad, Russia

Received 17 July 2024

Accepted 14 October 2024

doi: 10.5922/gikbfu-2024-4-4

To cite this article: Kostyashova Z. V., 2024, Principles and systems for commercial classification of amber from ancient times to the present day, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №4. P. 56–71. doi: 10.5922/gikbfu-2024-4-4.

71

Amber classification plays a crucial role in its study, extraction, use in jewelry and amber art, various industrial sectors, and trade. This article provides a comparative analysis of classification systems and principles that have existed historically and are currently adopted in the main amber-producing and amber-processing countries (Russia, Poland, and Ukraine). The study does not address geological and mineralogical classifications of fossil resins or their physical and chemical properties. Instead, the focus is on classification systems used for practical production and commercial purposes during amber extraction, sorting, processing, and trade. Three fundamental levels of classification criteria for raw amber are identified: (a) weight or size, (b) stone structure (monolithic versus layered, presence or absence of cracks and impurities), and (c) decorative properties (natural shape, color range, and transparency). Additionally, the presence of animal and plant inclusions in amber, which hold both scientific and commercial value, is considered separately. The article concludes that the most advanced system of commercial amber classification in recent years has been developed and implemented at the Kaliningrad Amber Plant.

Keywords: Baltic amber, commercial classification, amber trade, Kaliningrad Amber Plant

The author

Zoya V. Kostyashova, Senior Researcher, Kaliningrad Regional Amber Museum, Russia.

E-mail: z.kostyashova@mail.ru

SPIN-код: 6970-1413

Е. А. Парахина¹, Л. Л. Киселева²

¹ Российский университет Дружбы народов им. Патриса Лумумбы (РУДН),
Москва, Россия

² Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, Орел, Россия
Поступила в редакцию 11.08.2024 г.
Принята к публикации 25.09.2024 г.
doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-5

72

Для цитирования: Парахина Е. А., Киселева Л. Л. Лесопарки г. Орла как основа экологического каркаса и их рекреационная оценка // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №4. С. 72–85. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-5.

Доля урбанизации постоянно увеличивается, и в Центральной России уже превышает 82 %. В городской экосистеме возникает экологический дисбаланс, который можно регулировать с помощью зеленых растений. Создание экологического каркаса играет в решении этого вопроса ключевую роль. Ядрами экологического каркаса служат природные экосистемы. На урбанизированных территориях это могут быть городские леса, лесопарки и природные экосистемы, образующие зеленый пояс вокруг городов. На примере г. Орла показано значение лесопарков как ядер экологического каркаса и территорий с большим фиторазнообразием, включающим в том числе редкие и охраняемые растения. На протяжении 2016–2024 гг. проведены мониторинговые исследования лесопарков г. Орла, образующих зеленый пояс. На данных территориях изучена растительность, выявлен флористический состав. Лесопарки выполняют разнообразные экологические функции, в том числе и рекреационную, поэтому проведена оценка их рекреационной нагрузки. Исследуемые лесопарки находятся на II–III стадии рекреационной дигрессии, при этом обладают высоким рекреационным потенциалом. Научно обоснованное планирование застройки городских территорий с включением данных пригородных лесов как ядер экологического каркаса города не только улучшит состояние окружающей среды урбанизированной территории, но и поспособствует сохранению биоразнообразия.

Ключевые слова: экологический каркас, лесопарки, биоразнообразие, редкие растения, охраняемые растения, рекреационная нагрузка, рекреационный потенциал

Введение

В настоящее время наблюдается повсеместная трансформация и сокращение природных экосистем, значительное изменение их видового разнообразия. Наиболее сильное изменение экосистем происходит в



городских и пригородных зонах [27]. Урбанизация протекает довольно интенсивно. Уже сейчас в России она составляет около 75 % [7]. Этот процесс приводит к появлению различных экологических проблем. Возникает противоречие между сохранением природных экосистем, особенно лесных, и увеличением числа отдыхающих горожан [19].

Растущая урбанизация привела к возникновению множества экологических проблем, часть из которых может быть решена с помощью сбалансированного территориального планирования и создания экологической и комфортной среды. По сути, это способ управления природными ресурсами для сохранения и улучшения городской экосистемы.

Территория Центральной России испытывает на протяжении нескольких столетий интенсивную антропогенную нагрузку и значительно трансформировалась. Работы по созданию культурных ландшафтов и сохранению естественных лесных экосистем играют важную роль, особенно для городов и прилегающих территорий. Исследования видового состава и ресурсных качеств лесных фитоценозов в пригородных зонах имеют первостепенное значение. Здесь лесные территории выполняют санитарно-гигиеническую, рекреационную и другие функции, формируя зеленый защитный пояс города. В состав данного пояса могут входить остатки сохранных лесных массивов, лесопарки, искусственно созданные лесонасаждения и др. В настоящее время в связи с увеличивающейся урбанизацией все большую актуальность приобретает вопрос мониторинга видовой и пространственной структуры лесных экосистем, оценка их устойчивости, прогнозирование изменений для проектирования рекреационных зон, создание и управление экологическим каркасом и планирование природно-охранных мероприятий [5; 7; 9].

Экологический каркас города — это экологическая система взаимосвязанных природных и природно-антропогенных территорий, позволяющая поддерживать экологический баланс в урбанизированной среде. Ядрами экологического каркаса города являются лесопарки и леса, как пригородные, так и городские. Кроме того, лесопарки и лесопарковые массивы, расположенные за пределами города и окружающие его, образуют зеленую зону (пояс) города. В настоящее время существует множество работ, посвященных изучению теоретических и практических основ выстраивания экологического каркаса, прежде всего в природных зонах [3; 5; 7; 12; 17; 20; 24]. Изучение особенностей его создания, включая правовые аспекты, оценку состояния зеленых насаждений различных типов и их использование в городском планировании началось сравнительно недавно [7; 11; 13]. При этом в урбанизированной среде экологический каркас играет исключительную роль. Он не только поддерживает экологическое равновесие, но и может быть использован в пространственном управлении природопользованием для устойчивого развития. [25; 26].

В целом зеленый пояс городов играет санитарно-оздоровительную, а также ландшафтно-эстетическую роль. Рациональное и полноценное использование природного ландшафта — сложная и трудоемкая задача. Эту проблему можно решить с помощью сбалансированного планирования и грамотного проектирования городских и пригородных территорий [23; 26].

Зеленый пояс г. Орла включает в себя лесопарки Андриабуж, Знаменский, Медведевская дача, памятник природы регионального значения «Балка Непреж», а также другие нелесные территории общей площадью 2723,7507 га [1; 2]. В связи с этим целью данной работы было изучение лесопарков как ядер экологического каркаса и центров фиторазнообразия на примере Орла и анализ их экологического состояния для рекреационного значения.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести обследование лесопарков Орла, выявить видовое фито-разнообразие.
2. Оценить состояние лесопарков и выявить степень рекреационной нагрузки.
3. Провести комплексную оценку рекреационного потенциала лесопарков Орла.

74

Материал и методика

Орел располагается на Среднерусской возвышенности Европейской части России. Климат умеренно континентальный. По многолетним данным, средняя годовая температура воздуха на территории области $+4,9^{\circ}\text{C}$ с колебаниями по области от $3,5$ до 5°C . Общая продолжительность периода с положительной среднесуточной температурой воздуха составляет 215–225 дней в году. С середины XX в. наблюдаются изменения в режиме температур в сторону повышения, как в январе, так и в июле, но в июле потепление значительно менее выражено [18].

По численности населения Орел относится к средним городам России, она составляет 292,4 тыс. человек [16].

Площадь города составляет 11837,9 га. Его территория делится на различные функциональные зоны, из которых на рекреационные зоны (парки, скверы, сады, бульвары, лесопарки и др.) приходится 1947,9 га (рис. 1) [6].



Рис. 1. Функциональные зоны Орла



Исследования проводились с 2016 по 2024 г. на территории трех лесопарков Орла: Андриабуж, Медведевская дача и Знаменский. Они представляют собой крупные лесные массивы – остатки широколиственных лесов с элементами искусственных насаждений общей площадью 1251,1 га [6].

Исследования проводились с использованием маршрутного метода и метода геоботанического описания по стандартной методике с учетными площадками 25 × 25 м. Были выбраны участки с разным породным составом и разными условиями: вдоль дорожной сети, в 100 и 200 м от тропинок. Проективное покрытие видов оценивалось по шкале Браун-Бланке [22]. Всего было заложено 428 пробных площадок. Выявлены редкие и охраняемые растения [14].

Стадии рекреационной нагрузки определяли по методике П. Н. Меланхолина и Г. А. Поляковой [16]. Рекреационный потенциал лесопарков оценивался по методике, разработанной С. Л. Рысиным [21]. С помощью нее были определены комплексные показатели привлекательности лесопарка, комфорта для отдыхающих и устойчивости древостоев к рекреационному воздействию. В таблице 1 показаны категории насаждений по значению коэффициентов рекреационного потенциала. Данные методики позволяют проводить комплексную оценку рекреационного потенциала лесопарков с включением в него не только количественных (возраст насаждений, породный состав, ярусность, доступность и т. д.), но и качественных показателей (наличие шума, рекреационная нарушенность, наличие подлеска и т. д.).

Таблица 1

**Определение качества насаждений
по значению коэффициентов рекреационного потенциала**

Значение коэффициентов (K_n, K_k, K_v)	Качество насаждений
0 – 0,2	Очень низкое
0,21 – 0,4	Низкое
0,41 – 0,6	Среднее
0,61 – 0,8	Высокое
0,81 – 1,0	Очень высокое

Результаты исследования

Лесопарки Медведевская дача, Андриабуж и Знаменский располагаются в зоне широколиственных лесов на серых и темно-серых лесных почвах. Урочище Медведевская дача расположено в северной части Орла, Андриабуж – восточной и Знаменский – южной (рис. 2).

Указанные лесопарки играют исключительную роль в формировании экологического каркаса. Они выполняют защитную и стабилизирующую функции, а также используются как место для отдыха. На территории этих лесов поддерживается необходимый уровень биологического разнообразия. Здесь произрастают редкие и охраняемые растения. Данные леса являются ядрами экологического каркаса города, и от их состояния зависит его экологическое равновесие. При этом необходи-

мо научно обоснованное планирование территории внутри лесопарков для сохранения природной среды и использования их в рекреационных целях.

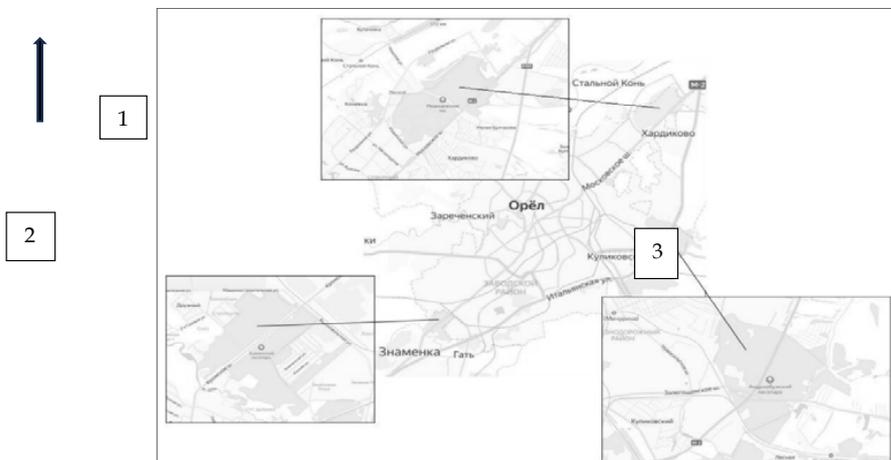


Рис. 2. Расположение лесопарков на территории города Орла:
1 – Медведевская дача; 2 – Знаменский; 3 – Андриабуж

Источник: [11].

Современное состояние лесопарков зеленого пояса Орла отражает их развитие под влиянием антропогенной деятельности. За последние 100–150 лет произошли следующие изменения:

- сократилась общая площадь, занятая лесами;
- разделились сами лесные массивы;
- увеличилась площадь искусственных насаждений;
- сократилась площадь широколиственных и увеличилась площадь мелколиственных лесов;
- изменилась видовая и возрастная структура фитоценозов.

В разных по составу лесах преобладают средневозрастные насаждения. Большие площади сейчас занимают березняки и осинники, хотя ранее в XIX – начале XX в. преобладали широколиственные леса из дуба черешчатого. Так, в лесопарке Андриабуж когда-то произрастал «корабельный» лес. Отсюда и другое название данной территории – Кораблики [4]. Сейчас она представляет собой смешанные мелколиственно-широколиственные леса с преобладанием *Quercus robur* L., *Betula pendula* Roth. и *Populus tremula* L.

Анализ лесотаксационных данных показал, что среди естественных фитоценозов преобладают дубравы (32 %) и осинники (21 %). В меньшей степени представлены липняки и березняки (по 4 %) (рис. 3). Осинники и березняки являются вторичными лесными фитоценозами, которые возникли на месте вырубленных коренных лесов или на местах лесных пожаров. Несмотря на то, что среди культурных посадок преобладают лесонасаждения из аборигенных древесных пород (*Quercus*



robur L. — 23 %, *Ulmus laevis* Pall. — 6 %, в меньшей степени *Populus nigra* L. — 2 %, *Betula pendula* Roth. — 1 % и *Populus tremula* L. — 1 %), посадки адвентивных древесных пород, в основном хвойных, занимают 8 % (*Larix sibirica* Ledeb. — 5 %, *Pinus sylvestris* L. — 1 %, *Picea abies* (L.) Karst. — 1 % и *Populus alba* L. — 1 %).



Рис. 3. Разнообразие фитоценозов лесопарков Орла

Первый древесный ярус в естественных лесных фитоценозах представлен как широколиственными древесными породами (*Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill., *Fraxinus excelsior* L.), так и мелколиственными (*Betula pendula* Roth. и *Populus tremula* L.). Во второй древесный ярус входят *Pyrus communis* L., *Malus sylvestris* (L.) Mill., *Padus avium* Mill., *Sorbus aucuparia* L.

Подлесок состоит из типичных неморальных элементов — *Corylus avellana* L., *Crataegus rhipidophylla* Gand., реже *Euonymus europaea* L., *E. verrucosa* Scop., *Lonicera xylosteum* L., *Rhamnus cathartica* L.

В травянистом ярусе преобладают неморальные виды, представленные широколиственными: *Aegopodium podagraria* L., *Actaea spicata* L., *Mercurialis perennis* L., *Carex pilosa* Scop., *Viola mirabilis* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Ranunculus cassubicus* L. и др.

Анализ второго древесного яруса и подроста осиновых и березовых лесов показал наличие в нем широколиственных древесных пород, таких как *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill., *Fraxinus excelsior* L., реже *Acer platanoides* L., *A. campestre* L. Это свидетельствует о протекании сукцессионных восстановительных процессов в направлении от короткопроизводных лесных фитоценозов (березняков и осинников) к длительнопроизводным сообществам широколиственных лесов.

Однако следует отметить внедрение в подлесок и подрост таких адвентивных растений, как *Acer negundo* L., *Sambucus racemosa* L., *Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch, *Symphoricarpos albus* (L.) S.F. Blake, *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., *Cotoneaster lucidus* Schlecht. Также в травянистом ярусе на некоторых территориях лесопарков (вдоль тропинок, на опушках) присутствуют сорные виды: *Chelidonium majus* L., *Polygonum aviculare* L., *Amaranthus albus* L., *Chenopodium album* L., *Erigeron annuus* (L.) Pers. и др.

Выявленная флора сосудистых растений лесопарков Медведевская дача, Андриабуж и Знаменский составила 366, 304 и 310 видов соответ-

ственно. Причем из них адвентивными растениями в урочище Медведевская дача являются 47 видов (12,8%), в Андриабуж – 29 (9,9%), в Знаменском – 50 (16%) (рис. 4). Большое количество адвентивных видов растений в Медведевской даче и Знаменском связано, вероятно, с тем, что эти лесные урочища непосредственно примыкают к жилым застройкам Орла с северной и южной стороны и представляет собой излюбленные места отдыха горожан, а лес Андриабуж располагается в восточной части города за объездной дорогой и испытывает меньшую рекреационную нагрузку.

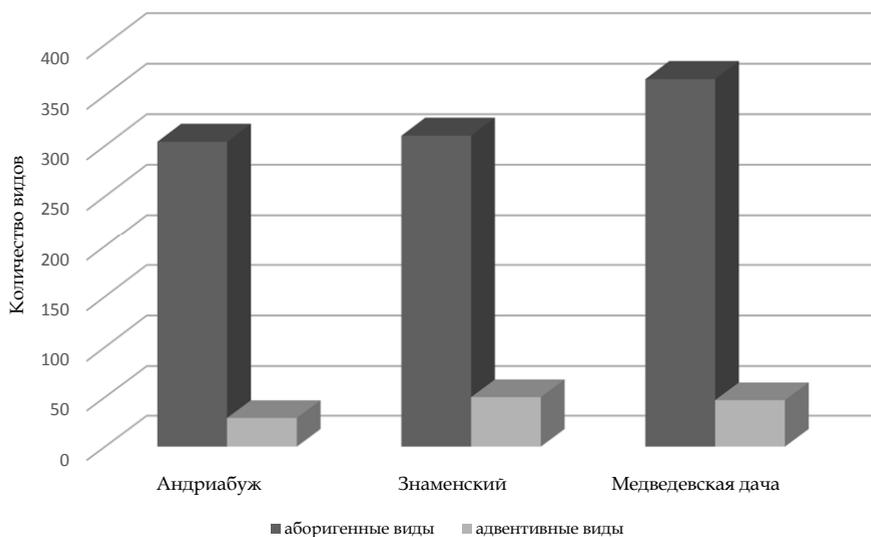


Рис. 4. Местные и адвентивные виды лесопарков

Изученные лесные массивы характеризуются не только достаточно богатым видовым составом сосудистых растений, но и наличием редких и охраняемых представителей флоры. Так, здесь отмечены виды из Красной книги Орловской области: *Anemone nemorosa* L., *Dianthus superbus* L., *Digitalis grandiflora* Mill., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz., *Gladiolus imbricatus* L., *Lilium martagon* L., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Trollius europaeus* L. и др. [14].

Таким образом, данные лесопарки с высоким видовым разнообразием являются ядрами экологического каркаса. При сбалансированных решениях они могут выполнять различные экологические функции и служить местом для отдыха горожан.

Рекреационная деятельность разнообразно влияет на состояние естественных фитоценозов. При этом нарушение хотя бы одного элемента экосистемы приводит к нарушению всей экосистемы. Например, умеренный сбор ягод, грибов, лекарственных и декоративных растений становится причиной уничтожения целых популяций. Шум отпугивает различных животных, мешает им жить и растить свое потомство. Обламывание ветвей, зарубки на стволах и другие механические поврежде-



ния деревьев способствуют заражению их насекомыми-вредителями. Но главным фактором воздействия на лесные экосистемы является рекреационная деятельность человека. Хождение по лесу приводит к вытаптыванию растительного покрова, исчезновению подроста, уплотнению почвы. При этом воздействие нескольких человек внешне не заметно, но при большом количестве отдыхающих процессы восстановления запаздывают за процессами разрушения лесных экосистем, при этом идет внедрение адвентивных и сорных видов растений [8].

В результате вытаптывания изменяется и почвенный покров: спрессовывается подстилка, увеличивается твердость верхнего горизонта, изменяется влажность, водопроницаемость и порозность почвы. Это сказывается на корневой системе дубов и приводит к суховершинности [8; 15].

Исследуемые лесопарки используются в рекреационных целях. Стадии рекреационной нагрузки определяли по методике П. Н. Меланхолина и Г. А. Поляковой [15].

Лесной массив Андриабуж некогда носил название Рислов, затем в XIX в. стал Недрябужем — по реке, вытекавшей из леса, потом Андриабужем (Андриабуж) [4]. Он располагается на восточной окраине Орла, площадь его 495,1 га. На территории лесного массива имеется пруд и зона отдыха с одноименным названием, а также ежегодно проводятся соревнования по спортивному ориентированию.

В лесопарке Андриабуж было заложено 156 геоботанических площадок. Наибольшее количество площадок соответствует II стадии рекреационной нагрузки (табл. 2).

Таблица 2

Рекреационная нагрузка на лесопарки Орла

Название лесопарка	Количество площадок с разной стадией рекреационной нагрузки, шт. / %				
	I	II	III	IV	V
Андриабуж	28 / 18,0	62 / 39,7	56 / 35,9	7 / 4,5	3 / 1,9
Медведевская дача	23 / 13,7	51 / 30,3	73 / 43,5	17 / 10,1	4 / 2,4
Знаменский	18 / 17,3	24 / 23,1	43 / 41,3	15 / 14,4	4 / 3,9

Урочище Медведевская дача располагается на северной окраине Орла и непосредственно граничит с жилыми районами. Его площадь составляет 337 га. Она представляет собой остатки широколиственных лесов, которые тянулись от Орла до Мценска. В годы Великой Отечественной войны лес очень сильно пострадал. В 1950—1960 гг. велось активное лесовосстановление. Здесь высаживались дубы, сосны и другие виды деревьев. В настоящее время на опушке имеется различное спортивное и игровое оборудование, лавочки, фонари. Ежегодно проводятся спортивные мероприятия как внутри лесного массива, так и на опушке.

На территории урочища Медведевская дача было описано 168 геоботанических площадок. Наибольшее их количество соответствует III стадии рекреационной нагрузки, наименьшее — V (табл. 2).



Знаменский лесопарк располагается на южной окраине города, его площадь составляет 419 га. С конца XIX в. там проводилась сельскохозяйственная выставка, которая в середине XX в. стала стационарной. Были сооружены павильоны, гостиница, ресторан, магазины и др. При входе была построена колоннада. В середине 1980-х гг. выставку закрыли. Сейчас здесь находятся частные дома и развлекательный комплекс «Знаменская богатырская застава», в котором проводятся историко-культурные и развлекательные мероприятия.

На территории Знаменского лесопарка было заложено 104 геоботанических площадки. Наибольшее их количество соответствует III стадии рекреационной нагрузки (табл. 2).

Из полученных результатов можно сделать вывод, что исследуемые лесопарки находятся на разных стадиях рекреационной дигрессии. Наименее нарушенным является Андриабуж, что связано с его меньшей доступностью для населения и большей степенью сохранности естественных биоценозов. Урочище Медведевская дача сильно пострадало во время Великой Отечественной войны. Впоследствии в нем были проведены лесовосстановительные работы, в том числе с использованием видов хвойных древесных растений. Лесопарк Знаменский, начиная с конца XIX в., испытывал наиболее интенсивную антропогенную нагрузку. Были вырублены многие деревья, при этом проводились лесовосстановительные и ландшафтные работы.

Оценка рекреационного потенциала исследуемых лесопарков осуществлялась по методике С.Л. Рысина [21]. В ней учитываются такие показатели, как возраст насаждений, породный состав, ярусность, санитарное состояние, рельеф, влажность местообитания, доступность, состояние дорожно-тропиночной сети, устойчивость пород к вытаптыванию, наличие подроста, наличие подлеска, устойчивость нижних ярусов и др. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Рекреационный потенциал лесопарков Орла

Название лесопарка	Привлекательность, K_n	Комфортабельность, K_k	Стабильность, K_y
Андриабуж	0,47	0,53	0,74
Медведевская дача	0,56	0,75	0,78
Знаменский	0,53	0,76	0,69

По привлекательности все исследуемые лесопарки относятся к средней категории. При этом по комфорту Андриабуж несколько уступает другим лесам. Он имеет среднюю категорию комфортабельности за счет особенностей рельефа и меньшей доступности. Медведевская дача и Знаменский считаются более комфортными. При этом высокой стабильностью обладают все три исследуемых леса.

