

ISSN 2500-3208

БФУ БАЛТИЙСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ИММАНУИЛА КАНТА

IKVBU IMMANUEL KANT
BAL TIC FEDERAL
UNIVERSITY

ВЕСТНИК
БАЛТИЙСКОГО
ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМ. И. КАНТА

Естественные и медицинские
науки

№3

Калининград
Издательство Балтийского федерального университета
им. Иммануила Канта
2022

Редакционная коллегия

Г. М. Федоров, д-р геогр. наук, проф., БФУ им. И. Канта (главный редактор);
С. В. Корнев, д-р мед. наук, проф., БФУ им. И. Канта (зам. главного редактора);
Б. Я. Алексеев, д-р мед. наук, проф., Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П. А. Герцена; *А. С. Антипов*, д-р биол. наук, проф., Воронежский государственный университет; *А. Г. Архинов*, д-р биол. наук, Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО»; *В. А. Гриценко*, д-р физ.-мат. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *И. С. Гуменюк*, канд. геогр. наук, доц., БФУ им. И. Канта (ответственный редактор); *А. Г. Дружинин*, д-р геогр. наук, проф., Институт географии РАН; *В. В. Жуков*, канд. биол. наук, доц., БФУ им. И. Канта; *Ю. М. Зверев*, канд. геогр. наук, доц., БФУ им. И. Канта; *В. А. Изранов*, д-р мед. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *Е. В. Краснов*, д-р геол.-минерал. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *Л. С. Литвинова*, д-р мед. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *А. Г. Манаков*, д-р геогр. наук, проф., Псковский государственный университет; *А. Ф. Мейсунова*, д-р биол. наук, проф., Тверской государственный университет; *Т. Пальмовский*, д-р географии, проф., Гданьский университет; *А. И. Паиов*, д-р мед. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *А. Разбадаускас*, проф., Клайпедский университет; *В. В. Рафальский*, д-р мед. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *И. В. Реверчук*, д-р мед. наук, д-р псих. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *В. В. Сивков*, канд. геол.-минерал. наук, Атлантическое отделение, Институт океанологии РАН; *Э. Спирыевас*, проф., Клайпедский университет; *Д. А. Субетто*, д-р геогр. наук, проф., Российский государственный педагогический университет им. И. И. Герцена; *Г. Н. Чупахина*, д-р биол. наук, проф., БФУ им. И. Канта; *П. К. Яблонский*, д-р мед. наук, проф., Санкт-Петербургский НИИ фтизиопульмонологии

Учредитель

Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта

Редакция

236001, Россия, Калининград, ул. Гайдара, 6

Издатель

236001, Россия, Калининград, ул. Гайдара, 6

Типография

236001, Россия, Калининград, ул. Гайдара, 6

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

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

Тираж 300 экз.

Дата выхода в свет 28.12.2022 г.

© БФУ им. И. Канта, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Экономическая, социальная и политическая география

<i>Костяев А. И., Никонова Г. Н.</i> Особенности современного размещения производства продукции сельского хозяйства в российском Нечерноземье	5
<i>Федоров Г. М.</i> Развитие и территориальные различия сельского хозяйства Калининградской области	21
<i>Нижникова А. К.</i> Трансформация туристско-рекреационной сферы российско-белорусского приграничья в рамках последствий пандемии	37
<i>Волкова А. Г.</i> Отраслевая структура экономики как типологический признак	52

Биология, биотехнология и экология

<i>Зимица М. И., Носкова С. Ю., Ульрих Е. В., Афанасьева К. С., Федотовских Н. С., Кригер О. В.</i> Особенности получения кормовых аминокислот при культивировании коринебактерий на соевой мелассе	68
---	----

Вопросы медицины

<i>Иванова М. А., Пунин А. А., Ваулин С. В.</i> Когнитивные особенности хронической обструктивной болезни легких у пациентов с алкогольной зависимостью	93
<i>Юрова К. А., Лигатюк Д. Д., Семенова Д. А., Литвинова Л. С.</i> Цитокин-индуцированная регуляция созревания, дифференцировки и апоптотической гибели Т-лимфоцитов иммунной памяти	106
<i>Морозов С. В., Изранов В. А.</i> Определение оптимального подхода к измерению размеров селезенки при ультразвуковом исследовании	120

CONTENTS

Economic, social and political geography

<i>Kostyaev A. I., Nikonova G. N.</i> Features of modern accommodation production of agricultural products in the Russian non-black earth region	5
<i>Fedorov G. M.</i> Development and territorial differences of agriculture in the Kaliningrad region	21
<i>Nizhnikova A. K.</i> Transformation of the tourist and recreation sphere of the Russian-Belarusian border region within the pandemic consequences	37
<i>Volkova A. G.</i> Sectoral composition of the economy as a typological attribute	52

Biology, biotechnology and ecology

<i>Zimina M. I., Noskova S. Yu., Ulrikh E. V., Afanasyeva K. S., Fedotovskikh N. S., Krieger O. V.</i> Peculiarities of obtaining fodder amino acids when culturing <i>Corynebacterium</i> on soybean melasse	68
---	----

Medical issues

<i>Ivanova M. A., Punin A. A., Vaulin S. V.</i> Cognitive features of chronic obstructive pulmonary disease in patients with alcohol dependence	93
<i>Yurova K. A., Ligatyuk D. D., Semenova D. A., Litvinova L. S.</i> Cytokine-induced regulation of maturation, differentiation, and apoptotic death of immune memory