При обобщенной оценке рекреационного потенциала исследуемые лесопарки из-за среднего уровня привлекательности и, в случае Андриабужа, комфортабельности, можно отнести ко второму классу



рекреационной ценности, то есть к территориям с ограниченным рекреационным использованием [21]. Эти пригородные леса нуждаются в дополнительных мероприятиях по улучшению их состояния, так как большинство их сообществ находятся на III стадии рекреационной дигрессии. На отдельных территориях исследуемых лесных массивов наблюдается интенсивное вытаптывание и преобладание синантропных и адвентивных растений в лесных сообществах, что свидетельствует о нарушении данных фитоценозов. Поэтому необходимо проведение хозяйственных мероприятий по улучшению состояния исследуемых лесопарков: своевременные санитарные рубки, лесовосстановительные работы, организация благоустроенных зон отдыха и др.

Выводы

В результате исследований выявлен флористический состав сосудистых растений лесопарков Андриабуж, Медведевская дача и Знаменский, который составил 304, 366 и 310 видов соответственно. Из них адвентивными растениями в Андриабуже являются 29 видов (9,9%), в Медведевской даче – 47 (12,8%), в Знаменском – 50 (16%). Изученные лесные массивы характеризуются наличием редких и охраняемых растений. В них обнаружены следующие виды редких и охраняемых растений: *Digitalis grandiflora* Mill., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz., *Gladiolus imbricatus* L., *Lilium martagon* L., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Trollius europaeus* L. и др.

Оценка рекреационной нагрузки исследованных пригородных лесов позволила заключить, что Андриабуж – менее посещаемое место, так как располагается на некотором расстоянии от города, а Медведевская дача и Знаменский примыкают к жилым кварталам. В этой связи на отдельных территориях исследуемых лесопарков наблюдается интенсивное вытаптывание и преобладание синантропных и адвентивных растений. Наиболее антропогенно измененным является лес Знаменский. Большинство растительных сообществ исследуемых пригородных лесопарков Орла находятся на III стадии рекреационной дигрессии.

Оценка рекреационного потенциала изучаемых лесопарков показала, что они относятся к территориям с ограниченным рекреационным использованием и требуют дополнительных мероприятий по улучшению инфраструктуры, а также экологического состояния фитоценозов.

Изученные лесопарки играют исключительную роль в формировании экологического каркаса Орла. Они выполняют защитные и стабилизирующие функции, а также используются в качестве зон отдыха граждан. На их территории поддерживается необходимый уровень биологического разнообразия, здесь произрастают редкие и охраняемые растения. Пригородные лесопарки являются ядрами экологической сети. Однако необходимы мероприятия по улучшению состояния фитоценозов, а также научно обоснованное планирование в пределах этих лесов для сохранения природной среды и использования их в рекреационных целях.



Список литературы

1. *Об утверждении государственной программы Орловской области «Формирование современной городской среды на территории Орловской области : постановление Правительства Орловской области от 31.12.2017 г. №372. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».*
2. *Об установлении границ лесопаркового зеленого пояса вокруг города Орла : постановление Правительства Орловской области от 22.07.2021 г. №412. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».*
3. *Авраменко А. А. Сравнительный анализ подходов к озеленению городов за рубежом (на примере Пекина, Сеула и Оттавы) // Науковедение. 2017. Т. 9, №4. С. 1–18. EDN: ZIGFEL*
4. *Ашихмина Е. Н. Общие принципы формирования топонимики в Орловском крае // Ученые записки Орловского государственного университета. 2015. №3 (66). С. 14–28. EDN: UZCZZR.*
5. *Ватлина Т. В., Войтенкова Н. Н. Особенности формирования и перспективы развития зеленого лесопаркового пояса города Смоленска // Вестник Рязанского государственного университета им. С. А. Есенина. 2018. №3 (60). С. 120–127. EDN: YAQWER.*
6. *Генеральный план городского округа «Город Орел». 2017. URL: <https://www.orel-adm.ru/ru/activity/generalnyy-plan-gorodskogo-okruga-gorod-orel/> (дата обращения: 20.07.2024).*
7. *Григорьевская А. Я., Лисова О. С. Зеленые насаждения города Воронежа как элемент многоструктурной системы экологического каркаса // Геология и природопользование. 2012. №2. С. 100–110. EDN: OULEHX.*
8. *Казанская Н. С., Ланина В. В., Марфенин Н. Н. Рекреационные леса (состояние, охрана, перспективы использования) : монография. М., 1977.*
9. *Казанцев И. В., Матвеева Т. Б. Оценка рекреационного потенциала пригородных лесов г. Самары // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7, №3 (24). С. 49–52. doi: 10.17816/snvt201873109. EDN: UVNWZF.*
10. *Карта г. Орла. URL: https://yandex.ru/maps/geo/oryol/53057026/?from=tabbar&ll=36.096473%2C52.968061&source=serp_navig&z=11 (дата обращения: 22.07.2024).*
11. *Киселева Л. Л., Парахина Е. А., Силаева Ж. Г. Видовой состав и устойчивость древесных насаждений как основа экологического благополучия урбанизированной среды (на примере города Орла) // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т.18, №2 (3). С. 702–706. EDN: XUXRLZ.*
12. *Климанова О. А., Колбовский Е. Ю., Илларионова О. А. Экологический каркас крупнейших городов Российской Федерации: современная структура, территориальное планирование и проблемы развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63, вып. 2. С. 127–146. doi: 10.21638/11701/srbu07.2018.201. EDN: XTRKPR.*
13. *Кошелева О. Ю. Зеленый пояс Волгограда как объект мониторинга // Научно-агрономический журнал. 2017. №2 (101). С. 42–44. EDN: ZPDUAV.*
14. *Красная книга Орловской области. Грибы. Растения. Животные. Орел, 2021.*
15. *Меланхолин П. Н., Полякова Г. А. Рекреационная динамика структуры нижних ярусов леса // Динамика и устойчивость рекреационных лесов. М., 2006. С. 119–141. EDN: RMJRJZ.*



16. *Население* // Федеральная служба государственной статистики по Орловской области. URL: rosstat.gov.ru (дата обращения: 24.07.2024).
17. Панченко Е.М., Дюкарев А.Г. Экологический каркас как природоохранная система региона // Вестник Томского государственного университета. 2010. №340. С. 216–221. EDN: NBIOWL.
18. Парахина Е.А., Киселева Л.Л., Фесенко А.С., Сотникова Н.В. Экологическое состояние древесных растений уличных насаждений г. Орла // Механизмы регуляции продукционного процесса растений: от молекул до экосистем: материалы междунар. науч. конф. V чтения, посвященные памяти профессора Ефремова Степана Ивановича. Орел, 2022. С. 129–137. EDN: RUFQXP.
19. Парахина Е.А., Могилева Е.Е., Романова Е.Н. Экологическая оценка состояния древесной растительности ландшафтов жилых зон г. Орла // Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. VII Мильковские чтения: материалы XIV междунар. ландшафтной конф.: в 2 т. / отв. ред. А.С. Горбунов, А.В. Хорошев, О.П. Быковская. Воронеж, 2023. С. 116–118. doi: 10.17308/978-5-9273-3693-7-2023-116-118. EDN: ARSTXO.
20. Пономарев А.А., Байбаков Э.И., Рубцов В.А. Экологический каркас: анализ понятий // Ученые записки Казанского университета. Естественные науки. 2012. Т. 154, №3. С. 228–238. EDN: PUHVNN.
21. Рысин С.Л. Рекреационный потенциал лесопарковых ландшафтов и методика его изучения // Лесохозяйственная информация. 2003. №1. С. 17–27.
22. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3 Aufl. Wien; N.Y., 1964.
23. De Roo G., Zuidema Chr. Environmental Planning // The Routledge Handbook of International Planning Education Publisher. 2019. P. 238–252.
24. Kiseleva L.L., Parakhina E.A., Silaeva Zh.G. Important forest areas of the Orel region // Lesovedenie. 2023. №4. P. 442–448. doi: 10.31857/S0024114823030051.
25. Livesley S.J., McPherson E.G., Calfapietra C. Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale // Journal of Environmental Quality. 2016. №45 (1). P. 119–124. doi: 10.2134/jeq2015.11.0567.
26. Mapping Urban Spaces: Designing the European City / ed. by L. Amistadi, V. Balducci, T. Bradecki, E. Prandi, U. Schröder. N.Y., 2021. doi: 10.4324/9781003190660.
27. Shoval N. Urban planning and tourism in European cities // Tourism and Urban Planning in European Cities. 2020. doi: 10.4324/9780429028953-1 ISBN: 9780429028953.
28. Takahashi T. A Study of the Development of the Ecological Network on the Scale of European Continent // Journal of The Japanese Institute of Landscape Architecture. 2008, №71 (5). P. 899–902. doi:10.5632/jila.71.899.

Об авторах

Елена Александровна Парахина — канд. биол. наук, доц., Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Россия.

E-mail: parakhina-ea@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-2865-0780

SPIN-код: 4045-3378



Людмила Леонидовна Киселева — канд. биол. наук, доц., Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, Россия.

E-mail: lkiseleva@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-5167-6391

SPIN-код: 4582-7473

E. A. Parakhina¹, L. L. Kiseleva²

ORYOL FOREST PARKS AS THE BASIS OF THE ECOLOGICAL FRAMEWORK AND THEIR RECREATIONAL ASSESSMENT

84

¹ Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Russia

² Oryol State University named after I. S. Turgenev, Russia

Received 11 August 2024

Accepted 25 September 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-5

To cite this article: Parakhina E. A., Kiseleva L. L., 2024, Oryol forest parks as the basis of the ecological framework and their recreational assessment, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №4. P. 72–85. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-5.

The level of urbanization is steadily increasing and has already surpassed 82 % in Central Russia. Urban ecosystems face environmental imbalances that can be mitigated through the use of green plants. Establishing an ecological framework plays a key role in addressing this issue. Natural ecosystems serve as the cores of the ecological framework. In urbanized areas, these cores may include urban forests, forest parks, and natural ecosystems forming green belts around cities. Using the city of Oryol as an example, the study highlights the significance of forest parks as the cores of the ecological framework and as areas of high phytodiversity, including rare and protected plant species. Monitoring studies of the forest parks forming Oryol's green belt were conducted between 2016 and 2024. These studies analyzed vegetation and identified the floristic composition within these areas. Forest parks fulfill diverse ecological functions, including recreational purposes, which necessitated an assessment of their recreational load. The studied forest parks are in the second to third stages of recreational degradation, yet they possess high recreational potential. Scientifically informed urban planning that incorporates these suburban forests as cores of the city's ecological framework will not only enhance the environmental quality of urbanized areas but also contribute to the conservation of biodiversity.

Keywords: ecological framework, forest parks, biodiversity, rare plants, protected plants, recreational load, recreational potential

The authors

Dr Elena A. Parakhina, Associate Professor, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Russia.

E-mail: parakhina-ea@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-2865-0780

SPIN-код: 4045-3378



Dr Ludmila L. Kiseleva, Associate Professor, Oryol State University named after I.S. Turgenev, Russia.

E-mail: llkiseleva@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-5167-6391

SPIN-код: 4582-7473

М. А. Осинцева, Е. А. Дюкова

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА
И БИОРЕКУЛЬТИВАЦИИ УГОЛЬНЫХ ОТВАЛОВ

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

Поступила в редакцию 23.06.2024 г.

Принята к публикации 06.09.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-6

Для цитирования: Осинцева М. А., Дюкова Е. А. Изучение особенностей почвенного покрова и биорекультивации угольных отвалов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №4. С. 86 – 98. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-6.

Промышленные отвалы являются естественной средой обитания для многочисленных биоценозов в силу особенностей и направленности ранних этапов почвообразования. Целью данной работы стало изучение особенностей почвенного покрова и биорекультивации угольных отвалов. Показано, что на литологической неоднородности нарушенных территорий Кузбасса сказывается технология отработки, которая влияет на горный способ добычи угля. Установлено, что элювий на техногенно-нарушенных землях в зависимости от условий формирования имеет существенные различия по физико-химическим характеристикам, что обуславливает различное качество образующейся почвы и показывает необходимость проведения мелиорации. Метастабильным в более поздних поколениях фитоценозам свойственны обедненный состав и дефектный характер при достижении этой метастабильной стадии. Доказано, что воздействие растений на молодые почвы путем внесения удобрений может привести к накоплению биофильных элементов в верхней части профиля. Наличие редкоземельных и радиоактивных элементов в антраците вызывает медленное развитие биоты на поверхности отвалов из-за их потенциального токсического воздействия на микроорганизмы и растительность. Показано, что биорекультивация направлена на возобновление процессов почвообразования, улучшение способности почвы к самоочищению и воспроизводству фитоценозов. Подбор растений для рекультивации осуществляется на основе способности произрастать на техногенно нарушенных ландшафтах. Данные растения должны относиться к группе устойчивых видов с высоким фиторемедиационным потенциалом (например, *Pinus sylvestris*, *Picea pungens*, *Larix decidua*, *Physocarpus opulifolius*, *Betula pubescens*, *Populus nigra*, *Caragana arborescens*, *Rosa rugosa*, *Elaeagnus commutata*). Данные культуры отличаются высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам и являются перспективными для проведения биологической рекультивации техногенно нарушенных ландшафтов.

Ключевые слова: почвообразование, грунт, мелиорация, фиторемедиация, фитоценозы, биота, метастабильная стадия



Введение

Промышленные отвалы являются естественной средой обитания для многочисленных биоценозов [1]. Процесс образования биоценозов протекает медленно из-за обедненности почвообразующих субстратов. Недостаток питательных веществ — значительное препятствие, особенно в засушливых регионах. Начальное почвообразование на отвалах полезных ископаемых аналогично первичному почвообразованию на стерильных породах в природе [2]. Несмотря на наличие минимально богатых питательными веществами почв, перекапывание поверхностных отвалов не повышает продуктивность растений и не осаждает питательные вещества, а усиливает почвообразовательный процесс и способствует росту активных почвенных микроорганизмов, в том числе хлорофиллов, за счет увеличения количества активных сообществ на суше. Азотфиксаторы, дополненные удобрениями, вносились вместе с плодородным слоем почвы (почвенный слой), в результате чего формировался плодородный слой почвы [1]. Глубокая добыча угля во влажном морском климате Великобритании может привести к загрязнению среды роста растений кислотными сточными водами, о чем свидетельствует степень, в которой они загрязняют потенциальную среду для роста растений [3]. Получение угольного сланца часто приводит к дефициту питательных веществ и проблемам токсичности из-за выветривания, абиотического разрушения при значительных пространственных и временных различиях данных параметров [2].

Целью данной работы являлось изучение особенностей почвенного покрова и биорекультивации угольных отвалов.

Воздействие добычи угля на ландшафт

Добыча угля в Лужицкой горной области на востоке Германии наносит большой ущерб окружающим ландшафтам. Обилие пирита, в основном образующегося из золы, главного компонента подавляющего большинства почвообразующих пород, делает мелиоративные работы неэффективными из-за чрезвычайной фитотоксичности почвообразующих горных пород. Пирит часто демонстрирует резкое снижение значений рН, электропроводности и растворимости, а при выветривании электропроводность увеличивается, что делает его лучшим субстратом для аккумуляции ионов тяжелых металлов, которые влияют на качество дренажных и грунтовых вод на территории карьера [4].

По данным ведущих ученых, проводивших эксперименты на отвалах бурого угля месторождениях, на преобразование углеродных молекул значительное влияние оказывают условия окружающей среды. Было обнаружено, что минерализация угля увеличивалась при рН 5,3 в отличие от минерализации при 3,2, когда кислотность озерных отложений, несущих уголь, была оставлена на размыв, что указывает на то, что скорость минерализации обычно выше с увеличением рН [5].

На литологическую неоднородность нарушенных территорий Кузбасса влияет способ их обработки и добычи угля [6]. Жидкие покровные отложения также удерживаются в отвалах за пределами карьера для удаления горных пород и первичных отложений [7].



На поверхности районов, нарушенных добычей угля, отмечается сильная мощность гумусово-аккумулятивных горизонтов с высокими как средними, так и расчетными темпами увеличения мощности [8]. Почвообразующие породы никелевых отвалов имеют уникальный минералогический и гранулометрический состав, что обуславливает самовосстановление, поэтому почвенно-растительный покров на никелевых отвалах требует больше времени для прогрева, чем угольные и железорудные месторождения. В растительности на отвалах количество микроэлементов в 200 раз превышает фоновые значения без учета сенокосного и сельскохозяйственно-пастбищного использования мелиорированных территорий. При биомелиорации вскрышных пород микроэлементами для оценки их пригодности для биологической рекультивации помимо химического состава следует учитывать содержание и подвижность этих микроэлементов [9].

Отложения залежей при магнитной аномалии состоят из избытка пород с химическими и агрохимическими свойствами, описанными в тексте работы [10]. По мнению авторов, существуют значительные несовпадения в физико-химических свойствах, геологических условиях расположения технического элювия и разновозрастных пород, что становится причиной различий в качестве условий почвообразования и требует применения методов мелиорации почв.

Субстрат, расположенный на отвалах, может ускорить процесс восстановления растительных биоценозов. Биоразнообразие растительных сообществ дополняется биологическими факторами. Медленное восстановление растительных сообществ – это процесс ремедиации более глубокого слоя почвы, который может постепенно замещать верхний. При этом выявляют слабые и непродуктивные растения, характеризующиеся качеством и количеством удобрений, требуемых для выращивания. Как видно, контроль за состоянием почвенного покрова не ограничивается первым десятилетием. Метастабильные в более поздних поколениях фитоценозы характеризуются обедненным составом и дефектным характером при достижении метастабильной стадии. Растения и их виды составляют значительную часть агрохимических признаков почвообразующих субстратов [11].

Технологические ландшафты рыхлых пород и молодых почв характеризуются сложными геохимическими закономерностями поглощения наносов и перемещения биологических факторов, связанных с разнообразием почвенно-водной системы, что делает их более сложными, чем природные ландшафты. Влияние растений, удобряющих молодые почвы, приводит к накоплению органических компонентов в верхней части профиля [12]. Показано, что токсичные соли, содержащиеся в подземных водах и нефтяных месторождениях Гомельской области Беларуси, вызывают гибель молодых сеянцев сосны, а стадия грубого саморазвития продлевается до 5 лет. Удлиняется вегетационный период многолетних и древесных растений. Слой коры характеризуется мембранозной оболочкой. Первоначальная экология леса строго не отслеживалась, поэтому ее структура неясна. В течение 5 лет на полигонах угольных отвалов происходит травяная фитофагия, концентрации растворенных солей в верхних грунтовых водах и водоносных горизонтах



приближаются к фоновым, а через 10–15 лет отвалы замещаются молодыми вторичными лесами с высоким содержанием растворимых солей. Примерно 10–15 лет лес покрывается густым кустарником [13].

На золоотвалах Томь-Усинской ГРЭС и хвостохранилищах обогащенных комбинатов в Кемеровской области почвообразование оценивается в целом как неудовлетворительное при неблагоприятном состоянии грунтовых вод. На органической стадии рекультивации (в течение 20 лет) период появления почвенных зародышей фитоценозов является основным фактором для структурирования поверхности. Невозможно создать корнеобитаемый слой без рекультивации почв, без нанесения потенциально плодородного слоя (ППС) и плодородного слоя почвы (ПСП). Без рекультивации нарушенные почвы могут оказывать негативное воздействие на среду их обитания [14].

Польские ученые анализировали техническую пыль, образующуюся при утилизации отходов теплоэлектростанций после сжигания каменного угля. В ходе исследования были выявлены особенности золы, виды и показатели почвообразования отвалов раннего возраста. Свойства анализируемого материала зависят от типа золы, способа утилизации и переработки шлаков. Количество образующейся молодой почвы зависит от условий почвообразования, на которые воздействуют растительность, деятельность человека и климатические / метеорологические условия [15].

Данные бурогольных бассейнов Московского региона показывают, что после процесса оседания зола движется вниз по течению и образует естественные территориальные конфигурации, но в то же время может переноситься и образовываться в соседних регионах, представляя собой сложный природный территориальный комплекс. В результате ландшафтного освоения угольных и пустынных отвалов заселяются наиболее равнинные участки, где появились пионерные растения, примитивные и менее токсичные почвы, а также природные продукты [16].

В Испании была предложена технология, основанная на использовании донных отложений для восстановления деградированных или загрязненных земель. Предварительные исследования показали, что осадок нельзя использовать в качестве грунта без соответствующей подготовки из-за его неблагоприятного механического (гранулометрического) состава, который приводит к образованию корки и выветриванию. Пресные подземные воды обрабатываются иловыми добавками, а различные органические примеси, извлекаемые из отходов, используются для улучшения состава технологии и повышения физико-химических свойств вновь получаемых материалов. Тесты на оксиды в растениях показали, что в изученных отложениях было слишком много солей, чтобы поддерживать рост семян. Использование бессолевых удобрений для компостирования повышало всхожесть более чем в три раза [17].

Методы, которые сводят к минимуму негативное воздействие грунтовых вод на растительность, направлены не только на экологические риски, но и на восстановление и улучшение экосистемных услуг. В биотехнологии известковый гравий с щелочным буфером используется для естественного отделения сульфатсодержащих отходов. Его покрывают сначала сельскохозяйственными, затем шахтными отходами (стальной сеткой) и растительной мульчей. Используя данный прием, удалось до-



биться значительного увеличения энергии прорастания и накопления биомассы растений по сравнению с контрольным методом. Биомасса этих видов растений не отличается высокой концентрацией, поэтому, несмотря на опасные уровни элемента, его уровни недоступны для домашнего скота [18].

Искусственные ландшафты могут иметь прилегающие скальные породы, но биологическое развитие подземных вод ограничено перенаселенностью, недостатком питательных веществ или концентрацией растворимых солей и тяжелых металлов (то есть концентрацией растворимых солей и тяжелых металлов).

Содержание угля в почвообразующих породах определяет специфику угольных отложений, а их удельный вес составляет более 10 %. Количество древесного угля, отложившегося в отходах, влияет на скорость и тенденцию развития подземных вод за счет метаморфизма, окисления и диффузии молодых почв, подвергающихся процессам почвообразования [19]. Антрациты – минерал, наиболее быстро поддающийся воздействию в процессе диагенеза, что придает ему уникальные характеристики по сравнению с другими твердыми горючими минералами (ТГМ). Метаморфизм угля – это непрерывное явление, которое происходит, когда геологические события изменяются в жидких, текущих каналах. При образовании антрацита происходит не только складчатость и оседание угленосных толщ, но и контактный метаморфизм – взаимодействие глубинных пород с внедрением их погребенных поверхностей, – приводящий к образованию антрацита [20; 21]. Установлено, что горловские антрациты имеют слоистое ядро в условиях сухих болот, что позволяет предположить по составу и форме глинистых минералов (указаны в соотношениях) накопление осадков в этих сухих болотах и их проседание (региональный метаморфизм) [22; 23]. О динамометаморфическом влиянии свидетельствует сложное геологическое строение Горловской котловины, характеризующееся слоями трещин и перетяжек, а также поверхностями скольжения. Контактный метаморфизм также является возможным признаком угленосных толщ, вариации степени метаморфизма и присутствия долеритов в высоких концентрациях угленосных толщ, а также степени пеплообразования, количества и интенсивности минералов. Пеплообразование происходит во время метаморфоза, на что могут влиять наличие сланцевых отложений и концентрация тяжелых металлов [24 – 26].

Метаморфизм изменяет химический состав и свойства горловского антрацита, повышая его механическую прочность и жаростойкость. Антрацит подвергается набуханию и окислению CO_2 , ускоряя реакцию и превращаясь в метаморфизованный донецкий антрацит [27 – 31]. Большие количества микроэлементов обеспечивают возможность поглощения и секреции ионов, создавая соответствующие условия для удобрения микробиоты и растений питательными веществами, необходимыми для роста растений [32].

Горловский антрацит пригоден для промышленных процессов благодаря своей высокой концентрации, стойкости к окислению на воздухе и механическим свойствам, что делает его ценным сырьем [33]. Кроме



того, эти свойства гарантируют, что антрацит не подвергается атмосферным воздействиям в условиях окружающей среды, что повышает его защиту. Условия образования антрацитовых углей влияют и на источник осадконакопления аргиллитов и сланцев, слагающих покрытие Горловских отвалов, что имеет место почти во всех случаях. Восстановление почвенного покрова и растительности при добыче антрацитовых углей занимает больше времени, чем при размещении в сопоставимых технических ландшафтах для каменного и бурого угля [19]. В Горловском бассейне антрацит добывается карьерным способом, а в Донбассе удаление вскрышных и угленосных пород занимает важную площадь, затрагивая в 10 раз больше соседних территорий [34].

Наличие редкоземельных и радиоактивных элементов в антраците вызывает медленное развитие биоты на поверхности отвалов из-за их потенциального токсического воздействия на микроорганизмы и растительность. Молодые почвы склонны чаще накапливать гумус при засыпке, что также выступает причиной этого явления [35]. Экологические условия отвалов месторождений антрацита неудовлетворительны для почвообразования на протяжении как минимум 20 лет из-за неблагоприятных факторов, влияющих на почвообразование и качество почв [36].

В таблице 1 представлена зависимость вида рекультивации от объекта рекультивации.

Таблица 1

Характеристика вида рекультивации в зависимости от объекта рекультивации

Наименование объекта рекультивации	Виды рекультивации	
	Лесная	Травянисто-кустарниковая
Отвалы грунты	Непригодные по физико-химическому составу породы	Малопригодные по физико-химическому составу породы
Рекультивационный слой	Потенциально плодородный слой, плодородный слой почвы	Потенциально плодородный слой, плодородный слой почвы, экранирующий слой

Биорекультивация угольных отвалов

Биорекультивация направлена на возобновление процессов почвообразования, улучшение способности почвы к самоочищению и воспроизводству фитоценозов. Формирование культурных ландшафтов на техногенных почвах достигается лишь после завершения биорекультивации [37].

Биологическая рекультивация проводится в два этапа. Не первом осуществляют подбор растений, способных произрастать на техногенно нарушенных ландшафтах. Они должны относиться к группе устойчивых видов с высоким фиторемедиационным потенциалом.



Заращение техногенно нарушенных участков способствует возникновению запаса органического вещества, который в результате биохимических процессов улучшает питательный режим этих почв и поддерживает образование устойчивого растительного сообщества [38].

Скорость почвообразования и формирование почвенных горизонтов зависят от свойств почвообразующих пород, их водного и теплового режимов, рельефа, природно-климатических условий данного района, от видового состава растительности и продолжительности природного восстановления земель [39].

Для проведения биологических этапов рекультивации подбираются древесные породы, которые обладают высокой устойчивостью к нарушенным ландшафтам и неблагоприятным факторам. По СФО, самые распространенные древесные породы – это сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), ель колючая (*Picea pungens*), лиственница европейская (*Larix decidua*), пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius*), береза пушистая (*Betula pubescens*), тополь пирамидальный (*Populus nigra*), карагана древовидная (*Caragana arborescens*), роза морщинистая (*Rosa rugosa*), лох серебристый (*Elaeagnus commutata*), ива (*Salix*).

Сосна обыкновенная – растение-фиторемедиатор, относится к группе быстрорастущих хвойных пород. Сосны обладают высокой устойчивостью к засухе, не нуждаются в частом поливе, благодаря мощной корневой системе способствуют улучшению структурного состояния почвы [40].

В условиях техногенно нарушенных ландшафтов в последнее время активно используются саженцы ели обыкновенной и лиственницы европейской. Данные культуры хорошо справляются со снижением уровня тяжелых металлов в почве. Ель и лиственница как растения-фиторемедиаторы являются шумо- и ветрозащитными [41].

Также для восстановления ландшафтов высаживают лиственные деревья и кустарники.

Пузыреплодник калинолистный – быстрорастущий теневыносливый кустарник, произрастающий на различных типах почв, способен выдерживать кратковременную засуху и затопление в весенний период.

Тополь белый или серебристый достигает в местных условиях 25 м. В региональной культуре высокозимостойкий (5 баллов), засухоустойчивый (4 балла), мало поражается болезнями и вредителями (4 балла). Тополь – светолюбивая лиственная культура, но выносит боковое затенение. Растет быстро. Выдерживает избыточное увлажнение и засоление почвы, пылегазостойчив.

Ива – род древесных быстрорастущих растений, которые могут спокойно произрастать на участках с высоким залеганием грунтовых вод в течение всего периода вегетации. Для лучшей приживаемости следует высаживать молодые саженцы до 3 лет.

Роза морщинистая – неприхотливый кустарник, который может произрастать на любых почвах, в последнее время используется как растение-фиторемедиатор, так как хорошо вегетирует на почвах с высоким содержанием меди.

Следующая группа растений: береза, лох серебристый, карагана древовидная. Они способны накапливать тяжелые металлы в надземных



органах. Данный процесс называется гипераккумуляцией. Как правило, срок эксплуатации насаждений на участках с высоким содержанием тяжелых металлов составляет до 20 лет, далее у древесных культур наблюдается снижение вегетативной продуктивности, поэтому рекомендовано через 10 лет после проведения лесовосстановления осуществлять посадку растений [42].

Заключение

В результате проведенных исследований изучены особенности почвенного покрова и биорекультивации угольных отвалов. Показано, что на литологическую неоднородность нарушенных территорий Кузбасса влияет метод их отработки и горный способ добычи угля. Метастабильные в более поздних поколениях фитоценозы характеризуются обедненным составом и дефектным характером при достижении этой стадии. Показано, что биорекультивация направлена на возобновление процессов почвообразования, улучшение способности почвы к самоочищению и воспроизводству фитоценозов. Подбор растений для рекультивации осуществляется на основе способности произрастать на техногенно нарушенных ландшафтах. Данные растения должны относиться к группе устойчивых видов с высоким фиторемедиационным потенциалом (например, *Pinus sylvestris*, *Picea pungens*, *Larix decidua*, *Physocarpus opulifolius*, *Betula pubescens*, *Populus nigra*, *Caragana arborescens*, *Rosa rugosa*, *Elaeagnus commutata*). Эти культуры отличаются высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам и являются перспективными для проведения биологической рекультивации техногенно нарушенных ландшафтов.

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

Список литературы

1. Колесников Б. П., Пикалова Г. М. К вопросу о классификации промышленных отвалов как компонентов техногенных ландшафтов // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1974. С. 3 – 28.
2. Kent M. Plant growth problems in colliery spoil reclamation – a review // Applied Geography. 1982. Vol. 2, iss. 2. P. 83 – 107. doi: 10.1016/0143-6228(82)90029-7.
3. Dang Z., Liu C., Haigh M. Mobility of heavy metals associated with the natural weathering of coal mine spoils // Environmental Pollution. 2002. Vol. 118. P. 419 – 426. doi: 10.1016/S0269-7491(01)00285-8.



4. Hüttl R.F. Ecology of post strip-mining landscapes in Lusatia, Germany // *Environmental Science and Policy*. 1998. Vol. 1. P. 129–135. doi: 10.1016/S1462-9011(98)00014-8.

5. Chabbi A., Rumpel C., Grootes P.M. et al. Lignite degradation and mineralization in lignite-containing mine sediment as revealed by ¹⁴C activity measurements and molecular analysis // *Organic Geochemistry*. 2006. Vol. 37. P. 957–976. doi: 10.1016/j.orggeochem.2006.02.002.

6. Рагим-заде Ф.К. Почвообразующие породы техногенных ландшафтов. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск, 1992. С. 15–45. EDN: VQRTQK.

7. Кулебакин В.Г. Микроорганизмы рекультивируемых отвалов Байдаевского углереза в Кузбассе и их окислительная активность // *Почвообразование в техногенных ландшафтах*. Новосибирск, 1979. С. 179–185.

8. Daniels W.L., Haering K.C., Galbraith J.M. Mine soil morphology and properties in pre- and post- SMCRA coal mined landscapes in Southwest Virginia // *Proceedings American Society of Mining and Reclamation*. 2004. Vol. 1. P. 421–449. doi: 10.21000/JASMR04010421.

9. Махонина Г.И. Начальные процессы почвообразования на породных отвалах Липовского месторождения никеля // *Почвообразование в техногенных ландшафтах*. Новосибирск, 1979. С. 123–140.

10. Пигорев И.Я., Буланова Ж.А. Агрехимические свойства вскрышных пород, как условие почвообразовательного процесса и рекультивации КМА // *Актуальные проблемы экологии и природопользования : материалы Всерос. науч.-практ. конф.* 2017. С. 111–114. EDN: YUBCAR.

11. Тарчевский В.В., Чибрик Т.С. Естественная растительность отвалов при открытой добыче каменного угля в Кузбассе // *Ученые записки УрГУ. Серия биологическая*. Свердловск, 1970. Вып. 5, №94. С. 65–77.

12. Етеревская Л.В., Угарова В.А. Процессы почвообразования в техногенных ландшафтах степи УССР // *Почвообразование в техногенных ландшафтах*. Новосибирск, 1979. С. 140–156.

13. Гусев А.П. Фитоиндикационная оценка качества рекультивации земель, нарушенных при бурении скважин // *Экология и промышленность России*. 2008. №1. С. 39–41. EDN: JVRXOP.

14. Двуреченский В.Г., Андроханов В.А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов Новокузнецкого промышленного комплекса // *Живые и биокосные системы*. 2017. №20. С. 1–15. EDN: ZBEXKB.

15. Uzarowicz Ł., Zagórski Z., Mendak E. et al. Technogenic soils (Technosols) developed from fly ash and bottom ash from thermal power stations combusting bituminous coal and lignite. Part I. Properties, classification, and indicators of early pedogenesis // *Catena*. 2017. Vol. 157. P. 75–89. doi: 10.1016/j.catena.2017.11.005.

16. Шаранова А.В., Семенков И.Н., Леднев С.А. и др. Саморазвитие горнопромышленных ландшафтов старого района угледобычи в тульской области // *Экология и промышленность России*. 2017. Т. 21, №12. С. 54–59. doi: 10.18412/1816-0395-2017-12-54-59. EDN: ZUMFCZ.

17. Macía P., Fernández-Costas C., Rodríguez E. et al. Technosols as a novel valorization strategy for an ecological management of dredged marine sediments // *Ecological Engineering*. 2014. Vol. 67. P. 182–189. doi: 10.1016/j.ecoleng.2014.03.020.



18. Santos E. S., Abreu M. M., Macías F. Rehabilitation of mining areas through integrated biotechnological approach: Technosols derived from organic / inorganic wastes and autochthonous plant development // *Chemosphere*. 2019. Vol. 224. P. 765–775. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.02.172.

19. Соколов Д. А., Нечаева Т. В. Поглощительная способность и состав обменных катионов различных видов угля // *Углекислотная химия и экология Кузбасса*. 2019. С. 55. EDN: GMBEFC.

20. Меленевский В. Н., Фомин А. Н., Конышев А. С., Талибова А. Г. Контактное преобразование угля под воздействием долеритовой дайки (Кайерканское месторождение, Норильский район) // *Геология и геофизика*. 2008. Т. 49, №9. С. 886–894. EDN: JWGIMH.

21. Хоменко А. В., Гордеева А. О., Павлов А. Л. Трапповый магматизм – основная причина метаморфизма угля и массовой генерации углеводородов в Тунгусском угольном бассейне // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2005. №6. С. 72–80. EDN: PFHAFH.

22. Остапьевская Н. С. Антрациты Горловского бассейна Западной Сибири – сырье для производства электродов. Новосибирск, 1978.

23. Кизильштейн Л. Я., Наставкин А. В. Минералы глин в антрацитах // *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2003. №1. С. 30–37. EDN: RSYTLZ.

24. Угольная база России. М., 2003. Т. II : Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири.

25. Вялов В. И., Голицын М. В., Голицын А. М. Антрациты России и мира. М., 1998. EDN: WZDUDB.

26. Скрипченко Г. Б. Структура, свойства и направления использования антрацитов Горловского бассейна // *Химия твердого топлива*. 2010. №3. С. 3–15. EDN: LSQXYR.

27. Улановский М. Л. Теплота сгорания углей: основные закономерности изменения и новые способы расчета // *Кокс и химия*. 2010. №9. С. 5–12. EDN: MUVRDV.

28. Каменецкий Б. Я. Тепловая эффективность котлов при работе на антраците, каменных и бурых углях // *Промышленная энергетика*. 2011. №2. С. 12–14. EDN: MNOBTM.

29. Самойлик В. Г. Классификация твердых горючих ископаемых и методы их исследований. Харьков, 2016.

30. Гольнская Ф. А. Степень метаморфизма как главный генетический признак самовозгорающихся углей // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2013. №7. С. 164–169. EDN: RGRPDL.

31. Пинчук В. А. Экспериментальные исследования закономерностей воспламенения и горения водоугольного топлива, полученного из углей различной стадии метаморфизма // *Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии*. 2014. №1 (14). С. 159–164. EDN: WFRCKN.

32. Нечаева Т. В., Соколов Д. А. Оценка К-фиксирующей способности различных видов углей // *Природно-техногенные комплексы: современное состояние и перспективы восстановления* : сб. материалов междунар. науч. конф. 2016. С. 173–179. EDN: WIJOAL.



33. Вялов В. И. Качества и свойства антрацитов основных угольных бассейнов и месторождений СНГ и их рациональное использование // Обзорная информация. Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений топливно-энергетического сырья. 1994. №6. С. 1–74. EDN: XAJSGX.

34. Артамонова В. С., Бортникова С. Б., Оплеухин А. А. Техногенное загрязнение почв подотвальными водами в районе угледобычи // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2016. №4 (28). С. 38–45. EDN: XIPFZD.

35. Артамонова В. С. Биогеохимические аспекты почвообразования в угледобывающих районах // Антропогенная трансформация природной среды. 2017. №3. С. 179–181. EDN: ZUJVPT.

36. Госсен И. Н., Кулижский С. П., Данилова Е. Б., Соколов Д. А. Бонитировочный подход к оценке почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов Сибири (на примере отвалов антрацитовых, каменно- и бурогольных месторождений) // Вестник НГАУ. 2016. №2 (39). С. 71–81. EDN: WIQRYR.

37. Андроханов В. А. Практическое решение проблемы рекультивации нарушенных земель на основе инновационного процесса // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. №12. С. 258–264. EDN: KXTAXT.

38. Гордеева Т. Х. Биология. Разнообразие живых организмов в природных сообществах : учеб. пособие. Йошкар-Ола, 2004. EDN: QKNBSV.

39. Гордеева Т. Х., Малюта О. В. Динамика параметров биологической активности почвы как показатель почвенноэкологических условий на объекте рекультивации // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. №2 (40). С. 34–36. EDN: QAQTNP.

40. Залесов С. В., Залесова Е. С., Зверев А. А. и др. Искусственное лесовосстановление на рекультивированных землях в округе сосново-березовых предлесостепных лесов // Проблемы воспроизводства лесов Европейской тайги. Кострома, 2012. С. 63–66.

41. Карасева М. А., Лежнин К. Т. Применение фитомелиорантов при выращивании искусственных насаждений хвойных пород : монография. Йошкар-Ола, 2012. EDN: QLCVOP.

42. Застенская Л. Л. Рост и продуктивность березы и ее роль в формировании гумусового горизонта на нарушенных землях // Лесоведение и лесное хозяйство. 1990. №25. С. 54–56.

Об авторах

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

E-mail: stas-asp@mail.ru

ORCID: 0000-0002-4045-8054

SPIN-код: 8266-5409

Евгения Алексеевна Дюкова – специалист проектного офиса Управления проектной деятельности, Кемеровский государственный университет, Россия.

E-mail: jeniadulova@mail.ru

ORCID: 0009-0001-1372-2091

SPIN-код: 3718-4930



М. А. Осинцева, Е. А. Дюкова

STUDYING THE FEATURES OF SOIL COVER
AND BIORECLAMATION OF COAL DUMPS

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Received 23 June 2024

Accepted 09 September 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-6

To cite this article: Osintseva M. A., Dyukova E. A., 2024, Studying the features of soil cover and bioreclamation of coal dumps, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №4. P. 86–98. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-6.

97

*Industrial dumps serve as natural habitats for numerous biocenoses due to the specific features and directionality of early soil formation processes. The purpose of this study is to investigate the characteristics of soil cover and bioremediation on coal dumps. It is demonstrated that the lithological heterogeneity of disturbed territories in Kuzbass is influenced by mining technologies, which directly affect the methods of coal extraction. The study establishes that eluviated material on technogenically disturbed lands shows significant variations in physical and chemical properties depending on the conditions of formation. These differences determine the varying quality of the resulting soils and underscore the need for reclamation efforts. Phytocenoses at later metastable stages of development exhibit impoverished composition and structural deficiencies upon reaching this stage. It is proven that the impact of vegetation on young soils, supplemented by fertilization, can lead to the accumulation of biophilic elements in the upper soil profile. The presence of rare earth and radioactive elements in anthracite slows the development of biota on dump surfaces due to their potentially toxic effects on microorganisms and vegetation. Bioremediation is shown to focus on restoring soil formation processes, enhancing soil self-purification capabilities, and re-establishing phytocenoses. The selection of plant species for reclamation is based on their ability to thrive in technogenically disturbed landscapes. These species should belong to a group of resilient plants with high phytoremediation potential, such as *Pinus sylvestris*, *Picea pungens*, *Larix decidua*, *Physocarpus opulifolius*, *Betula pubescens*, *Populus nigra*, *Caragana arborescens*, *Rosa rugosa*, and *Elaeagnus commutata*. These species are characterized by high resistance to adverse factors and are considered promising for biological reclamation of technogenically disturbed landscapes.*

Keywords: soil formation, soil, reclamation, phytoremediation, phytocenoses, biota, metastable stage

The authors

Dr Maria A. Osintseva, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia.

E-mail: stas-asp@mail.ru

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

SPIN-код: 8266-5409



Evgenia A. Dyukova, Specialist of the Project Office of the Management of Project Activities, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia.

E-mail: jeniadulova@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0001-1372-2091>

SPIN-код: 3718-4930

УДК 546.295

К. С. Милутинович

**МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ КСЕНОНА,
КОРРЕКТИРОВКА АУТИСТИЧЕСКИ-ПОДОБНОГО ПОВЕДЕНИЯ
И СИМПТОМОВ АУТИЗМА У КРЫС**

99

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Россия
Поступила в редакцию 10.06.2024 г.
Принята к публикации 19.09.2024 г.
doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-7

Для цитирования: Милутинович К. С. Механизм действия и применение ксенона, коррективировка аутистически-подобного поведения и симптомов аутизма у крыс // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №4. С. 99–108. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-7.

Ксенон – инертный газ, обладающий широким спектром действия на организм человека и животных. В последние годы он используется во многих областях медицины, а также стал предметом исследования многих научных работ. В данной работе будет обобщена имеющаяся информация о ксеноне. В настоящее время известен основной механизм действия газа на организм – снижение активности NMDA-рецептора. Оно лежит в основе большинства эффектов инертного газа. Продолжающееся изучение механизмов действия ксенона выявило ряд киназных каскадов, обеспечивающих протекторные свойства газа. Также была показана эффективность ксеноновых ингаляций в качестве наркоза во время операций, при трансплантологии органов, а также для снижения болевых синдромов. Новой областью применения инертного газа может стать коррективировка симптомов психо-нейродегенеративных заболеваний, в частности аутизма. Для пациентов с расстройством аутистического спектра характерно наличие гипервозбудимости и повышенной тревожности, нарушение социального взаимодействия. Применение ингаляций ксенона способствует нормализации аутистически-подобного поведения животных с вальпроатной моделью аутизма.

Ключевые слова: ксенон, инертный газ, ксенон в медицине, свойства ксенона, механизм действия ксенона, аутизм, РАС

Введение

Ксенон (Xe) – редкий одноатомный газ, встречающийся в атмосфере Земли, не имеет цвета, запаха и вкуса, он также не горит. Ксенон относится к инертным газам, как и другие представители 18-ой группы



периодической таблицы Менделеева. Благодаря инертности он быстро выводится из организма, а также не является наркотиком. Газ обладает широким спектром эффектов на организм, среди которых анальгезирующее, седативное и антистрессорное действие. Немаловажен тот факт, что ксенон нетоксичен, а также не представляет собой аллерген [31]. В настоящее время известно множество биологических свойств инертного газа, что позволяет применять его во многих сферах медицины и биологии.

Основной эффект ксенона — способность вызывать наркоз — был открыт в 1946 г. Лазаревым Н. В., профессором военно-морской академии, а затем и Дж. Х. Лоуренс сообщил о наркотическом эффекте ксенона на мышах [37; 39]. В США в 1951 г. впервые использовалась 70%-ная ксенон-кислородная смесь в качестве анестезии во время операции. 10-минутная ингаляция привела к полной анальгезии — наркозу. После операции не было выявлено никаких побочных эффектов от наркоза ксеноном [5]. Затем и в СССР в 1962 г. также были проведены первые операции с ксеноновой анестезией [39]. С 1999 г. этот газ стал официально применяться в качестве анестезии в России. Однако незначительное количество ксенона в атмосфере и, следовательно, его дороговизна затрудняют применение [37].

Механизм действия ксенона

В 1998 г. было впервые показано, что ксенон влияет на NMDA-рецепторы клеток культуры гиппокампа [9]. Рецепторы NMDA обеспечивают запуск множества внутриклеточных каскадов путем увеличения концентрации внутриклеточного кальция. Для активации рецепторов необходимо наличие двух молекул глицина и двух молекул глутамата, а для некоторых форм NMDA-рецепторов и вовсе достаточно одной молекулы глицина [21; 23]. Позже стало известно, что ксенон конкурирует за сайт связывания с глицином в NMDA-рецепторах [2; 6; 12]. Хе взаимодействуют с С-концевыми участками ароматических остатков трех аминокислот: Trp 731, Phe 758, Phe 484, которые образуют сайт связывания [1]. Как минимум 3 атома ксенона способны связаться с сайтом посадки глицина. Связываясь с рецептором, ксенон меняет его конформацию, тем самым изменяя и его активность. Таким образом, ксенон антагонист не только NMDA-рецепторов, но и глицина [2; 6; 12].

Также известно, что ксенон оказывает слабое воздействие на ГАМК-рецепторы (γ -аминомасляная кислота): 80%-ная ксеноновая смесь снижает активность рецептора лишь на 8 %, в то время как смесь той же концентрации ксенона способна снижать активность NMDA-рецептора примерно на 60 % и поддерживать хирургическую анестезию [9].

Помимо ингибирующего эффекта на вышеперечисленные рецепторы, ксенон способен активировать некоторые калиевые каналы: TREK-1, TASK и KATP (АТФ-чувствительный) [13]. Изменение их активности приводит к увеличению эффектов HIF-1 α (индуцируемый гипоксией фактор-1 α), VEGF (фактор роста эндотелия сосудов) и эритропоэтина (далее — ЭПО). Это наблюдалось как у мышей, так и у культуры клеток почки человека [19]. Эритропоэтин стимулирует пролиферацию и



дифференцировку клеток, при этом ингибирует апоптоз. Перечисленные функции лежат в основе защитных механизмов опосредованных ЭПО [38].

Некоторые из свойств ксенона связаны с его способностью влиять на ряд внутриклеточных киназ. Он способствует фосфорилированию PKC и MAPK-активируемого протеина киназы-2 (МАРКАРК-2), а также Хе способен напрямую активировать р38-МАРК. Известно, что ингаляция ксеноном влияет на ERK-1/2 киназу и на малый белок теплового шока-27 (HSP 27), который участвует в реорганизации цитоскелета клетки. Кроме того, ксеноновая ингаляция приводила к снижению TNF- α индуцированной активности NF- κ B [25]. Макрофаги человека также откликаются на инкубацию в среде с ксеноном, изменяя экспрессию своих рецепторов (TLR-4 и CD86) [27].

Помимо изменения активности рецепторов и киназ, ксенон способен влиять на уровень гормонов в крови. Так, после ингаляции Хе происходит снижение уровней соматотропного и тиреотропного гормонов, а также кортизола в крови. Помимо этого, в течении часа наблюдалось незначительное снижение уровня АКТИГ [36]. В некоторых исследованиях также детектировалось увеличение уровня норадреналина и пролактина в крови пациентов [39].

Применение ксенона в медицине

Одним из первых обнаруженных эффектов ксенона стала его способность вызывать анальгезию, анестезию и даже наркоз [10]. Так, при ингаляции смеси с содержанием ксенона от 60 % после 5–6 вдохов наступает выраженная анальгезия, затем, через пару минут, — стадия полной анальгезии, довольно быстро приводящая к наркозу. Хе не вызывает побочных эффектов после анестезии и наркоза, а также позволяет быстро выводить пациента из наркоза после отключения подачи инертного газа [32]. Это свойство обеспечивается тем, что коэффициент растворимости ксенона низкий (0,14), что позволяет газу выводиться в неизменном виде из организма [30].

Ксенон успешно применяется для уменьшения боли при хронических болевых синдромах [39], обширных ранах [30] и онкологии. Так, после сеансов ингаляции с 50%-ным содержанием инертного газа большинство пациентов чувствовало значительный анальгетический эффект, который сохранялся еще 2 недели, после прекращения сеансов ксеноновой терапии [29].

Известно, что ксенон обладает протекторными свойствами. Он является нейропротектором при кислородно-глюкозной депривации, а также после повреждений, вызванных изменением работы NMDA-рецепторов и глутамата [24]. Ингаляция Хе уменьшает объем повреждений у мышей после черепно-мозговой травмы, а также снижает количество инфильтрата после ишемии мозга у крыс [11; 25]. Ксенон способен защищать от повреждений не только головной мозг, но и спинной, а также сердце, сосуды и почки. Кардиопротективные свойства ксенона опосредованы активацией фактора SAFE и пути киназы RISK. Другим



механизмом, участвующим в кардиопротекции, может быть блокировка ксеноном кальций-зависимых каналов в эндотелии, из-за чего меняется функция эндотелия [26]. Xe также способен защищать легкие, активируя HIF-1 α и защитный путь PI3K-Akt-mTOR [28].

Ксенон используют в трансплантологии, что способствует не только выживаемости трансплантата [25], но и снижению осложнений связанных с операцией. Известно, что инкубация в 70%-ной ксенон-кислородной смеси крысиного почечного трансплантата предотвращает развитие почечной дисфункции и почечной недостаточности после ишемического-реперфузионного повреждения путем увеличения экспрессии инсулиноподобного фактора роста-1 и HIF-1 α . Как следствие, увеличивается экспрессия ЭПО. Активация вышеперечисленных факторов снижает риск развития апоптоза, анемии, а также увеличивает регенерацию ткани [19]. Инкубирование почечной клеточной культуры крысы в среде с 70%-ной ксеноновой смесью показало, что уровень провоспалительных цитокинов снижался, способствуя выживаемости трансплантата [27]. Во время трансплантации Xe ингаляция также защищает легкие от повреждений, вызванных искусственной вентиляцией [28].

На практике ксенон показал свою эффективность при лечении посттравматических стрессорных состояний, ослабляя активацию симпатической системы в пользу парасимпатической, а также изменяя активности ЭЭГ ритмов коры: снижение дельта- и тета-диапазонов и увеличение альфа-диапазона [34].

До запрета антидопинговым агентством (WADA) в 2014 г. ксенон-кислородная газовая ингаляция использовалась спортсменами, поскольку оказывала положительное влияние на их психологическое состояние, способствовала восстановлению мышц и уменьшению усталости после тренировок [33], обусловленное активацией парасимпатической нервной системы после стрессовых ситуаций [34].

Применение Xe для коррективки симптомов аутизма и некоторых других психо-нейродегенеративных заболеваний

Расстройства аутистического спектра (далее – РАС) – это комплекс заболеваний, основными характеристиками которых считается нарушение развития нервной системы и социального взаимодействия [14], двигательной активности, когнитивных функций и речи, а также наличие повышенной тревожности и гипервозбудимости [22].

Причинами развития РАС могут стать как генетические, так и экологические факторы [14]. Одной из них является нарушение работы систем нейромедиаторов, среди которых ГАМК-, серотонин-, глутамат-, и дофаминергическая системы [4]. Большое внимание уделяется нарушению работы NMDA-рецептора, поскольку при многих генетических моделях РАС также наблюдается снижение его работы. Немаловажен и тот факт, что NMDA-рецептор участвует в синаптической пластичности и дифференцировке нейронов в головном мозге [18]. При нормализации работы NMDA-рецептора наблюдаются коррективка аутистически-подобного поведения, в частности социального [17]. Большинство



методов лечения (психотропные препараты) имеют сильные побочные эффекты. Перспективным средством для корректировки симптомов РАС может стать ксенон [7], поскольку он способен оказывать антистрессорный и нейропротекторный эффект [31]. Значительную роль играет и тот факт, что при РАС наблюдается значительная гипервозбудимость [20], которую можно корректировать снижая активность NMDA-рецепторов, на что также направлено действие ксенона.

Было проведено несколько работ, направленных на изучение влияния инертных газов на поведение как интактных крыс, так и крыс с РАС, индуцированным вальпроатом натрия. [7; 35]. Хроническое введение вальпроата натрия приводит к появлению симптомов РАС у крысят, проявляющихся в аутистически-подобном поведении. Ингаляция 25%-ной ксенон-кислородной смесью способствовала улучшению сенсорной интеграции, а также снижению исследовательской активности и депрессивного поведения у интактных крысят [7]. У животных с аутизмом ингаляция ксеноном привела к уменьшению тревожности и исследовательской активности, сопоставимой с поведением у контрольных животных. Ксенон также снизил депрессивное и агрессивное поведение опытных животных. Таким образом, Xe нормализовал аутистически-подобное поведение у животных [7; 35].

На этом не заканчиваются положительные эффекты ксенона при корректировке симптомов РАС. Считается, что у детей с аутизмом наблюдается нехватка железа [8]. Существует связь между концентрацией железа и качеством миелинизации нейронов. При малой концентрации железа нарушается синтез ДНК, а следовательно, и пролиферация олигодендроцитов и нервных клеток [15]. Его дефицит также сказывается на качестве сна и пищеварения. Таким образом, есть основания предполагать, что уровень железа может коррелировать с тяжестью симптоматики РАС [8], из чего следует вывод о том, что ксенон, повышая уровень эритропоэтина, способствует не только нейропротекции, но и ослаблению расстройств (бессонница и желудочно-кишечный синдром), сопутствующих при аутизме.

Ксенон показал свою эффективность и в других нейродегенеративных заболеваниях. Так, при инкубации клеточной культуры нейронов головного мозга с Альцгеймером, индуцированным синтетическим аналогом глутамата (PDC) значительно уменьшался негативный эффект от воздействия PDC [16]. Ксенон также был эффективен при синдроме Паркинсона у макак и мышей с дискинезией, вызванной применением L-допы. Часовая ингаляция 50%-ной ксеноновой смесью привела к ослаблению симптомов индуцированной дискинезии, а также смягчала действие L-допы на осанку и походку [3].

Заключение

Таким образом, можно обобщить, что ксенон имеет широкую сферу применения в медицине, при этом не оказывая побочных эффектов на организм человека и животных. Он успешно применяется в анестезиологии, для снижения боли при разных заболеваниях, для уменьшения



последствий после хронического стресса, а также протекции тканей и органов после травм. Помимо уже известного механизма действия ксенона на организм — сокращение активности NMDA-рецептора и небольшое снижение активности ГАМК-рецептора — открываются новые пути действия инертного газа. Так, известно о влиянии ксенона на PKC и MAPKAPK-2 киназные пути, а также об активации фактора SAFE и пути киназы RISK. В последние годы ксенон стал изучаться как средство коррективки симптомов психо-нейродегенеративных заболеваний. Была показана действенность инертного газа в ослаблении симптомов дискинезии в модели Паркинсона, а также эффективность протекторных свойств ксенона в модели Альцгеймера. Не менее перспективной является способность ксенона снижать проявления аутистически-подобного поведения, а также тревожность и гипервозбудимость у животных с вальпроатной моделью аутизма. Более того, дальнейшее изучение Хе могло бы проверить на практике его способность нормализовать уровень железа в крови, что способствовало бы восстановлению сна и пищеварения, которые часто нарушены у пациентов с РАС.

Список литературы

1. *Andrijchenko N. N., Ermilov A. Y., Khriachtchev L. et al.* Toward molecular mechanism of xenon anesthesia: A link to studies of xenon complexes with small aromatic molecules // *Journal of Physical Chemistry A*. 2015. Vol. 119, №11. P. 2517–2521.
2. *Banks P., Franks N. P., Dickinson R.* Competitive inhibition at the glycine site of the n-methyl-d-aspartate receptor mediates xenon neuroprotection against hypoxia-ischemia // *Anesthesiology*. 2010. Vol. 112, №3. P. 614–622. doi: 10.1097/ALN.0b013e-3181cea398.
3. *Baufreton J., Milekovic T., Li Q. et al.* Inhaling xenon ameliorates l-dopa-induced dyskinesia in experimental parkinsonism // *Movement Disorders*. 2018. Vol. 33, №10. P. 1632. doi: 10.1002/mds.27404.
4. *Broek J. A. C., Brombacher E., Stelzhammer V., Guest P. C. et al.* The need for a comprehensive molecular characterization of autism spectrum disorders // *International Journal of Neuropsychopharmacology*. 2014. Vol. 17, №4. P. 651–673. doi: 10.1017/S146114571300117X.
5. *Cullen S. C., Gross E. G.* The anesthetic properties of xenon in animals and human beings, with additional observations on krypton // *Science*. 1951. Vol. 113, №2942. P. 580–582. doi: 10.1126/science.113.2942.580.
6. *Dickinson R., Peterson B. K., Banks P. et al.* Competitive inhibition at the glycine site of the N-methyl-D-aspartate receptor by the anesthetics xenon and isoflurane: Evidence from molecular modeling and electrophysiology // *Anesthesiology*. 2007. Vol. 107, №5. P. 756–767. doi: 10.1097/01.anes.0000287061.77674.71.
7. *Dobrovolsky A. P., Gedzun V. R., Bogin V. I. et al.* Beneficial effects of xenon inhalation on behavioral changes in a valproic acid-induced model of autism in rats // *Journal of Translational Medicine*. 2019. Vol. 17, №1. P. 1–15. doi: 10.1186/s12967-019-02161-6.
8. *Dosman C. F., Brian J. A., Drmic I. E. et al.* Children With Autism: Effect of Iron Supplementation on Sleep and Ferritin // *Pediatric Neurology*. 2007. Vol. 36, №3. P. 152–158. doi: 10.1016/j.pediatrneurol.2006.11.004.



9. Franks N. P., Dickinson R., De Sousa S. L. M. et al. How does xenon produce anaesthesia? // *Nature*. 1998. Vol. 396, №6709. P. 324. doi: 10.1038/24525.

10. Giacalone M., Abramo A., Giunta F., Forfori F. Xenon-related analgesia: A new target for pain treatment // *Clinical Journal of Pain*. 2013. Vol. 29, №7. P. 639–643. doi: 10.1097/AJP.0b013e31826b12f5.

11. Grebenchikov O. A., Molchanov I. V., Shpichko A. I. et al. Neuroprotective Properties of Xenon According to Experimental Studies // *Russian Sklifosovsky Journal "Emergency Medical Care"*. 2020. Vol. 9, №1. P. 85–95. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2020-9-1-85-95>.

12. Harris K., Armstrong S. P., Campos-Pires R. et al. Neuroprotection against traumatic brain injury by xenon, but not argon, is mediated by inhibition at the n-methyl-d-aspartate receptor glycine site // *Anesthesiology*. 2013. Vol. 119, №5. P. 1137–1148. doi: 10.1097/ALN.0b013e3182a2a265.

13. Jin Z., Piazza O., Ma D. et al. Xenon anesthesia and beyond: pros and cons // *Minerva Anestesiologica*. 2019. Vol. 85, №1. P. 83–89. doi: 10.23736/S0375-9393.18.12909-9.

14. Kim K. C., Gonzales E. L., Lázaro M. T. et al. Clinical and Neurobiological Relevance of Current Animal Models of Autism Spectrum Disorders // *Biomolecules & Therapeutics*. 2016. Vol. 24, №3. P. 207–243. doi: 10.4062/biomolther.2016.061.

15. Kostina O. V. The role of iron in the pathogenesis of autism spectrum disorders in children // *Voprosy Sovremennoi Pediatrii – Current Pediatrics*. 2018. Vol. 17, №4. P. 281–286. doi: 10.15690/vsp.v17i4.1920.

16. Lavour J., Lemaire M., Pype J. et al. Xenon-mediated neuroprotection in response to sustained, low-level excitotoxic stress // *Cell Death Discovery*. 2016. Vol. 2, №1. P. 1–9. <https://doi.org/10.1038/cddiscovery.2016.18>.

17. Lee E. J., Choi S. Y., Kim E. NMDA receptor dysfunction in autism spectrum disorders // *Current Opinion in Pharmacology*. 2015. Vol. 20. P. 8–13. doi: 10.1016/j.coph.2014.10.007.

18. Lim C. S., Kim M. J., Choi J. E. et al. Dysfunction of NMDA receptors in neuronal models of an autism spectrum disorder patient with a DSCAM mutation and in Dscam-knockout mice // *Molecular Psychiatry*. 2021. Vol. 26, №12. P. 7538–7549. doi: 10.1038/s41380-021-01216-9.

19. Ma D., Lim T., Xu J. et al. Xenon Preconditioning Protects against Renal Ischemic-Reperfusion Injury via HIF-1 α Activation // *Journal of the American Society of Nephrology*. 2009. Vol. 20, №4. P. 713–720. doi: 10.1681/ASN.2008070712.

20. Molofsky A. V., Krennick R., Ullian E. et al. Astrocytes and disease: a neurodevelopmental perspective // *Genes & Development*. 2012. Vol. 26, №9. P. 891–907. doi: 10.1101/gad.188326.112.

21. Petrenko A. B., Yamakura T., Sakimura K., Baba H. Defining the role of NMDA receptors in anesthesia: Are we there yet? // *In European Journal of Pharmacology*. 2014. Vol. 723, №1. P. 29–37. doi: 10.1016/j.ejphar.2013.11.039.

22. Randall M., Egberts K. J., Samtani A. et al. Diagnostic tests for autism spectrum disorder (ASD) in preschool children // *The Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018. Vol. 7, №7. doi: 10.1002/14651858.CD009044.pub2.

23. Vyklícky V., Korinek M., Smejkalová T. et al. Structure, Function, and Pharmacology of NMDA Receptor Channels // *Physiol. Res*. 2014. Vol. 63. P. 191–203. doi: 10.33549/physiolres.932678.



24. Wilhelm S., Ma D., Maze M., Franks N.P. Effects of xenon on in vitro and in vivo models of neuronal injury // *Anesthesiology*. 2002. Vol. 96, №6. P. 1485–1491. doi: 10.1097/00000542-200206000-00031.

25. Yin H., Chen Z., Zhao H. et al. Noble gas and neuroprotection: From bench to bedside // *Frontiers in Pharmacology*. 2022. Vol. 13, P. 1–15. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1028688>.

26. Zhang J., Liu W., Bi M. et al. Noble Gases Therapy in Cardiocerebrovascular Diseases: The Novel Stars? // *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2022. Vol. 9. P. 1–14. doi: 10.3389/fcvm.2022.802783.

27. Zhao H., Watts H.R., Chong M. et al. Xenon Treatment Protects Against Cold Ischemia Associated Delayed Graft Function and Prolongs Graft Survival in Rats // *American Journal of Transplantation*. 2013. Vol. 13, №8. P. 2006–2018. doi: 10.1111/ajt.12293.

28. Zhao H., Huang H., Ologunde R. et al. Xenon Treatment Protects against Remote Lung Injury after Kidney Transplantation in Rats // *Anesthesiology*. 2015. Vol. 122, №6. P. 1312–1326. doi: 10.1097/ALN.0000000000000664.

29. Абузарова Г. Р., Хороненко В. Э., Сарманаева Р. Р., Кузнецов С. В. Рандомизированное двойное слепое плацебо-контролируемое исследование ингаляций ксенона в терапии хронической боли в онкологии // *Annals of Critical Care*. 2020. Vol. 4, №4. P. 48–57. doi: 10.21320/1818-474X-2020-4-48-57. EDN: JQXMGK.

30. Багаев В. Г., Раушенбах Н. Г., Митиш В. А. и др. Обезболивание ксеноном в лечении обширных ран у детей // *Медицинский Алфавит*. 2021. Т. 10, №25. С. 52–57. doi: 10.33667/2078-5631-2021-25-52-57. EDN: VQTNZT.

31. Бубеев Ю. А., Котровская Т. И., Кальманов А. С. Ксеноново-кислородная газовая ингаляция для коррекции негативных последствий стресса // *Материалы конференции анестезиологов-реаниматологов медицинских учреждений МО РФ*. 2008. С. 4–8.

32. Буров Н. Е., Потапов В. Н., Молчанов И. В. и др. Наркоз ксеноном: практические рекомендации. М., 2003.

33. Бухтияров И. В., Кальманов А. С., Кисляков Ю. Ю. и др. Исследование возможности применения ксенона в тренировочном процессе для коррекции функционального состояния спортсменов // *Научно-Практический Журнал*. 2010. С. 22–29. EDN: MUUTMV.

34. Игошина Т. В., Котровская Т. И., Бубеев Ю. А. и др. Применение ингаляции субнаркологических доз ксенона в санаторном лечении посттравматических стрессовых расстройств // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2014. Т. 48, №5. С. 58–63. EDN: SZAVYV.

35. Милутинович К. С., Котова М. М., Гедзун В. Р. Исследование воздействия ксенона на крыс в модели постнатального введения вальпроата натрия: материалы междунар. молодежного науч. форума «Ломоносов-2019» / под ред. И. А. Алешковский, А. В. Андриянов, Е. А. Антипов. 2019. С. 15.

36. Мясникова В. В., Сахнов С. Н., Романов А. В. Цитопотективное действие ксенона // *Современные Проблемы Науки и Образования*. 2023. Т. 1, №1. С. 74–75. <https://doi.org/10.17513/spno.32446>.

37. Назаров Е. И. Озоновая, ксеноновая и озono-ксеноновая терапия. Обзор // *Вестник Физиотерапии и Курортологии*. 2016. Т. 22, №2. С. 124–167. EDN: YSEKZD.



38. Рысбекова Н., Нурмухамбетов А. Н., Балабекова М. К., Аканов А. А. Современные молекулярные механизмы адаптации к гипоксии (обзор литературы) // *Фундаментальная Медицина*. 2013. Т. 5, №1. С. 183–189.

39. Ярыгин Н. В., Шомина Е. А. Применение ксенона в медицинской практике (обзор литературы) // *Практическая Медицина*. 2022. Т. 20, №4. С. 171–176. doi: 10.32000/2072-1757-2022-4-171-176. EDN: EVVOBE.

Об авторе

Ксения Стевановна Милутинович — аспирант, лаборант-исследователь, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Россия.

E-mail: Milutinovic.Ksenija@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-9745-5452

SPIN-код: 7017-9055

107

K. S. Milutinovich

XENON'S MECHANISM OF ACTION AND APPLICATION, CORRECTION OF AUTISTIC-LIKE BEHAVIOR AND SYMPTOMS OF AUTISM IN RATS

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Received 10 June 2024

Accepted 19 September 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-7

To cite this article: Milutinovich K. S., 2024, Xenon's mechanism of action and application, correction of autistic-like behavior and symptoms of autism in rats, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №4. P. 99–108. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-7.

Xenon, an inert gas, exhibits a wide range of effects on the human and animal body. In recent years, it has been utilized in various fields of medicine and has become the focus of numerous scientific studies. This work aims to summarize the available information on xenon. The primary mechanism of the gas's action on the body is currently known to involve the reduction of NMDA receptor activity, which underpins most of its effects. Ongoing research into xenon's mechanisms has revealed several kinase cascades that contribute to the gas's protective properties. Additionally, xenon inhalation has been demonstrated to be effective as an anesthetic during surgeries, in organ transplantation, and in reducing pain syndromes. A novel application of this inert gas may be in addressing symptoms of psycho-neurodegenerative disorders, particularly autism. Patients with autism spectrum disorder are characterized by hyperexcitability, heightened anxiety, and impaired social interaction. Xenon inhalation has been shown to normalize autism-like behaviors in animal models of autism induced by valproate.

Keywords: xenon, noble gas, xenon in medicine, properties of xenon, mechanism of xenon action, autism, ASD



The author

Kseniya S. Milutinovich, Phd-student, laboratory assistant researcher, Lomonosov Moscow State University, Russia.

E-mail: Milutinovic.Ksenija@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-9745-5452

SPIN-код: 7017-9055

*Е. Г. Абрамова¹, С. В. Кирьянова², А. А. Толкачева¹,
О. Ю. Мальцева¹, Д. А. Черенков^{1, 2}*

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРИБОВ
РОДА *TRICHODERMA* В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ ПРЕПАРАТОВ
ФУНГИЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ**

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий,
Воронеж, Россия

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

Поступила в редакцию 02.05.2024 г.

Принята к публикации 09.09.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-8

Для цитирования: Абрамова Е. Г., Кирьянова С. В., Толкачева А. А., Мальцева О. Ю., Черенков Д. А. Оценка эффективности применения грибов рода *Trichoderma* в качестве основы препаратов фунгицидного действия // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №4. С. 109–122. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-8.

Для обеспечения устойчивого развития сельскохозяйственной отрасли современные исследования в этой области должны ориентироваться на создание и применение эффективных и экологически безопасных средств защиты растений от грибковых болезней. Современные сельскохозяйственные технологии позволяют создавать биопрепараты на основе микроорганизмов, эффективных в борьбе с фитопатогенами. Такие биопрепараты являются инновационным и перспективным решением для сельскохозяйственных производителей, стремящихся к устойчивому и экологически безопасному производству. В настоящее время особое внимание уделено разработке и использованию биопрепаратов на основе микромицетов рода *Trichoderma*, имеющих широкий спектр антагонистической активности против фитопатогенов. Однако необходимость индивидуального подбора штаммов *Trichoderma* с высокой антагонистической активностью для создания биофунгицидов представляется актуальной задачей. Цель исследования заключается в изучении антагонистической активности различных штаммов *Trichoderma* по отношению к фитопатогенам и оценке их потенциала для дальнейшего использования в качестве биопрепаратов в сельском хозяйстве. Подобрана оптимальная питательная среда, обеспечивающая максимальное накопление спор *Trichoderma*, методом двойных (встречных) культур изучена их антагонистическая активность по отношению к грибам родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*. Статистическая обработка полученных результатов проводилась методом дисперсионного анализа. Особое внимание уделено исследованию антагонистической активности консорциумов штаммов *Trichoderma* и оценке их потенциала для разработки эффективного биопрепарата.

Ключевые слова: антагонистическая активность, биологическая защита растений, грибковые заболевания растений, фунгициды, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Trichoderma*



Введение

В последние десятилетия сельскохозяйственный сектор все больше внимания уделяет экологически безопасным методам решения проблемы устойчивости фитопатогенов к химическим веществам [1; 2]. Благодаря развитию современных сельскохозяйственных технологий стало возможным создавать все более эффективные и экологически безопасные препараты для защиты растений от вредителей и болезней [2; 3].

Одно из наиболее значительных достижений в этой области — появление биопрепаратов на основе микроорганизмов, которые способны уничтожать патогенные микроорганизмы и повышать продуктивность растений [3]. Использование распространенных в почве микромицетов рода *Trichoderma*, которые проявляют широкий спектр антагонистической активности в отношении различных патогенных организмов, входит в число наиболее перспективных направлений в разработке биологических фунгицидов [4–7].

Решающее значение для создания биопрепаратов, способных обеспечить эффективный и экологически безопасный контроль над грибковыми заболеваниями в сельскохозяйственных системах, имеет подбор штаммов с высокой антагонистической активностью и установление оптимальных условий их культивирования [6–9]. Это так же актуально и для грибов рода *Trichoderma*. Специфика их состоит в том, что каждый штамм гриба обладает особенностями, влияющими на способность к борьбе с определенными фитопатогенами [10–12]. Поэтому важнейшая задача в разработке препарата с фунгицидным действием — изучение антагонистической активности не только отдельных штаммов грибов рода *Trichoderma*, но и консорциумов на их основе [13; 14].

Ключевой составляющей разработки препарата на основе грибов рода *Trichoderma* наряду с высокой скоростью роста является достижение максимального спорообразования с целью дальнейшего получения продуцента в виде споровой массы, пригодной для длительного хранения [3]. Реализация этой задачи находится в прямой зависимости от подбора питательной среды, которая должна обеспечить максимальное накопление споровой массы в ходе культивирования. Оптимальной питательная среда считается при условии накопления спор в культуре не менее 1×10^9 КОЕ/мл [9; 15].

Исходя из вышесказанного, целью данного исследования мы ставим подбор оптимальной питательной среды, обеспечивающей накопление спор не менее 1×10^9 КОЕ/мл; изучение антагонистической активности штаммов микромицетов рода *Trichoderma* (*T. longibrachiatum*, *T. harzianum* и *T. asperellum*) и их консорциумов по отношению к грибам родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*, вызывающим заболевания сельскохозяйственных растений, для оценки перспективы их дальнейшего использования в качестве биопрепарата для защиты растений.

Материалы и методы исследований

В качестве основных объектов исследования использовали штаммы микромицетов рода *Trichoderma* (*T. longibrachiatum*, *T. harzianum*, *T. asperellum*), обладающих антагонистической активностью в отношении



многих фитопатогенов. В качестве тест-культур выступали грибы родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*. Штаммы микроорганизмов были получены из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПМ). Микроорганизмы культивировались на среде сусло-агар при температурах, указанных для каждого штамма на сайте коллекции. Перед проведением экспериментов по совместному культивированию было не более трех пересевов культур.

Для культивирования грибов рода *Trichoderma* с целью получения биопрепаратов для растениеводства использовали жидкую среду Чапека, картофельно-сахарозный бульон и жидкое сусло.

Посев триходермы производили внесением в колбы в асептических условиях суспензии спор из расчета 1 % от объема питательной среды и помещали в шейкер-культиватор при 27 °С, 180 об/мин на 72 ч. В дальнейшем определяли показатели динамики спорообразования исследуемых штаммов с помощью камеры Горяева через определенные промежутки времени (3–12 сут) с момента посева.

Антагонистические свойства микромицетов *T. longibrachiatum*, *T. harzianum* и *T. asperellum* по отношению к грибам родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor* изучали методом встречных (двойных) культур на твердой картофельно-сахарозной питательной среде [5]. Двойные культуры инкубировались при температуре 27 ± 0,5 °С, учет проводили на 3-и, 5-е и 10-е сут культивирования. Отмечали рост тест-гриба, степень ингибирования роста мицелия гриба и антагониста по площади, занимаемой исследуемой культурой, характер их взаимодействия. Все опыты проводились в трех повторностях.

Достоверность результатов исследования обеспечивается статистической обработкой данных методом дисперсионного анализа.

Результаты и их обсуждение

Исследование динамики спорообразования

Результаты эксперимента по определению динамики спорообразования культур грибов рода *Trichoderma* представлены на рисунках 1–3.

На приведенных графиках видно, что динамика спорообразования у разных видов микромицетов рода *Trichoderma* на жидких питательных средах при одинаковых условиях культивирования различна и особенно четко проявляется к моменту начала спороношения. Наиболее быстрое начало роста (на 2-е сут) и формирование спороношения (на 3–4 сут) отмечается для всех культур на сусле. Меньшая степень спороношения отмечена на картофельно-сахарозном бульоне, слабое спороношение для всех культур грибов выявлено на среде Чапека.

На приведенных графиках также видно, что при глубинном культивировании грибов рода *Trichoderma* с целью получения биопрепарата на основе спор, наиболее интенсивное спороношение отмечается на 6–7 сут роста культуры. В последующие дни замечено уменьшение количества спор вследствие их прорастания с образованием мицелия. На 10–12 сут наблюдается постепенное угнетение культуры вследствие уменьшения концентрации питательных веществ в среде.

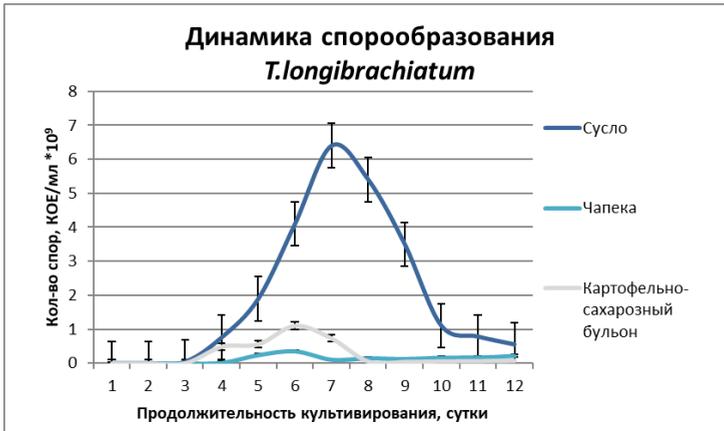


Рис. 1. Динамика спорообразования *T. longibrachiatum*



Рис. 2. Динамика спорообразования *T. asperellum*



Рис. 3. Динамика спорообразования *T. harzianum*

После анализа и обобщения данных по глубинному культивированию грибов рода *Trichoderma* можно выделить следующие характеристики процесса:

- оптимальной питательной средой, обеспечивающей максимальное накопление спор в процессе культивирования является сушло;
- продолжительность культивирования составляет от 4 до 7 сут;
- максимальное количество спор наблюдается на 6–7 сут с начала культивирования;
- максимальный титр спор находится в пределах 1×10^8 – 7×10^9 КОЕ/мл.

Изучение антагонистической активности грибов рода *Trichoderma*

Антагонистическая активность грибов *T. harzianum*, *T. longibrachiatum* и *T. asperellum* по отношению к грибам родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor* представлена на рисунках 4–6.



Рис. 4. Антагонистическая активность грибов *T. harzianum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 5-е сут роста

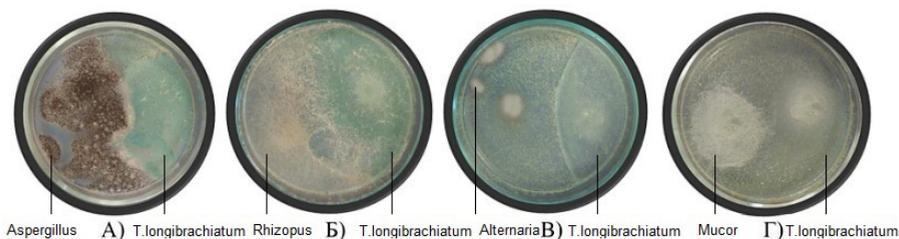


Рис. 5. Антагонистическая активность грибов *T. longibrachiatum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 5-е сут роста

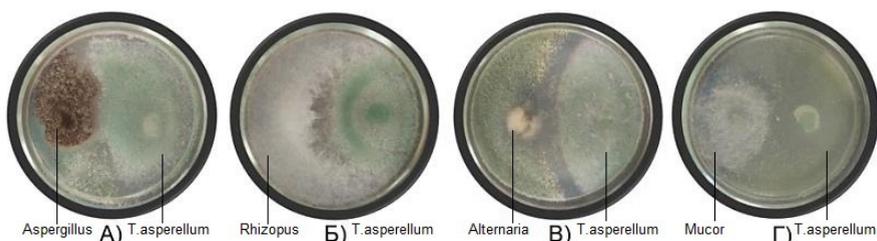


Рис. 6. Антагонистическая активность грибов *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 5-е сут роста

На рисунках видно, что при совместном культивировании грибов-антагонистов *p.Trichoderma* и *Aspergillus*, а также *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor* на пятый день опыта наблюдается образование четкой границы сдерживания роста тест-культуры, интенсивное развитие и спороношение грибов рода *Trichoderma*. В последующие дни прослеживалось нарастающее антагониста на колонии тест-культур и постепенное их угнетение (рис. 7–9).

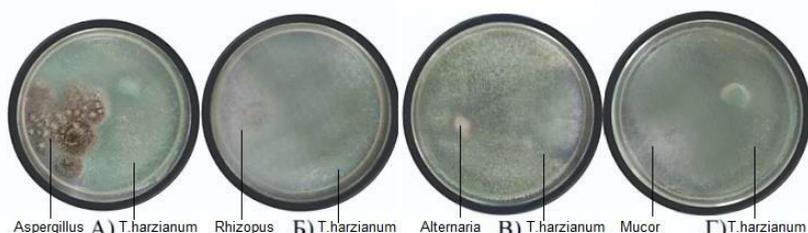


Рис. 7. Антагонистическая активность грибов *T. harzianum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 10-е сут роста



Рис. 8. Антагонистическая активность грибов *T. longibrachiatum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 10-е сут роста

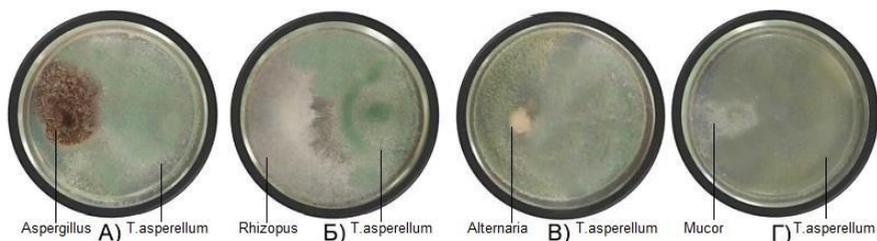


Рис. 9. Антагонистическая активность грибов *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 10-е сут роста

Интересно, что использованные культуры грибов *Trichoderma* проявляют антагонистические свойства по отношению к тест-культурам разной степени интенсивности, как видно по различным значениям площади, занимаемой культурой-антагонистом на чашке с агаризованной средой (табл. 1).



Антагонистическая активность грибов рода *Trichoderma*

Культура-антагонист	Время, сут	Площадь, занимаемая антагонистом, %			
		<i>Aspergillus</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Mucor</i>
<i>Trichoderma harzianum</i>	3	44±3,6	50±2,6	50±2,3	68±3,4
	5	68±3,5	61±2,8	98±1,0	75±1,9
	10	75±1,6	98±1,0	99±1,0	95±2,5
<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	3	22±2,4	43±3,4	96±1,6	71±1,3
	5	45±3,4	56±3,5	97±1,3	75±1,7
	10	66±3,0	75±1,8	99±1,0	81±1,1
<i>Trichoderma asperellum</i>	3	75±3,3	37±2,4	93±2,1	56±4,2
	5±0,4	81±1,2	43±4,6	99±1,0	68±3,5
	10±0,9	84±1,6	50±1,8	99±1,0	93±4,4

Как показывают данные, приведенные в таблице, все исследованные грибы рода *Trichoderma* обладают антагонистической активностью против тест-культур грибов родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*.

Следует отметить, что все штаммы-антагонисты в большей степени оказывают ингибирующее действие на патогены рода *Alternaria* и *Mucor*, в меньшей — на *Aspergillus* и *Rhizopus*.

Из таблицы также видно, что каждый отдельный штамм гриба-антагониста проявляет антагонистические свойства разной степени интенсивности. Так, отмечено, что *Trichoderma harzianum* проявляет наиболее сильный антагонизм против грибов родов *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor* и более умеренный против *Aspergillus*. *Trichoderma longibrachiatum* демонстрирует сильный антагонизм к *Mucor* и *Alternaria* и умеренный к *Aspergillus* и *Rhizopus*. *Trichoderma asperellum* проявляет сильный антагонизм к культурам грибов родов *Aspergillus*, *Alternaria* и *Mucor*, и более умеренный антагонизм к грибам р. *Rhizopus*.

Любопытной является антагонистическая активность консорциумов грибов *Trichoderma*, полученных слиянием культуральных жидкостей в различных комбинациях, на тест-культуры *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*. Результаты исследования ее представлены на рисунках 10–13.

На приведенных рисунках видно, что консорциумы грибов-антагонистов р. *Trichoderma* проявляют антагонистические свойства аналогично с монокультурами: на пятый день происходит образование четкой границы сдерживания роста тест-культуры, наблюдается интенсивное развитие и спороношение грибов рода *Trichoderma*. В последующие дни отмечается нарастание антагониста на колонии тест-культур и постепенное их угнетение (рис. 14–17).

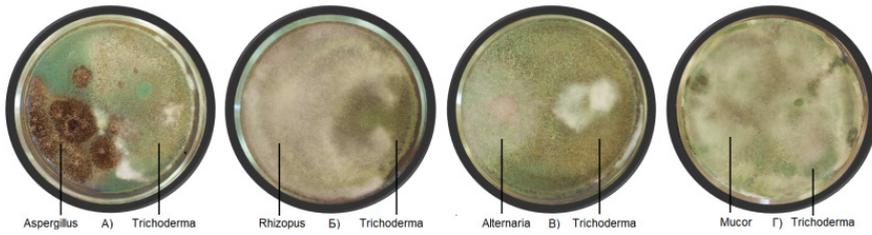


Рис. 10. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. harzianum* / *T. longibrachiatum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 5-е сут роста

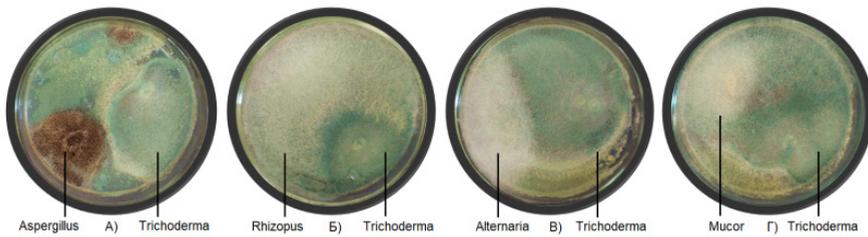


Рис. 11. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. longibrachiatum* / *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 5-е сут роста

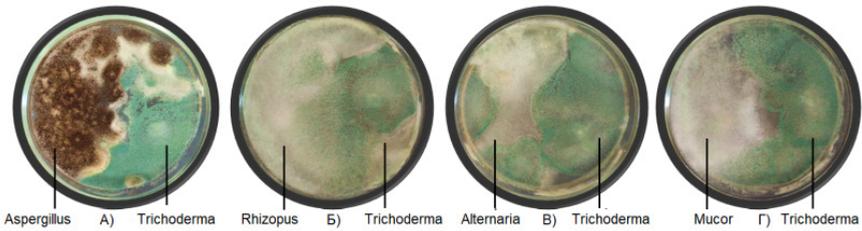


Рис. 12. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. harzianum* / *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 5-е сут роста

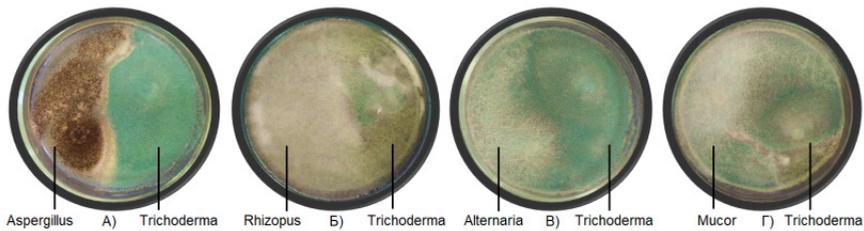


Рис. 13. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. harzianum* / *T. longibrachiatum* / *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 5-е сут роста

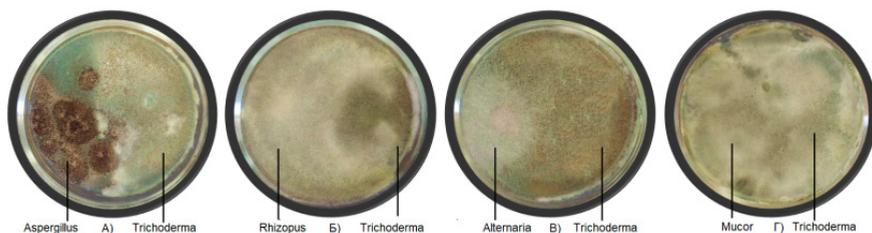


Рис. 14. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. harzianum* / *T. longibrachiatum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 10-е сут роста

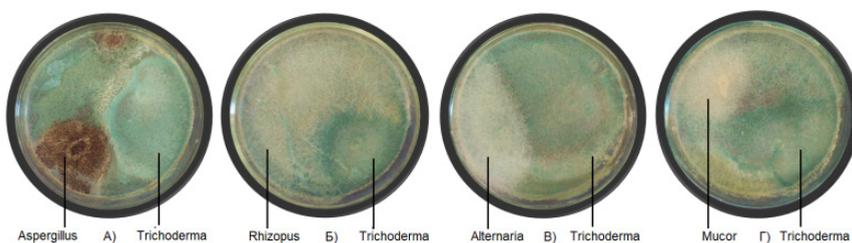


Рис. 15. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. longibrachiatum* / *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 10-е сут роста

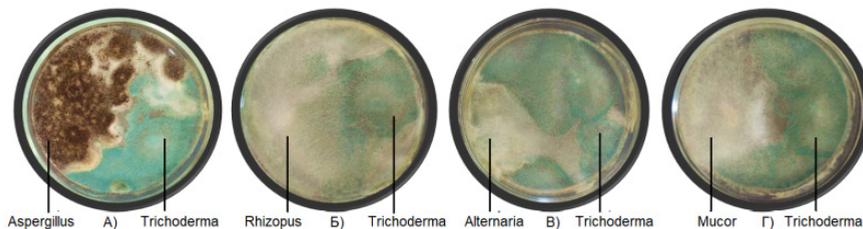


Рис. 16. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. harzianum* / *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 10-е сут роста

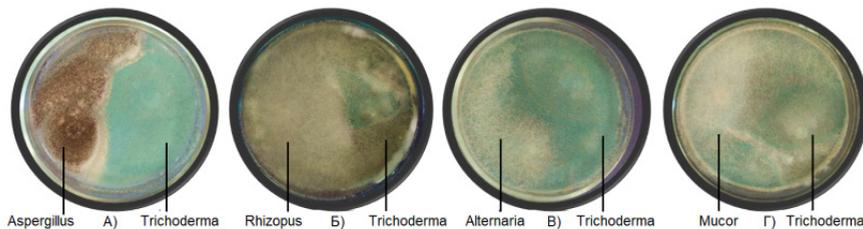


Рис. 17. Антагонистическая активность консорциума грибов *T. harzianum* / *T. longibrachiatum* / *T. asperellum* против: а – *Aspergillus*; б – *Rhizopus*; в – *Alternaria*; г – *Mucor*, 10-е сут роста



Так же, как и монокультуры, консорциумы грибов *Trichoderma* проявляют антагонистические свойства по отношению к тест-культурам с разной степенью интенсивности, как видно по различным значениям площади, занимаемой культурой-антагонистом на чашке с агаризованной средой (табл. 2).

Таблица 2

Антагонистическая активность консорциумов грибов рода *Trichoderma*

Смесь культур-антагонистов	Время, сут	Площадь, занимаемая антагонистом, %			
		<i>Aspergillus</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Mucor</i>
<i>Trichoderma longibrachiatum</i> <i>Trichoderma harzianum</i>	3	75±2,5	20±1,1	80±1,6	70±2,7
	5	75±2,3	30±1,3	80±1,2	75±5,0
	10	65±2,6	98±1,0	90±1,1	99±1,0
<i>Trichoderma longibrachiatum</i> <i>Trichoderma asperellum</i>	3	80±1,9	30±1,7	75±4,9	45±2,4
	5	82±2,3	85±2,4	80±2,6	75±4,9
	10	85±1,5	98±1,0	99±1,0	95±3,6
<i>Trichoderma harzianum</i> <i>Trichoderma asperellum</i>	3	30±3,4	10±0,2	60±3,5	10±0,7
	5	45±2,6	65±1,1	88±4,3	60±4,2
	10	40±2,1	90±1,4	100±1,0	60±3,9
<i>Trichoderma longibrachiatum</i> <i>Trichoderma asperellum</i> <i>Trichoderma harzianum</i>	3	35±3,2	30±2,7	60±4,9	25±2,2
	5	50±3,5	60±1,9	90±3,0	70±3,1
	10	53±2,4	95±1,5	100±1,0	98±1,0

Из таблицы видно, что все исследованные смеси культур, как и монокультуры, обладают антагонистической активностью в разной степени.

Смесь культур *Trichoderma longibrachiatum* и *Trichoderma harzianum* проявляет сильный антагонизм против *Rhizopus*, *Mucor*, *Alternaria*; умеренный антагонизм против *Aspergillus*. Антагонистическая активность смеси относительно монокультур выше для *Rhizopus* на 11,5 %, для *Mucor* — на 11 % и ниже для *Aspergillus* на 5,5 %, для *Alternaria* — на 9 %.

Смесь культур *Trichoderma longibrachiatum* и *Trichoderma asperellum* проявляет сильный антагонизм против *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Alternaria*. Антагонистическая активность смеси относительно монокультур выше для *Aspergillus* на 10 %, для *Rhizopus* — на 35,5 %, для *Mucor* — на 8 %, а для *Alternaria* без изменений.

Смесь культур *Trichoderma harzianum* и *Trichoderma asperellum* проявляет сильный антагонизм против *Rhizopus*, *Alternaria*; умеренный антагонизм против *Aspergillus*, *Mucor*. Антагонистическая активность смеси относительно монокультур выше для *Rhizopus* на 16 %, для *Alternaria* — на 1 % и ниже для *Aspergillus* на 39,5 %, для *Mucor* — на 34 %.

Смесь культур *Trichoderma longibrachiatum*, *Trichoderma asperellum* и *Trichoderma harzianum* проявляет сильный антагонизм против *Rhizopus*, *Mucor*, *Alternaria*; умеренный антагонизм против *Aspergillus*. Антагонистическая активность смеси относительно монокультур выше для *Rhizopus* на 20,6 %, для *Mucor* — на 8,3 %, для *Alternaria* — на 1 % и ниже для *Aspergillus* на 22 %.

Среди исследованных смесей наибольшую антагонистическую активность (в среднем на 8,7 % выше, чем для других консорциумов) проявляет двойная культура *Trichoderma longibrachiatum* — *Trichoderma asperellum*.



Выводы

1. Оптимальной питательной средой, обеспечивающей максимальное накопление спор в процессе культивирования, является сусло (максимальный титр спор находится в пределах $1 \times 10^8 - 7 \times 10^9$ КОЕ/мл).
2. Продолжительность культивирования составляет от 4 до 7 сут, при этом максимальное количество спор наблюдается на 6–7 сут с начала культивирования.
3. Использованные монокультуры и консорциумы грибов рода *Trichoderma* обладают разной степенью антагонистической активности по отношению к тест-культурам грибов родов *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria* и *Mucor*.
4. Среди исследованных монокультур наибольшую антагонистическую активность проявляет *Trichoderma longibrachiatum*.
5. Консорциумы микромицетов *Trichoderma* имеют более высокую антагонистическую активность по сравнению с монокультурами.
6. Среди исследованных консорциумов наибольшую антагонистическую активность проявляет двойная культура *Trichoderma longibrachiatum - Trichoderma asperellum*.

Список литературы

1. Damalas C.A., Koutroubas S. Current Status and Recent Developments in Biopesticide Use // Agriculture (Switzerland). 2018. Vol. 8, №1. P. 13. <https://doi.org/10.3390/agriculture8010013>.
2. Давлетбаев И.М. Биологические препараты для растениеводства // XV Международная конференция молодых ученых «Пищевые технологии и биотехнологии : сб. материалов конф. Казань, 2016.
3. Новикова И.И., Титова Ю.А., Бойкова И.В. и др. Биологическое обоснование оптимизации препаративных форм биопрепаратов на основе микробов-антагонистов для контроля популяций фитопатогенных грибов и бактерий – возбудителей болезней растений // Вестник защиты растений. 2017. №3 (93). С. 16–23. EDN: WUKMGX.
4. Guzmán-Guzmán P., Porras-Troncoso M.D. et al. *Trichoderma* Species: Versatile Plant Symbionts // Phytopathology. 2019. Vol. 109 (1). P. 6–16. doi: 10.1094/PHYTO-07-18-0218-RVW.
5. Srivastava M., Vipul K., Mohamad S. et al. *Trichoderma* – a potential and effective bio fungicide and alternative source against notable phytopathogens: A review // African Journal of Agricultural Research. 2016. Vol. 11, iss. 5. P. 310–316. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9568>.
6. Oliveira R., Chagas L., Martins A. et al. *Trichoderma* in the phytopathogenic bio-control // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2022. Vol. 28, №4. P. 717–724.
7. Alfiky A., Weisskopf L. Deciphering *Trichoderma*-Plant-Pathogen Interactions for Better Development of Biocontrol Applications // J Fungi (Basel). 2021. №7 (1). P. 61. doi: 10.3390/jof7010061.
8. Hermosa R., Rubio M.B., Cardoza R.E. et al. The contribution of *Trichoderma* to balancing the costs of plant growth and defense // Int Microbiol. 2013. Vol. 16 (2). P. 69–80. doi: 10.2436/20.1501.01.181.



9. Singh A., Mohammad S., Mukesh S. et al. Optimal Physical Parameters for Growth of *Trichoderma* Species at Varying pH, Temperature and Agitation // *Virology and Mycology*. 2014. Vol. 3. P. 1–7. doi: 10.4172/2161-0517.1000127.

10. Шарупова Д. А., Венрова М. А., Масютин Я. А. и др. Исследование антагонизма различных штаммов грибов рода *Trichoderma* и грибковых фитопатогенов // Башкирский химический журнал. 2013. №4. С. 83–85. EDN: RVLKKF.

11. Богданов А. И., Титова Ю. А. Антагонистическая активность штаммов *trichoderma asperellum* – продуцентов мультиконверсионных биопрепаратов // Вестник защиты растений. 2014. №1. С. 48–52. EDN: RXTDRZ.

12. Матчанова Д. Ш. Микроскопические грибы рода *Trichoderma* – продуценты биологически активных веществ // Молодой ученый. 2017. №3 (137). С. 230–233. EDN: XQZDVL.

13. Hao D., Lang B., Wang Y. et al. Designing synthetic consortia of *Trichoderma* strains that improve antagonistic activities against pathogens and cucumber seedling growth // *Microb Cell Fact*. 2022. №21 (1). P. 234. doi: 10.1186/s12934-022-01959-2.

14. Домрачева Л. И., Стариков П. А., Ковина А. Л., Ашихмина Т. Я. Использование микромицетов рода *Trichoderma* и консорциумов на их основе в агробиотехнологии (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2024. №1. С. 5–18. doi: 10.25750/1995-4301-2024-1-006-018. EDN: JAUPNA.

15. Зиганшин Д. Д., Сироткин А. С. Особенности глубинного и поверхностного культивирования грибов *Trichoderma* для получения биопрепаратов на основе клеток гриба // Вестник Казанского технологического университета. 2017. №10. С. 155–158. EDN: YPCKDZ.

Об авторах

Екатерина Геннадьевна Абрамова – студ., Воронежский государственный университет инженерных технологий, Россия.

E-mail: ka.abramova2012@yandex.ru

ORCID: 0009-0009-3669-3228

SPIN-код: 8345-6420

Светлана Владимировна Кирьянова – студ., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: S.kiryanova@inbox.ru

ORCID: 0009-0002-1214-0337

Анна Александровна Толкачева – мл. науч. сотр., Воронежский государственный университет инженерных технологий, Россия.

E-mail: anna-biotech@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-0725-6482

SPIN-код: 3621-2463

Оксана Юрьевна Мальцева – канд. техн. наук, доц., Воронежский государственный университет инженерных технологий, Россия.

E-mail: ksenia2002@list.ru

ORCID: 0000-0002-3815-123X

SPIN-код: 2670-4258



Дмитрий Александрович Черенков – д-р биол. наук, проф., Воронежский государственный университет инженерных технологий, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: d.cherenkov@mail.ru

ORCID: 0000-0002-8564-8919

SPIN-код: 4196-4407

*E. G. Abramova¹, S. V. Kiryanova², A. A. Tolkacheva¹,
O. Yu. Maltseva¹, D. A. Cherenkov^{1,2}*

**ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF USING FUNGI
OF THE GENUS *TRICHODERMA* FOR THE DEVELOPMENT
OF A FUNGICIDAL PREPARATION**

121

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

² Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 05 May 2024

Accepted 09 September 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-8

To cite this article: Abramova E. G., Kiryanova S. V., Tolkacheva A. A., Maltseva O. Yu., Cherenkov D. A., 2024, Assessment of the possibility of using fungi of the genus *Trichoderma* for the development of a fungicidal preparation, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №4. P. 109–122. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-8.

*To ensure the sustainable development of the agricultural sector, modern research in this field must focus on creating and applying effective and environmentally safe means of protecting plants from fungal diseases. Advanced agricultural technologies enable the development of biopreparations based on microorganisms that are effective in combating phytopathogens. These biopreparations represent an innovative and promising solution for agricultural producers seeking sustainable and environmentally friendly production practices. Currently, particular attention is given to the development and use of biopreparations based on micromycetes of the *Trichoderma* genus, known for their broad spectrum of antagonistic activity against phytopathogens. However, the necessity of individually selecting *Trichoderma* strains with high antagonistic activity for the creation of biofungicides remains a pressing issue. The aim of this study is to investigate the antagonistic activity of various *Trichoderma* strains against phytopathogens and evaluate their potential for further use as biopreparations in agriculture. An optimal nutrient medium was selected to maximize spore production in *Trichoderma*. The antagonistic activity of *Trichoderma* strains against fungi of the genera *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Alternaria*, and *Mucor* was assessed using the dual-culture method. Statistical analysis of the results was performed using variance analysis. Special attention was paid to studying the antagonistic activity of *Trichoderma* strain consortia and evaluating their potential for developing an effective biopreparation.*

Keywords: antagonistic activity, biological plant protection, fungal plant diseases, fungicides, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Trichoderma*



The authors

Ekaterina G. Abramova, Student, Voronezh State University of Engineering Technologies, Russia.

E-mail: ka.abramova2012@yandex.ru

ORCID: 0009-0009-3669-3228

SPIN-код: 8345-6420

Svetlana V. Kiryanova, Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: S.kiryanova@inbox.ru

ORCID: 0009-0002-1214-0337

Anna A. Tolkacheva, Junior Researcher, Voronezh State University of Engineering Technologies, Russia.

E-mail: anna-biotech@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-0725-6482

SPIN-код: 3621-2463

Dr Oksana Yu. Maltseva, Associate Professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, Russia.

E-mail: ksenia2002@list.ru

ORCID: 0000-0002-3815-123X

SPIN-код: 2670-4258

Prof. Dmitry A. Cherenkov, Voronezh State University of Engineering Technologies, Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: d.cherenkov@mail.ru

ORCID: 0000-0002-8564-8919

SPIN-код: 4196-4407

Л. С. Дышлок, С. В. Агафонова, О. В. Казимирченко

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИЗОЛЯТОВ БАКТЕРИЙ – ПРОДУЦЕНТОВ КСИЛАНАЗ

Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Россия

Поступила в редакцию 17.07.2024 г.

Принята к публикации 17.09.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-9

Для цитирования: Дышлок Л.С., Агафонова С.В., Казимирченко О.В. Молекулярно-генетическая идентификация изолятов бактерий – продуцентов ксиланаз // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №4. С. 123–134. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-9.

Микробные ксиланазы широко применяются в различных отраслях промышленности, что обуславливает актуальность поиска новых микроорганизмов, способных к их продукции. Источником для выделения штаммов, обладающих ксиланолитической активностью, является растительное сырьё с высоким содержанием гемицеллюлоз – лигноцеллюлозная биомасса. В Калининградской области к такому сырью относятся шрот семян конопли технической *Cannabis sativa*, оболочка семян и семена люпина белого *Lupinus albus*, оболочка семян сои нетостированная, оболочка семян сои тостированная, оболочка семян сои гранулированная, семена каштана конского обыкновенного *Aesculus hippocastanum*. Среди 23 бактериальных изолятов, выделенных из указанного лигноцеллюлозного сырья, наибольшая ксиланолитическая активность установлена для 9 штаммов, которые по морфологическим и тинкториальным признакам отнесены к грамположительным спорообразующим палочкам. Молекулярно-генетическая идентификация методом 16S рРНК изолятов с установленной ксиланазной активностью позволила выявить принадлежность штаммов к видам *Peribacillus acanthi*, *Bacillus cereus*, *Bacillus zanthoxyli*, *Bacillus badius*. Идентифицированные штаммы микроорганизмов потенциально могут использоваться в качестве промышленных продуцентов ксиланаз с высокой активностью, позволяющих осуществлять биодеструкцию лигноцеллюлозной биомассы с получением востребованной продукции.

Ключевые слова: ксиланаза, лигноцеллюлозная биомасса, молекулярно-генетическая идентификация, *Bacillus*

Введение

Ксилан является вторым по распространенности биополимером растительной клеточной стенки и представляет собой основное соединение гемицеллюлозной части лигноцеллюлозной биомассы наряду



с ксилозой, маннозой, арабинозой и галактозой. Ксиланазы – группа ферментов семейства гликозид-гидролаз, которые разрушают 1,4-β-D-ксилозидные связи в основной цепи ксилана, тем самым снижая степень его полимеризации [1; 2].

Ксиланолитические ферменты играют важную роль во многих отраслях промышленности, связанных с переработкой растительного сырья. Они применяются в животноводстве, поскольку способствуют увеличению прироста массы тела у сельскохозяйственных животных за счет повышения усвояемости кормов. В пищевой промышленности ксиланазы используются в хлебопечении для регулирования технологических свойств теста [2]. Утилизация отходов растительного происхождения, представляющих собой труднодеградируемую лигноцеллюлозную биомассу, – также потенциально широкая сфера применения ксиланаз.

Актуальным направлением пищевой промышленности, связанным с ферментативной деструкцией ксилана, является производство ксилоолигосахаридов (далее – КСОС) на его основе. КСОС обладают пребиотическим действием, проявляя способность избирательно повышать активность полезной кишечной микрофлоры. Им присущи также иммуномодулирующие, противоопухолевые, антиоксидантные свойства, благодаря которым КСОС обладают большим потенциалом для производства добавок к пище и функциональных продуктов питания на их основе [3; 4].

К продуцентам ксиланаз относится широкая группа микроорганизмов, включающая бактерии (*Bacillus*, *Clostridium*, *Streptomyces*) и микроскопические грибы (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*) [1]. При этом активность ксиланолитических ферментов различных штаммов бактерий связана с высоким содержанием в среде ксилана, этим обусловлена перспективность использования лигноцеллюлозной биомассы как сырья для выделения продуцентов ксиланаз [3; 4].

Целью настоящего исследования является выделение штаммов – продуцентов ксиланаз – из лигноцеллюлозного сырья Калининградской области и их молекулярно-генетическая идентификация.

Объекты и методы исследования

Для выделения штаммов потенциальных продуцентов ксиланолитических ферментов было выбрано следующее растительное сырье: шрот семян конопли технической *Cannabis sativa*, оболочка семян и семена люпина белого *Lupinus albus*, оболочка семян сои нетостированная, тостированная и гранулированная, семена каштана конского обыкновенного *Aesculus hippocastanum*. Выбранные растительные источники являются вторичным и малоценным сырьем, доступным в Калининградской области. Они богаты гемицеллюлозой, следовательно, могут стать источником гидролизующих ксилан бактерий.

Для получения культур микроорганизмов в качестве питательных сред использовали рыбопептонный агар и агар Сабуро. Пробы разво-



дили в стерильном физиологическом растворе, осуществляли высев в чашки Петри с последующей заливкой агаризованной средой. Чашки с рыбопептонным агаром инкубировали при 30 °С в течение 72 ч, чашки с агаром Сабуро — при 22 °С в течение 5 сут.

Морфологические (форма клеток, наличие споры) и тинкториальные (тип клеточной стенки) признаки бактерий изучали при микроскопировании окрашенных по Граму препаратов с использованием иммерсионного объектива микроскопа ($\times 100$).

Для определения ксиланолитической активности суточные культуры микроорганизмов засеивали методом штриха на поверхность питательного агара с ксиланом и инкубировали в термостате при температуре 30 °С в течение 48 ч. После этого засеянную тестируемыми культурами поверхность агара покрывали 0,5 %-ным раствором конго красного, чашки выдерживали в термостате при температуре 30 °С в течение 15 мин, после чего дважды промывали 1 М раствором хлорида натрия. Поверхность засеянного питательного агара покрывали 0,1 М раствором лимонной кислоты, чашки выдерживали в термостате в течение 5 мин, далее поверхность агара дважды промывали стерильной дистиллированной водой. Ксиланолитическую активность определяли по зонам обесцвечивания питательного агара вокруг культур микроорганизмов или по полному обесцвечиванию культуры [5].

Идентификацию штаммов микроорганизмов осуществляли с помощью анализа 16S рРНК в БРЦ ВКПМ Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

Для проведения полимеразной цепной реакции (далее — ПЦР) были выбраны консервативные праймеры 8f — aga gtt tga tcc tgg ctc ag; 926r — csg tca att cct ttr agt tt. Режимы реакции: 95 °С — 3 мин; 35 циклов: 95 °С — 30 с, 57 °С — 30 с, 72 °С — 1 мин 30 с; 72 °С — 5 мин.

Для секвенирования использовали автоматический секвенатор АЕ3000. Электрофоретическое разделение продуктов ПЦР проводили в 1,0 %-ном агарозном геле при напряжении электрического поля 5 В/см.

Первичный скрининг осуществляли по базе данных GenBank, анализ сиквенсов проводили с использованием специализированной филогенетической компьютерной программы BLAST. При определении родства микроорганизмов критерием отнесения их к тому или иному виду считалась гомология не менее 97 % [6–12].

Результаты

В таблице 1 представлены морфологические, тинкториальные признаки бактериальных изолятов, выделенных из лигноцеллюлозного сырья, и их ксиланолитическая активность.



Таблица 1

**Морфологические, тинкториальные признаки бактериальных изолятов,
выделенных из лигноцеллюлозного сырья,
и их ксиланолитическая активность**

Источник	№ изолята	Окрашивание по Граму	Споры	Форма клеток	Ксиланолитическая активность
Семена люпина белого	1	Грам (+)	+	палочки	+
	2	Грам (+)	+	палочки	-
	3	Грам (+)	+	палочки	+
	4	Грам (+)	+	палочки	-
Оболочка семян люпина белого	5	Грам (+) или Грам (-)	+	палочки	-
	6	Грам (+)	+	палочки	+
	7	Грам (+)	+	палочки	+
	8	Грам (+)	+	палочки	+
	9	Грам (+)	+	палочки	+
Семена каштана конского обыкновенного	10	Грам (+) или Грам (-)	+	палочки	+
	11	Грам (+)	+	палочки	+
Оболочка семян сои негостированная	12	Грам (+)	+	палочки	-
	13	Грам (+)	+	палочки	+
	14	Грам (+)	+	палочки	+
	15	Грам (+)	-	кокки	-
Оболочка семян сои тостированная	16	Грам (+)	+	палочки	-
	17	Грам (+)	+	палочки	+
Оболочка семян сои гранулированная	18	Грам (+)	+	палочки	-
	19	Грам (+)	+	палочки	-
Шрот семян конопли технической	20	Грам (+)	+	палочки	-
	21	Грам (+)	+	палочки	-
	22	Грам (+)	+	палочки	+
	23	Грам (+)	-	кокки	-

126

Всего из выбранного в качестве объектов исследования растительного сырья выделено 23 бактериальных изолята, преимущественно представленных спорообразующими грамположительными палочками. Ксиланолитическую активность, установленную по методике с конго красным, проявили 12 бактериальных изолятов, выделенных из всех видов лигноцеллюлозного сырья, за исключением гранулированной оболочки семян сои. Штаммы, продемонстрировавшие наибольшую ксиланолитическую активность, то есть полное обесцвечивание после окрашивания конго красным (изоляты №1, 6, 7, 8, 9, 11, 14, 17, 22), были направлены на молекулярно-генетическую идентификацию.

При секвенировании переменных участков 16S рРНК штаммов №1, 6, 9, 14 и 22 были получены собранные нуклеотидные последовательности, представленные на рисунках 1–5.



```

CCAATGAYCYWCCACGGTIGAGCCGTGGGCTTTCACATCAGACTAAGAAACCACCTGCGC
GCGCTTACGCCCAATAATCCGGATAACGCTTGCCACCTACGTATTACCCGGCTGCTGGCAGTGGC
ACGTAGTACGGCGGCTTTCGGTTAGGTACCGTCAAGGTGCGAGCTTATCAACTAGCAGC
TGTGTCTCCSTAACAACAGAGTTTACGACCCGAAAGCCCTTATCACCACACCGGGCGTGGT
CCGTCAGACTTTCCTATGCGGAAGATTCCTACGCTGCCCTCCGTAGGAGTCTGGGCC
GTGCTCAGTCCAGTGTGGCCGATCACCTCTCAGGTGCGCTACGCACTGCTGCCGTGGTG
AGCCGTTACCTACCAACTAGCTAATGCGACGCGGGTCCATCCATAAGTGCACGCCGAAGC
CGCCTTCAATTTGCAACCATGCGGTCAAAATGTTATCCGGTATTAGCCCGGTTTCCGGGA
GTTATCCAGTCTTATGGGCAAGTTACCCACGTGTACTCACCCGTCCGGCTAACCTTCATA
AGAGCAAGTCTTAATCCATTGCTCGACTGCAATGATTAGGCACGCCGCCAGGTCATC
CTGAGCCAGGATCAAACCTT
    
```

Рис. 1. Секвенограмма штамма №1

```

CCACGKTTGAGCCGWGGGCTTTCACATCAGACTAAGAAACCACCTGCGCGGCTTACG
CCCAATAATCCGGATAAACGCTTGCCACCTACGTATTACCCGGCTGCTGGCAGTGGTAC
CCGTGGCTTTCGGTTAGGTACCGTCAAGGTGCGAGCTTATCAACTAGCAGTGTTCCTCC
TAACAACAGAGTTTACGACCCGAAAGCCCTTATCACCACACCGGGCGTGGTCCGAGACT
TTCGTCATTTGCGGAAGATTCCTACGCTGCCCTCCGTAGGAGTCTGGGCCGTGCTCAGTC
CCAGTGTGGCCGATCACCTCTCAGGTGCGCTACGCACTGCTGCCGTGGTGGTGGCCGTACCT
CACCACTAGCTAATGCGACGCGGGTCCATCCATAAGTGCACGCCGAAGCCGCTTCAAT
TTCGAACCATGCRGTTCAAAATGTTATCCGGTATTAGCCCGGTTTCCCGGAGTTATCCAGT
CTTATGGGCAAGTTACCCACGTGTACTCACCCGTCCGGCTAACCTTCATAAGAGCAAGCT
CTTAATCCATTGCTCGACTGCAATGATTAGGCACGCCGCCAGGCTTATCCGAGCCAGG
ATCAAACCTT
    
```

Рис. 2. Секвенограмма штамма №6

```

CTTCTCTCTGCACTCAGTCTCCAGTTCCAATGACCCCTCACGGTIGAGCCGTGGGCTTC
ACATCAGACTAAGAAACCACCTGCGCGGCTTACGCCCAATAATCCGGATAACGCTTGC
CACCTAGCTATTACCCGGCTGCTGGCAGGTAGTTAGCCGTGGCTTTCGGTTAGGTACCGTC
AAGGTGCGAGCTTATCAACTAGCAGTGTTCCTTAACAACAGAGTTTACGACCCGAA
AGCCTTATCACCACGCGGGCGTGGTCCGTCAGACTTTCGTCATTTGCGGAAGATTCCTAC
TGTGCTCCCGTAGGAGTCTGGGCCGTGCTCAGTCCAGTGTGGCCGATCACCCCTCAG
GTCCGCTACGCACTGCTGCCGTGGTGGTGGCCGTACCTCACCAACTAGCTAATGCGGAGCGGG
TCCATCCATAAGTGCACGCCGAAGCCGCTTCAATTTGGAACCAATGCGGTTCAAAATGTTA
TCCGGTATTAGCCCGGTTTCCCGGAGTTATCCAGTCTTATGGGCAAGTTACCCACGTGTTA
CTCACCCGTCCGGCTAACCTTCATAAGAGCAAGCTTCAATCCATTGCTCGACTGCAATG
ATTAGGCACGCCGCCAGGCTTATCCGAGCCAGGTTCAAA
    
```

Рис. 3. Секвенограмма штамма №9

```

ACTTTCATSTTCIGTMCRCRAGWCISCCAGTKKCAATGACCCCTCACGGTIGAGCCGTGGC
TTCACATCAGACTAAGAAACCACCTGCGCGGCTTACGCCCAATAATCCGGATAACGCT
TGCCACCTACGTATTACCCGGCTGCTGGCAGGTAGTTAGCCGTGGCTTTCGGTTAGGTACC
GTCAAGGTGCGAGCTTATCAACTAGCAGTGTTCCTTAACAACAGAGTTTACGACCCG
AAAGCCTTATCACCACGCGGGCGTGGTCCGTCAGACTTTCGTCATTTGCGGAAGATTCCT
ACTGCTGCTCCCGTAGGAGTCTGGGCCGTGCTCAGTCCAGTGTGGCCGATCACCCCTCA
GGTCCGCTACGCACTGCTGCCGTGGTGGCCGTACCTCACCAACTAGCTAATGCGGAGCGGG
GTCCATCCATAAGTGCACGCCGAAGCCGCTTCAATTTGGAACCAATGCRGTTCAAAATGTTA
TCCGGTATTAGCCCGGTTTCCCGGAGTTATCCAGTCTTATGGGCAAGTTACCCACGTGTTA
CTCACCCGTCCGGCTAACCTTCATAAGAGCAAGCTTCAATCCATTGCTCGACTGCAATG
ATTAGGCACGCCGCCAGGCTTATCCGAGCCAGGATCAAACCTT
    
```

Рис. 4. Секвенограмма штамма №14

```

AGTCTCCAGTKKCAATGACCCCTCACGGTIGAGCCGTGGGCTTTCACATCAGACTAAGAA
ACCACCTGCGCGGCTTACGCCCAATAATCCGGATAACGCTTGCCACCTACGTATTACCGC
GGCTGTGGCAGTGTAGTACCGGTGGCTTTCGGTTAGGTACCGTCAAGGTGCGAGCTATTC
AACTAGCAGTGTTCCTTAACAACAGAGTTTACGACCCGAAAGCCCTTATCACCACGCG
GGCTGTGCTCCGTGAGACTTTCGTCATTTGCGGAAGATTCCTACTGCTGCCCTCCCGTAGGAG
TCTGGGCCGTGCTCAGTCCAGTGTGGCCGATCACCCCTCAGGTGCGGCTAGCAGTGTGCT
CTTGGTGGCCGTACCTCACCAACTAGCTAATGCGGAGCGGGTCCATCCATAAGTGCACG
CGAAGCCGCTTTCATTTGGAACCAATGCRGTTCAAAATATTTCCGGTATTAGCCCGGTTT
CCGGAGTTATCCAGTCTTATGGGCAAGTTACCCACGTGTACTCACCCGTCCGGCTAACCT
TCATAAGAGCAAGCTTCAATCCATTGCTCGACTGCAATGATTAGGCACGCCGCCAGGCTT
CATCTTACGCCAGGATCAAACCTT
    
```

Рис. 5. Секвенограмма штамма №22

Первичный скрининг по базе данных GenBank показал, что исследуемые штаммы №1, 6, 9, 14 и 22 принадлежат к следующим систематическим группам: Bacteria; Bacillota; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; *Bacillus*; *Bacillus cereus* group.

Для уточняющей идентификации исследуемых штаммов проводили ПЦР с использованием видоспецифических праймеров, результаты которой представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Праймеры, использованные при проведении ПЦР
для уточняющей идентификации штаммов №1, 6, 9, 14 и 22**

Вид	Праймеры
<i>Bacillus thuringiensis</i>	BТf atcggtgatacagataagact BТr ccttcatacgtatgaatattatt
<i>Bacillus cereus</i>	BCf attggtgacaccgatcaaca BCr tcatacgtatggatgtattc
<i>Bacillus anthracis</i>	BAf aatcgtaataataaactgacg BAr ccttcatacgtgtgaatgttg

На рисунке 6 представлены электрофореграммы, полученные в результате ПЦР штаммов №1, 6, 9, 14 и 22 с использованием видоспецифических праймеров.

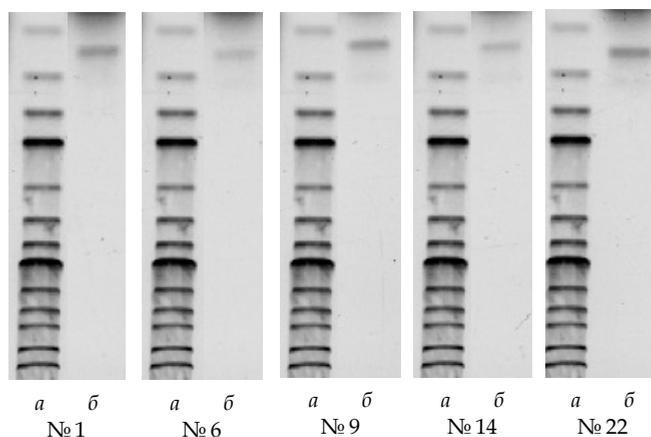


Рис. 6. Продукты ПЦР с использованием видоспецифических праймеров:
 а – Маркер O'GeneRuler 1 kb DNA Ladder (250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 5000, 6000, 8000, 10000 п. н., сверху вниз);
 б – анализ исследуемых штаммов с использованием праймеров BCf и BCr, специфических для *Bacillus cereus*

Наработка фрагментов размером 364 п.н. при использовании видоспецифических праймеров BCf и BCr указывает на принадлежность штаммов №1, 6, 9, 14, 22 к виду *Bacillus cereus* (гомология 99 %).

Секвенограммы штаммов №7 и 8 представлены на рисунках 7 и 8 соответственно.



```
CCACKGTGAGCCGTGGGCTTCACATCAGACTAAGAAACCGCCTGCGCGCTTACGCC
AATAATCCGGATAACCGTTCACCTACGTATTACCGCGCTGCTGGCACGTAGTAGCCG
GGCTTTCGGTATAGGTACCGTCAAGGTACRAGCAGTACICTYGTACTIGTICTTCCAA
CAGAGTTTTACGACCCGAAAGCCTTCATCACTACCGCGCGTTCCTCGTACAGACTTC
ATTGCGGAAGATTCCTACTGCTGCCCTCCGTAGGAGTCTGGGCGGTGCTCAGTCCAGT
GGCCGATCACCTCTCAGGTCCGCTATGCATCGTTCCTGGTGGAGCCGTACCTACCAACT
AGCTAATGCACCCGGGCCATCTGTAAGTATAGCCGAAACCATCTTCAATCATCCCAT
GAAGGAGAAGATCTATCCGGTATTAGCTTCGGTTTCCCGAAGTATCCAGICTTACAGGCA
GGTTGCCACGTGTACTCACCCGTCCGCGCTAACGTATAGAAGCAAGCTTCAATCAGT
CGCTCGACTTGCATGATTAGGCACGCCCGCAGCGTTCATCTCGAGCCAGGATCAAATCTAA
```

Рис. 7. Секвенограмма штамма №7

```
CCACKGTGAGCCGTGGGCTTCACATCAGACTAAGAAACCGCCTGCGCGCTTACGCC
CAATAATCCGGATAACCGTTCACCTACGTATTACCGCGCTGCTGGCACGTAGTAGCC
GTGGCTTTCGGTATAGGTACCGTCAAGGTACAAGCAGTACTCTGTACTTGTCTTCCCTAA
CAACAGAGTTTTACGACCCGAAAGCCTTCATCACTACCGCGCGTTCCTCGTACAGACTTC
GTCCATTCGGGAAGATTCCTACTGCTGCCCTCCGTAGGAGTCTGGGCGGTGCTCAGTCCC
AGTGTGGCCGATCACCTCTCAGGTCCGCTATGCATCGTTCCTGGTGGAGCCGTACCTCA
CAAATAGCTAATGCACCCGGGCCATCTGTAAGKATAGCCGAAACCATCTTCAATCA
TCTCCATGAAGGAGAAGATCTATCCGGTATTAGCTTCGGTTTCCCGAAGTATCCAGKC
TTACAGGCAGGTGCCACGTGTACTCACCCGTCCGCGCTAACGTATAGAAGCAAGCTT
SIAATCAGTTCGCTCGACTTGCATGATTAGGCACGCCCGCAGCGTTCATCTCGAGCCAGGT
CAAATCTAA
```

Рис. 8. Секвенограмма штамма №8

Скрининг по базе данных GenBank показал, что штаммы №7 и 8 принадлежат к следующим систематическим группам: Bacteria; Bacillota; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; *Priestia*. Обработка сиквенсов при помощи программы BLAST показала, что они могут быть отнесены к нескольким видам рода *Priestia*. На основе проведенных исследований, а также биохимических тестов установлено, что штамм №7 наиболее близок к виду *Peribacillus acanthi* (98%), а штамм №8 — к виду *Bacillus zanthoxyli* (98%).

Результаты секвенирования переменных участков 16S рРНК штаммов №11 и 17 представлены на рисунках 9 и 10 соответственно.

```
CTCTCTGCACTCAGTTCAGTTCCTCAATGACCCTCCCGGTGAGCCGGGGCTTCACAT
CAGACTAAGAAACCGCCTGCGAGCCCTTACGCCCAATAATCCGGACAACGCTTGCACCT
ACGTATATCCCGCGCTGCGCACGTAGTTAGCCGTGGCTTTCGGTATAGTTCACGTAAGG
GCAAGCAGTACSTTTCGACTTGTCTTCCCTAACAACAGAGCTTACGATCCGAAAACCTTCA
TCACTCACCGCGCGTTCCTCGTACACTTTCGTCATTCGGGAAGATTCCTACTGCTGCCCT
CCGTAGGAGTCTGGCCGCTGCTCAGTCCAGTGTGGCCGATCACCTCTCAGGTCCGCTACG
CATCGTCCGCTTGGTGGAGCGTACCTACCAACTAGCTAATGGCCCGGGTCCATCTGTAA
GTGACAGCCGAAACCGTCTTCACTCTTGAACCATGCGGTTCAAGGAATATCCGTTATTAGC
TCCGGTTTCCCGAGTATCCAGTCTTACAGGCAGGTTACCCAGGTGATCTACCCGTCCGC
CGCTAACATCCGGGAGCAAGCTCCCTCTGCTCCGCTCGACTTGCATGATTAGGCACGCCCGC
AGCTTCGCTCGAGCCAGGTCAAATC
```

Рис. 9. Секвенограмма штамма №11

```
CTCTCTGMCCTAAGCCTCCAGTTCCTCAATGACCCTCCCGGTGAGCCGTGGGCTTCACAT
CAGACTAAGAAACCGCCTGCGAGCCCTTACGCCCAATAATCCGGACAACGCTTGCACCT
ACGTATATCCCGCGCTGCGCACGTAGTTAGCCGTGGCTTTCGGTATAGTTCACGTAAGG
ACGGACAGTACTTCCGACTTGTCTTCCCTGACAACAGAGCTTACGATCCGAAAACCTTCT
TCACTCACCGCGCGTTCCTCGTACACTTTCGTCATTCGGGAAGATTCCTACTGCTGCCCT
CCGTAGGAGTCTGGCCGCTGCTCAGTCCAGTGTGGCCGATCACCTCTCAGGTCCGCTACG
CATCGTTCGCTTGGTGGAGCGTACCTACCAACTAGCTAATGGCCCGGGTCCATCTGTAA
GYGACAGCTAAAGCCGCTTTCCTATCTTCTATGCGGAAGAAAAGAAATATCCGGTATTAG
CCCGGTTTCCCGAGTATCCAGTCTTACAGGCAGGTTACCCAGGTGATCTACCCGTCCGC
CCGCTAACATCCGGGAGCAAGCTCCCTCAAGTCCGCTCGACTTGCATGATTAGGCACGCC
CGCCAGCGTTCGCT
```

Рис. 10. Секвенограмма штамма №17



Анализ штаммов №11 и 17 позволил установить их принадлежность к следующим систематическим группам: Bacteria; Bacillota; Bacilli; Bacillales; Bacillaceae; *Bacillus*. Изучение гомологии для установления родства и проведение биохимических тестов показало, что микроорганизмы могут относиться к нескольким видам рода *Bacillus*, при этом штамм №11 оказался наиболее близок к виду *Peribacillus acanthi* (99%), а штамм №17 – к виду *Bacillus badius* (99%).

Таким образом, результаты проведенных молекулярно-генетических исследований позволили идентифицировать следующие виды бактерий, изолированных из микрофлоры растительного сырья Калининградской области (табл. 3).

Таблица 3

**Идентифицированные виды бактерий,
выделенные из растительного сырья**

Вид	Источник
<i>Bacillus badius</i>	Оболочка семян сои тостированная
<i>Bacillus cereus</i>	Шрот семян конопли технической, оболочка семян и семена люпина белого, оболочка семян сои нетостированная
<i>Bacillus zanthoxyli</i>	Оболочка семян люпина белого
<i>Peribacillus acanthi</i>	Оболочка семян люпина белого, семена каштана конского обыкновенного

Бактерии рода *Bacillus* являются известными продуцентами ферментов, в том числе, ксиланолитических. Их удобство использования в качестве промышленных продуцентов обусловлено непатогенностью, высокой скоростью роста, способностью выделять белки во внеклеточную среду [1; 2].

В работах [1; 2; 13–21] представлены исследования по получению ксиланазы с высокой ферментативной активностью с использованием таких видов *Bacillus*, как *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. velezensis*, *B. australimaris*, *B. tequilensis*, *B. thermoamylovorans*, *B. halotolerans*. В исследовании [1] представлены данные по скринингу 67 бактериальных изолятов, выделенных из гнилой соломы, почвы, пшеничных отрубей, нутового сырья, пшеничной соломы, яблочных выжимок, скорлупы арахиса и других растительных отходов. Восемь изолятов с наиболее высокой активностью ксиланазы были идентифицированы методом 16S рРНК как бактерии вида *Bacillus*.

В работе [22] сообщается о выделении из почвы штамма *Bacillus cereus*, продуцирующего внеклеточную ксиланазу. Оптимальная температура и рН очищенной ксиланазы составили 40 °С и 6,0 соответственно. Ксиланаза не проявляла целлюлазную активность. В публикации [23] также описано получение ксиланазы из штамма *Bacillus cereus* L-1, которая проявляла наибольшую активность при температуре 60 °С и рН 6,5. В ис-



следовании [24] представлены данные о термостабильной ксиланазе, полученной при культивировании штамма *Bacillus cereus* на кукурузной шелухе с продуктивностью 2,2019 Ед/мл.

В работе [25] сообщается о выделении трех штаммов рода *Bacillus*, наиболее активных продуцентов ксиланаз, один из которых — *Bacillus badius* — производил щелочную ксиланазу с оптимальной температурой действия 50 °С. Ее выделение из штамма *Bacillus badius* описывается также в работе [26]. Штаммы *Bacillus zanthoxyli* и *Peribacillus acanthi* не были описаны как широко известные продуценты ксиланолитических ферментов.

Выводы

131

Лигноцеллюлозное сырье, представляющее собой отходы и малоценное растительное сырье, такое как оболочка семян сои, шрот семян конопли технической, оболочка семян и семена люпина белого, семена каштана конского обыкновенного, является источником микроорганизмов, продуцирующих ксиланолитические ферменты. К синтезу наиболее активных ксиланаз оказались способны микроорганизмы, идентифицированные как *Bacillus badius*, *Bacillus cereus*, *Bacillus zanthoxyli*, *Peribacillus acanthi*. Выделенные штаммы потенциально могут использоваться для промышленного синтеза ксиланаз, предназначенных для различных отраслей промышленности.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00091, <https://rscf.ru/project/23-26-00091/>.

Список литературы

1. Güler F., Özçelik F. Screening of xylanase producing *Bacillus* species and optimization of xylanase process parameters in submerged fermentation // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2023. №51. P. 102801. doi: 10.1016/j.bcab.2023.102801.
2. Ammoneh H., Harba M., Akeed Y. et al. Isolation and identification of local *Bacillus* isolates for xylanase biosynthesis // *Iran J Microbiol*. 2014. №6(2). P. 127–132.
3. Dyshlyuk L., Ulrikh E., Agafonova S., Kazimirchenko O. Xylooligosaccharides from biomass lignocellulose: Properties, sources and production methods // *Reviews in Agricultural Science*. 2024. №12. P. 1–12. doi: 10.7831/ras.12.0_1.
4. Dong C.-D., Tsai M.-L., Nargotra P. et al. Bioprocess development for the production of xylooligosaccharide prebiotics from agro-industrial lignocellulosic waste // *Heliyon*. 2023. №9 (7). P. 18316. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e18316.
5. Калинина А.Н., Борщевская Л.Н., Гордеева Т.Л., Синеокий С.П. Скрининг и таксономическая характеристика бактериальных продуцентов ксиланаз // *Биотехнология*. 2017. №33 (6) С. 37–41. doi: 10.21519/0234-2758-2017-33-6-37-41. EDN: YMVDYR.
6. *PCR protocols – a guide to methods and applications* // ed. by M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky, T.J. White. L., 1990. P. 482.
7. *Каталог MBI Fermentas 1998/1999*. P. 146–157.
8. Pavlicek A., Hrdá S., Flegr J. Fre-Tree-freeware program for construction of phylogenetic trees on the basis of distance data and bootstrap / jackknife analysis of tree robustness. Application in the RAPD analysis of genus *Frenkelia* // *Praha*. 1999. №45 (3). P. 97–99.



9. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2001. №51. P. 1671 – 1679.
10. *Ribosomal Database Project II*. URL: <http://www.cme.msu.edu> (дата обращения: 05.07.2024).
11. *Subhashbhai P. A.* Isolation, identification and bioefficacy of native entomopathogenic *Bacillus thuringiensis* from soil : diss. Anand, 2013.
12. *Vos P., Garrity G. M., Jones D. et al.* Bergey's manual of systematic bacteriology. Vol. 3 : The Firmicutes. Luxembourg, 2011.
13. *Ho L. H., Heng K. L.* Xylanase production by *Bacillus subtilis* in cost-effective medium using soybean hull as part of medium composition under submerged fermentation (SmF) and solid state fermentation (SsF) // *Journal of Biodiversity, Bioprospecting and Development*. 2015. №2 (1). doi: 10.4172/2376-0214.1000143.
14. *Naz S., Irfan M., Farooq M. U.* Xylanase production from *Bacillus subtilis* in submerged fermentation using Box-Behnken design // *Pakistan J. Biotechnol.* 2017. №14. P. 151 – 156.
15. *Raj A., Kumar S., Singh S. K., Prakash J.* Production and purification of xylanase from alkaliphilic *Bacillus licheniformis* and its pretreatment of eucalyptus kraft pulp // *Biocatal. Agric. Biotechnol.* 2018. №15. P. 199 – 209. doi: 10.1016/j.bcab.2018.06.018.
16. *Yardimci G. O., Cekmecelioglu D.* Assessment and optimization of xylanase production using co-cultures of *Bacillus subtilis* and *Kluyveromyces marxianus* // *3 Biotech.* 2018. №8 (7). P. 290. doi: 10.1007/2Fs13205-018-1315-y.
17. *Zhang Z., Raza M. F., Zheng Z. et al.* Complete genome sequence of *Bacillus velezensis* ZY-1-1 reveals the genetic basis for its hemicellulosic/cellulosic substrate-inducible xylanase and cellulase activities // *3 Biotech.* 2018. №8. P. 465. doi: 10.1007/2Fs13205-018-1490-x.
18. *Ghosh A., Sutradhar S., Baishya D.* Delineating thermophilic xylanase from *Bacillus licheniformis* DM5 towards its potential application in xylooligosaccharides production // *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2019. №35 (2). P. 34. doi: 10.1007/s11274-019-2605-1.
19. *Dutta P. D., Neog B., Goswami T.* Xylanase enzyme production from *Bacillus australimaris* P5 for prebleaching of bamboo (*Bambusa tulda*) pulp // *Mater. Chem. Phys.* 2020. №243. P. 122227. doi: 10.1016/j.matchemphys.2019.122227.
20. *Malhotra G., Chapadgaonkar S. S.* Taguchi optimization and scale up of xylanase from *Bacillus licheniformis* isolated from hot water geyser // *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2020. №18. P. 0 – 8. doi: 10.1186/s43141-020-00084-0.
21. *Patel K., Dudhagara P.* Optimization of xylanase production by *Bacillus tequilensis* strain UD-3 using economical agricultural substrate and its application in rice straw pulp bleaching // *Biocatal. Agric. Biotechnol.* 2020. №30. P. 101846. doi: 10.1016/j.bcab.2020.101846.
22. *Roy N., Rowshanul Habib M.* Isolation and characterization of xylanase producing strain of *Bacillus cereus* from soil // *Iranian Journal of Microbiology*. 2009. №1 (2). P. 49 – 53.
23. *Zhang G., Li Z., Chen G., et al.* Purification and characterization of the low molecular weight xylanase from *Bacillus cereus* L-1 // *Braz J Microbiol.* 2023. №54 (4). P. 2951 – 2959. doi: 10.1007/s42770-023-01129-5.
24. *Ayishal Begam M., Annu A., Shameera Banu S., Vishnu Priya D.* Comparison and optimization of thermostable xylanase production by *Bacillus pumilus* and *Bacillus cereus* using corn husk // *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*. 2015. №2 (9). P. 30 – 35. doi: 10.17148/IARJSET.2015.2907.



25. *Bhuvnesh Y., Khushboo C.* Isolation, purification, and characterization of xylanase produced by three species of bacillus under submerged fermentation conditions // *Journal of Applied and Natural Science*. 2016. №8 (3). P. 1210–1213. doi: 1031018/jans.v8i3.942.

26. *Masngut N., Rajandran P., Damanhuri N.A.* Ultrasonic assisted fermentation for production of xylanase enzyme using locally isolated strain of *Bacillus badius* // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2020. №991. P. 012008. doi: 10.1088/1757-899X/991/1/012008.

Об авторах

Любовь Сергеевна Дышлок — д-р техн. наук, доц., Калининградский государственный технический университет, ведущий научный сотрудник УНИД, Россия.

E-mail: lyubov.dyshlyuk@klgtu.ru

ORCID: 0000-0002-7333-8411

SPIN-код: 4572-6823

Светлана Викторовна Агафонова — канд. техн. наук, доц., Калининградский государственный технический университет, Россия.

E-mail: svetlana.agafonova@klgtu.ru

ORCID: 0000-0002-5992-414X

SPIN-код: 2505-4522

Оксана Владимировна Казимирченко — канд. биол. наук, доц., Калининградский государственный технический университет, Россия.

E-mail: oksana.kazimirchenko@klgtu.ru

ORCID: 0009-0005-7197-0287

SPIN-код: 4671-6960

L. S. Dyshlyuk, S. V. Agafonova, O. V. Kazimirchenko

MOLECULAR GENETIC IDENTIFICATION OF BACTERIAL ISOLATES – XYLANASE PRODUCERS

Kaliningrad State Technical University, Russia

Received 17 July 2024

Accepted 17 September 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-9

To cite this article: Dyshlyuk L.S., Agafonova S.V., Kazimirchenko O.V., 2024, Molecular genetic identification of bacterial isolates – xylanase producers, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №4. P. 123 – 134. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-9.

Microbial xylanases are widely used across various industries, making the search for new microorganisms capable of producing these enzymes a highly relevant task. A source for isolating strains with xylanolytic activity is plant-based materials rich in hemicelluloses, such as lignocellulosic biomass. In the Kaliningrad region, such materials include the meal of industrial



hemp seeds (Cannabis sativa), seed hulls and seeds of white lupine (Lupinus albus), unroasted soybean hulls, roasted soybean hulls, granulated soybean hulls, and seeds of common horse chestnut (Aesculus hippocastanum). Among the 23 bacterial isolates obtained from the mentioned lignocellulosic materials, the highest xylanolytic activity was observed in nine strains. Based on morphological and staining characteristics, these strains were identified as Gram-positive spore-forming rods. Molecular genetic identification using the 16S rRNA method revealed that the strains belong to the species Peribacillus acanthi, Bacillus cereus, Bacillus zanthoxyli, and Bacillusadius. The identified microbial strains have the potential to be used as industrial producers of highly active xylanases, enabling the biodestruction of lignocellulosic biomass to produce valuable products.

134

Keywords: xylanase, lignocellulose biomass, molecular genetic identification, *Bacillus*

The authors

Prof. Lyubov S. Dyshlyuk, Kaliningrad State Technical University, Russia.

E-mail: lyubov.dyshlyuk@klgtu.ru

ORCID: 0000-0002-7333-8411

SPIN-код: 4572-6823

Dr Svetlana. V. Agafonova, Associate Professor, Kaliningrad State Technical University, Russia.

E-mail: svetlana.agafonova@klgtu.ru

ORCID: 0000-0002-5992-414

SPIN-код: 2505-4522

Dr Oksana V. Kazimirchenko, Associate Professor, Kaliningrad State Technical University, Russia.

E-mail: oksana.kazimirchenko@klgtu.ru

ORCID: 0009-0005-7197-0287

SPIN-код: 4671-6960

*Н. Д. Шамаев, П. А. Курынцева,
С. Ю. Селивановская*

**КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ИЗОЛЯТОВ
МИКРОВОДОРОСЛЕЙ *CHLORELLA* SP.
С ОЦЕНКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ БИОМАССЫ**

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Поступила в редакцию 05.07.2024 г.

Принята к публикации 18.09.2024 г.

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-10

Для цитирования: Шамаев Н. Д., Курынцева П. А., Селивановская С. Ю. Культивирование изолятов микроводорослей *Chlorella* sp. С оценкой продуктивности биомассы // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2024. №4. С. 135–145. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-10.

*Зеленые микроводоросли относятся к филетической категории, организмы которой приспособились к широкому спектру экологических условий. В качестве возможной платформы для производства биомассы в настоящей работе рассматривается новый изолят пресноводных микроводорослей под названием *Chlorella* sp. B1. В данном исследовании была оценена способность изолята развиваться в миксотрофных средах. Результаты демонстрируют связь между скоростью роста и динамическими изменениями состава биомассы. Использование гранулированных форм питательной среды удобрения «Ферттика универсал» значительно повышает оптическую плотность начального раствора до 0.087, что больше чем в два раза по сравнению с другими общепринятыми средами и выгоднее в условиях промышленного выращивания. Рекомендуется использование уменьшенного количества клеток *Chlorella* sp. B1 в начальных концентрациях в инокуляте с последующим культивированием при 32°C при усиленной освещенности (52 Вт) с внесением углекислого газа 0,9 г/л за трое суток на 500 мл объема фотобиореактора планшетного типа.*

Ключевые слова: изоляты микроводорослей, *Chlorella* sp., подбор условий культивирования

Введение

Успешная концентрация, сбор и хранение солнечного света остается серьезной проблемой, несмотря на его достаточное количество для обеспечения всех мировых потребностей в энергии. В глобальном масштабе фотоавтотрофные организмы, такие как водоросли и цианобактерии, накапливают солнечную энергию посредством процесса кислородного фотосинтеза, который использует свет и воду для преобразования CO₂ в



восстановленные молекулы углерода. В результате помимо эффективно улавливания CO_2 из крупных источников выбросов, таких как перерабатывающие комплексы и электростанции, экстенсивное выращивание фотосинтезирующих организмов может использовать солнечный свет и CO_2 для производства различных органических молекул и биомассы [1]. Например, энергоемкое сырье, которое становится все более популярным для коммерческого производства в закрытых фотобиореакторах, — это биомасса микроводорослей, которая может быть переработана для получения биологически активных химикатов, биотоплива или органических удобрений, биостимуляторов, кормов для животных. Принимая во внимание, что основная часть этих видов не идентифицирована, становится ясно, что описание культуральных и продуктивных качеств изолятов микроводорослей представляет собой источник метаболического разнообразия, имеющего высокую прикладную значимость. Целью данной работы было выделение микроводорослей и подбор оптимальных условий для культивирования.

Материалы и методы

Выделение микроводорослей. Объектом исследования являлись микроводоросли, отобранные в водоемах Казани (Республика Татарстан). После получения образцов были выделены микроводоросли, осуществлен подбор оптимальных условий культивирования и оценена эффективность культивирования микроводорослей.

Для выделения монокультуры микроводорослей образцы высевали на твердую агаризованную среду Тамия. Для этого дозатором 100 мкл жидкого образца помещали в центр чашки Петри, распределяли равномерным слоем шпателем Дригальского по всей площади чашки Петри и ставили в термостат при температуре 28°C на 1–3 сут до появления наращенной культуры. Из тех чашек Петри, где были заметны наращенные микроводоросли, делали пересев для выделения монокультуры. Для этого выращенные культуры пересевали микробиологической петлей в новые чашки Петри с агаризованной средой методом параллельных штрихов [1] и также ставили в термостат при температуре 28°C на 1–3 сут. Из 15 вариантов изолятов микроводорослей для дальнейших исследований был отобран 1 вариант изолятов (рис. 1, с, с. 134).

Приготовление питательных сред, культивирование микроводорослей и измерение оптической плотности. Для эффективного процесса культивирования микроводорослей важно обеспечивать необходимые условия их роста. К важнейшим параметрам относят наличие питательной среды, свет, температура, источник CO_2 , pH культуральной среды [2]. Штамм микроводорослей выращивали на нескольких вариантах сред (среда Тамия, BG11, «Фертика универсал») при разном освещении и температурах с целью установления оптимальных условий культивирования. Увеличение числа клеток микроводорослей определяли по изменению оптической плотности. На основании этих данных строили кривые роста.



Для среды Тамия сначала готовили концентрат объемом 200 мл: KNO_3 – 20,0 г, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 10,0 г, $\text{KH}_2\text{PO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$ – 5,0 г, $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7$ – 0,6 г; затем с расчетом на 1 л среды добавляли количество концентрата: KNO_3 – 2,5 мл, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 2,5 мл, $\text{KH}_2\text{PO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$ – 2,5 мл, $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7$ – 0,1 мл, а также 0,1 мл раствора А (на 1 л: H_3BO_3 – 2,86 г, $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ – 1,8 г, $\text{ZnSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ – 0,222 г) и раствор Б (на 1 л: MoO_3 – 17,64 г, NH_4VO_3 – 22,96 г) и доводили объем до метки. Среду BG11 готовили путем добавления NaNO_3 – 1,50 г, $\text{K}_2\text{HPO}_4 (\times 3\text{H}_2\text{O})$ – 0,04 (0,051) г, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,075 г, $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,05 г, Na_2CO_3 – 0,02 г, лимонной кислоты – 0,006 г, ЭДТА Na_2 – 0,001 г, $\text{Fe}^{3+}/\text{NH}_4^+$ -цитрат – 0,006 г, раствора микроэлементов – 1,0 мл, 0,5 М раствора НЕРЕС с pH 7,5 – 40 мл, долить дистиллированной водой до 1 литра. Среду с использованием комплексного гранулированного удобрения «Фертика Универсал» готовили путем растворения 2,5 г удобрения в 500 мл дистиллята. Состав среды отвечает требованиям культивирования *Chlorella* sp. (табл. 1).

Таблица 1

Состав среды «Фертика Универсал»

Название	Формула	Содержание	
		%	мг
Азот	N	12	300
Оксид фосфора	P_2O_5	8	200
Оксид калия	K_2O	14	350
Оксид магния	MgO	2	50
Сера	S	8	200
Бор	B	0,1	2,5
Медь	Cu	0,1	2,5
Железо	Fe	0,1	2,5
Марганец	Mn	0,2	5
Молибден	Mo	0,01	0,25
Цинк	Zn	0,1	2,5

Для построения кривых роста культуру микроводорослей отбирали каждый день в течение четырех суток и измеряли оптическую плотность. Поглощение света определяли стационарным методом. Он является классическим и характеризуется поглощением света клетками микроводорослей при длине волны 680 нм (А 680) на спектрофотометре Ultrospec 3300 pro UV/Visible UV (Amersham Biosciences, Кембридж, Великобритания).

Оценка эффективности культивирования микроводорослей и определение их сухой биомассы. Помимо обеспечения необходимых условий роста, важно оценить, как влияют условия на прирост и состав биомассы микроводорослей с целью анализа эффективности процесса культивирования. Для определения сухого веса биомассы измеряли



начальную массу фильтрующей мембраны толщиной 0,45 мкм после нагревания в печи при 105 °С в течение 2 ч. Аликвоту (140 мл) образца биомассы отбирали во время экспоненциальной фазы и фильтровали в вакууме через фильтрующую мембрану, которую промывали дистиллированной водой 3 раза, чтобы смыть химические вещества, прилипшие к поверхности. Фильтрующую мембрану вместе с биомассой сушили в течение 2 ч при 105 °С и рассчитывали сухой вес биомассы на объем следующим образом:

138

$$\text{Сухая биомасса (г/мл)} = \frac{m_2 - m_1}{V},$$

где m_2 — масса фильтра после фильтрования культуры микроводорослей; m_1 — масса фильтра до фильтрования культуры микроводорослей; V — объем культуры, пошедшей на фильтрование [3].

Результаты и обсуждение

Конструирование фотобиореактора. Исследование возможности включения хлореллы в небольшие замкнутые экологические циклы требует тщательного анализа ее культуры в лабораторных условиях. Основные требования к методике исследований хлореллы в лаборатории заключаются в интенсивном изучении культуры, стабилизации всех параметров среды и получении данных о ее состоянии с определенной частотой. Это требует создания специальных лабораторных культиваторов, способных обеспечить стандартные условия для роста хлореллы, прежде всего стабилизировать состав питательной среды, температуры, освещенности и уровня углекислого газа. Однако стабилизация среды — лишь первый шаг в разработке культиваторов. Вторым важным этапом для определения оптимальных условий роста является возможность управления окружающей средой. Для этого необходимо разработать культиватор, имеющий возможность поддерживать определенное состояние факторов культивирования, а также регулировать их [4; 5]. Фотобиореактор в данном эксперименте представляет собой емкость прямоугольной формы, состоящую из прозрачного органического стекла толщиной 1 см. Съёмная крышка имеет отверстия для вентиляции, конструкцию для крепления перемешивающего устройства и источников света. В крышке реактора предусмотрено отверстие с трубкой для подачи углекислого газа. Напротив реактора установлена LED лампа с универсальным спектром и индивидуальной системой отключения. Освещенность регулируется ее включением и отключением. Температура поддерживается теплом, излучаемым источниками света. CO₂ подается по вмонтированной в крышку реактора трубке. В работе использовались планшетные фотобиореакторы (рис. 1, а, б).

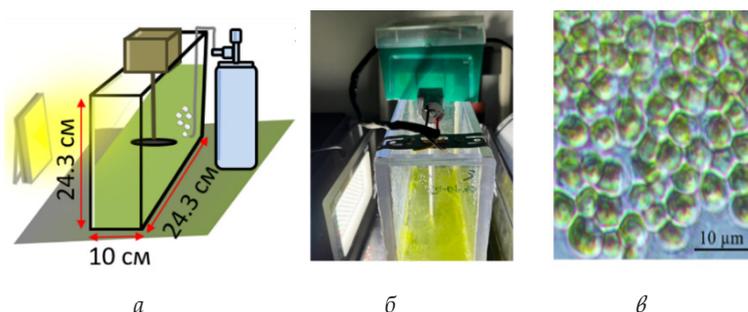


Рис. 1. Конструирование фотобиореактора и визуальная идентификация водорослей: а – схема фотобиореактора; б – внешний вид фотобиореактора; в – Морфометрическая идентификация изолята микроводорослей *Chlorella sp. B1*

Питательная среда. Выбор оптимальной питательной среды является одним из основополагающих этапов исследования и регулируется рядом факторов. Она должна подходить исследуемому штамму микроводоросли, а также быть экономически и технологически целесообразной. Для исследования выбраны три различных среды: Тамия, BG11 и гранулированное удобрение «Фертিকা универсал». Культивирование осуществлялось в биореакторах при поддержании температуры 25 °С и освещенности лампами мощностью 13 Вт без дополнительной подачи CO₂ на протяжении 3 дней. Оптическая плотность отражена в таблице 2. Кривые роста отчетливо показывают слабое нарастание биомассы образцов при использовании среды Тамия и BG11. В свою очередь, использование удобрения «Фертилика универсал» в качестве питательной среды показало значительный рост оптической плотности на 0,35 ОЕ. При сравнении сухой биомассы также наблюдаются существенные различия. Так, вес сухой биомассы выросшей на среде BG11 составил 0,031 г, когда на среде «Фертিকা универсал» этот показатель составил 0,087 г. Также важно отметить, что использование гранулированной формы позволяет оптимизировать временные и экономические затраты, что очень важно в условиях промышленного культивирования.

Таблица 2

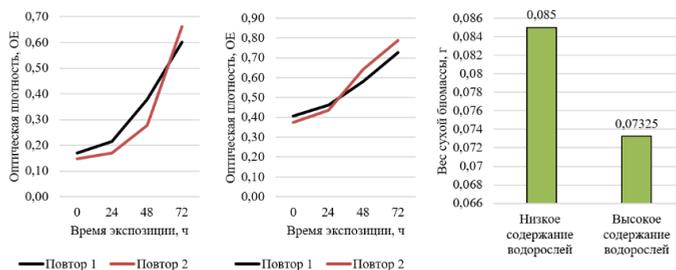
Показатели оптической плотности при подборе условий для культивирования изолята микроводорослей *Chlorella sp. B1*

Условия культивирования	Разновидность питательной среды и повторности	Оптическая плотность, ОЕ			
		0 ч	24 ч	48 ч	72 ч
Питательная среда	BG11	0,135	0,139	0,17	0,225
	Тамия	0,17	0,192	0,203	0,238
	«Фертিকা универсал»	0,135	0,203	0,294	0,499

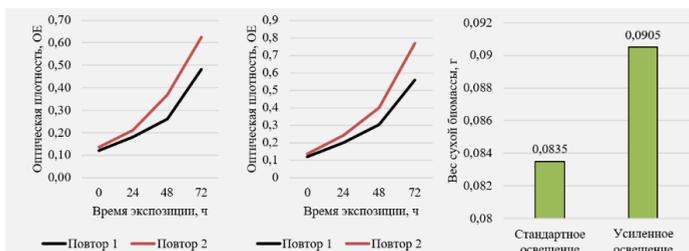


Условия культивирования	Разновидность питательной среды и повторности	Оптическая плотность, ОЕ			
		0 ч	24 ч	48 ч	72 ч
Низкое содержание водорослей в инокуляте, в повторностях	1	0,17	0,22	0,38	0,60
	2	0,148	0,17	0,2785	0,661
Высокое содержание водорослей в инокуляте, в повторностях	1	0,41	0,46	0,58	0,73
	2	0,38	0,434	0,641	0,788
Стандартное освещение (13 Вт), в повторностях	1	0,12	0,18	0,26	0,48
	2	0,14	0,21	0,37	0,63
Усиленное освещение (52 Вт), в повторностях	1	0,12	0,202	0,304	0,56
	2	0,14	0,24	0,40	0,77
Температура 25 °С, в повторностях	1	0,18	0,37	0,53	0,87
	2	0,18	0,36	0,67	0,84
Температура 32 °С, в повторностях	1	0,18	0,26	0,37	0,64
	2	0,18	0,23	0,49	0,62
Дополнительное поступление CO ₂ , в повторностях	1	0,16	0,34	1,10	2,53
	2	0,15	0,53	1,73	2,94
Отсутствие дополнительного поступления CO ₂ , в повторностях	1	0,16	0,22	0,53	0,68
	2	0,15	0,29	0,60	0,86

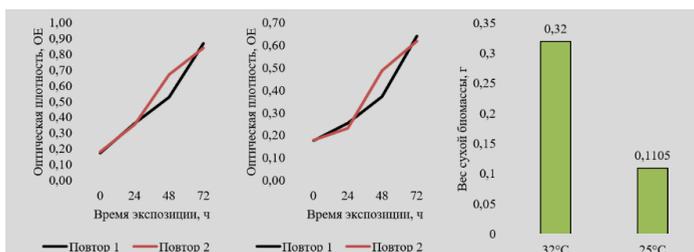
Концентрация микроводорослей в инокуляте. Объем инокулята, может оказывать значительное влияние на нарастание биомассы микроводоросли. Увеличение объема инокулята может способствовать более быстрому началу роста *Chlorella* sp. Однако слишком высокая его концентрация способна привести к конкуренции за питательные вещества и пространство, что может замедлить рост хлореллы или даже вызвать ее гибель. В работе исследовались две концентрации микроводоросли в инокуляте. В первом повторе поглощение света на начальном этапе культивирования составляло 0,16–0,17 ОЕ, во втором – 0,38–0,41 ОЕ (табл. 2). Культивирование осуществлялось в биореакторах при поддержании температуры 25 °С и освещенности лампами мощностью 52 Вт без дополнительной подачи CO₂ на протяжении 3 дней. Результаты эксперимента показали незначительные отличия в весе сухой биомассы (рис. 2, а), однако скорость нарастания микроводоросли при низкой концентрации клеток *Chlorella* sp. в инокуляте значительно выше, чем при более высокой, что позволяет сделать вывод о целесообразности использования низкой концентрации микроводоросли.



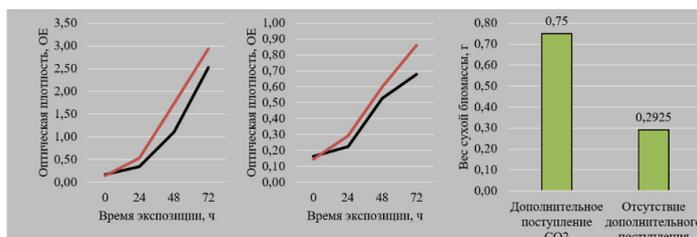
а



б



в



г

Рис. 2. Результаты подбора условий для культивирования изолята микроводорослей *Chlorella* sp. B1: а – объем инокулята (слева направо: низкое содержание водорослей, высокое содержание водорослей, вес сухой биомассы); б – освещенность (слева направо: стандартное освещение (13 Вт), усиленное освещение (52 Вт), вес сухой биомассы); в – температура инкубации (слева направо: 25 °С, 32 °С; вес сухой биомассы); г – дополнительное поступление CO₂ (слева направо: присутствует, отсутствует, вес сухой биомассы). Составлено с использованием данных таблицы 2



Интенсивность света. Интенсивность освещения является одним из ключевых факторов, оказывающих влияние на нарастание биомассы. *Chlorella* sp., как и другие водоросли, использует свет для фотосинтеза, процесса, при котором световая энергия преобразуется в химическую, необходимую для роста и развития. Интенсивность освещения напрямую влияет на скорость фотосинтеза и, следовательно, на скорость роста биомассы хлореллы. Слишком низкая интенсивность может привести к замедлению роста из-за недостаточной энергии для фотосинтеза. С другой стороны, слишком высокая может вызвать стресс у *Chlorella* sp. из-за переизбытка света и повреждения клеток. Контроль интенсивности и длительности освещения может быть важным аспектом культивирования хлореллы в промышленных масштабах. Регулирование освещения позволяет оптимизировать условия для максимального роста биомассы *Chlorella* sp. В эксперименте использовалось стандартное (13 Вт) и усиленное освещение (52 Вт). Кривые роста, а также вес сухой биомассы показывают, что увеличенное освещение способствует более эффективному культивированию (рис. 2, б). Оптическая плотность увеличилась с 0,55 ОЕ до 0,66 ОЕ (см. табл. 2). Полученные данные позволяют сделать вывод о положительном влиянии увеличенной интенсивности света для исследуемого штамма *Chlorella* sp. В1.

Температура (25 °С, 32 °С). Температура играет важную роль в росте и развитии хлореллы, поскольку она влияет на метаболические процессы и скорость фотосинтеза. Оптимальная температура для роста *Chlorella* sp. В1 составляет около 25–30 °С. При этих условиях данный изолят может эффективно использовать свет и питательные вещества для активного роста и накопления биомассы. Однако высокие адаптивные способности этого рода позволяют организмам приспосабливаться к условиям, отличным от нормы. При критическом повышении температуры выше оптимального уровня хлорелла может начать страдать от стресса, что приведет к замедлению роста или даже гибели. С другой стороны, при снижении температуры скорость роста микроводоросли также может снизиться из-за замедления метаболических процессов. При культивировании поддерживалась температура 25 и 32 °С (см. табл. 2). Согласно полученным данным оптической плотности (рис. 2, в), культивирование при температуре 32 °С показывает большее нарастание клеток микроводорослей. Вес сухой биомассы при температуре 32 °С составил 0,32 г, а при температуре 25 °С – 0,11 г.

CO₂. Углекислый газ является источником углерода, необходимого для синтеза органических соединений. Увеличение концентрации CO₂ в среде культивирования может способствовать повышению скорости фотосинтеза и роста *Chlorella* sp. Подача углекислого газа значительно увеличила концентрацию водорослей в среде с 0,77 ОЕ до 2,74 ОЕ. Вес сухой биомассы также вырос на 0,46 г (рис. 2, г). Если сопоставить объем культуры в фотобиореакторе (500 мл) и использованный в течение трех дней объем газа (1,8 г), то расход получается 0,9 г/л в сут.



Заключение

На основании исследования установлено, что использование гранулированного удобрения «Фертика универсал» значительно повышает оптическую плотность начального раствора в отличие от среды Тамия и BG11, которые не дают такого же значительного улучшения показателей производства биомассы. Ее рост также различается больше чем в два раза — 0,087 и 0,031 г. Гранулированные формы питательной среды будут выгоднее в условиях промышленного выращивания микроводорослей, поскольку они минимизируют временные и финансовые затраты. Кроме того, предлагается использовать уменьшенное количество клеток *Chlorella* sp. В1, поскольку микроводоросли развиваются быстрее при низких начальных концентрациях в инокуляте. При культивировании с усиленной освещенностью рост биомассы ускоряется с соответственным увеличением оптической плотности с 0,55 ОЕ до 0,66 ОЕ, а культивированные при 32 °С, в отличие от комнатной температуры, показывает увеличение в биомассе, доходя до 0,32 г на 500 мл объема. Концентрация водорослей в среде также значительно увеличивается при внесении углекислого газа в количестве 0,9 г/л в течение трех дней на указанный объем.

143

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, проект № FZSM-2024-0004.

Список литературы

1. Benedetti M., Vecchi V., Barera S., Dall'Osto L. Biomass from microalgae: The potential of domestication towards sustainable biofactories // *Microbial. Cell. Factories*. 2018. Vol. 17.
2. Fernandes B.D., Mota A., Teixeira J.A., Vicente A.A. Continuous cultivation of photosynthetic microorganisms: approaches, applications and future trends // *Biotechnol. Adv.* 2015. Vol. 33. P. 1228–1245. doi: 10.1016/j.biotechadv.2015.03.004.
3. Hu W. Dry weight and cell density of individual algal and cyanobacterial cells for algae research and development. Columbia, 2014.
4. Лисовский Г. М. Управляемое культивирование микроводорослей. М., 2013.
5. Cuaresma M., Janssen M., Vilchez C., Wijffels R. H. Horizontal or vertical photobioreactors? How to improve microalgae photosynthetic efficiency // *Bioresour. Technol.* 2011. Vol. 102. P. 5129–5137. doi: 10.1016/j.biortech.2011.01.078.

Об авторах

Николай Дмитриевич Шамаев — канд. биол. наук, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия.

E-mail: nikolai.shamaev94@mail.ru

ORCID: 0000-0002-0575-3760

SPIN-код: 2602-2764



Полина Александровна Курынцева — канд. биол. наук, доцент, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия.

E-mail: polinazwerewa@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-9274-7077

SPIN-код: 7028-8557

Светлана Юрьевна Селивановская — доктор. биол. наук, проф., Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия.

E-mail: svetlana.selivanovskaya@kpfu.ru

ORCID: 0000-0001-6379-7166

SPIN-код: 4867-6900

N. D. Shamaev, P. A. Kuryntseva, S. Yu. Selivanovskaya

CULTIVATION OF CHLORELLA SP. MICROALGAE ISOLATES WITH BIOMASS PRODUCTIVITY ASSESSMENT

Kazan (Volga Region) Federal University, Russia

Received 15 July 2024

Accepted 18 September 2024

doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-10

To cite this article: Shamaev N. D., Kuryntseva P. A., Selivanovskaya S. Yu., 2024, Cultivation of Chlorella sp. microalgae isolates with biomass productivity assessment, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №4. P. 135 – 145. doi: 10.5922/vestniknat-2024-4-10.

Green microalgae belong to a phyletic category of organisms that have adapted to a wide range of ecological conditions. This study explores a novel freshwater microalgae isolate, Chlorella sp. B1, as a potential platform for biomass production. The research evaluated the isolate's ability to grow in mixotrophic media. The results reveal a relationship between growth rate and dynamic changes in biomass composition. The use of granulated forms of the fertilizer "Fertika Universal" as a nutrient medium significantly increased the optical density of the initial solution to 0.087, more than doubling the results compared to other conventional media and proving advantageous for industrial-scale cultivation. The study recommends using a reduced initial cell concentration of Chlorella sp. B1 in the inoculum, followed by cultivation at 32°C with enhanced illumination (52 W) and the addition of 0.9 g/L of carbon dioxide for three days in a 500 mL flat-panel photobioreactor.

Keywords: microalgae isolate, *Chlorella* sp., cultivation conditions

The authors

Dr Nikolai D. Shamaev, Kazan (Volga Region) Federal University, Russia.

E-mail: nikolai.shamaev94@mail.ru

ORCID: 0000-0002-0575-3760

SPIN-код: 2602-2764



Dr Polina A. Kuryntseva, Associate Professor, Kazan (Volga Region) Federal University, Russia.

E-mail: polinazwerewa@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-9274-7077

SPIN-код: 7028-8557

Prof. Svetlana Yu. Selivanovskaya, Kazan (Volga Region) Federal University, Russia.

E-mail: svetlana.selivanovskaya@kpfu.ru

ORCID: 0000-0001-6379-7166

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

Серия: Естественные и медицинские науки



Правила публикации статей в журнале

146

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

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

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

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

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

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

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

8. Плата за публикацию рукописей не взимается.

Комплектность и форма представления авторских материалов

1. Статья должна содержать следующие элементы:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Общие правила оформления текста

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

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

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

Порядок рецензирования рукописей статей

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

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

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

4. В рецензии освещаются следующие вопросы:

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

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

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

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

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

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

10. Текст рецензии направляется автору по электронной почте.

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

Научное издание

ВЕСТНИК
БАЛТИЙСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
им. И. КАНТА

Серия

Естественные и медицинские науки

2024

№ 4

Редактор *О. И. Бессчастнова*
Компьютерная верстка *Е. В. Денисенко*

Подписано в печать 20.12.2024 г.
Формат 70×108¹/₁₆. Усл. печ. л. 13
Тираж 40 экз. Цена свободная. Заказ 149

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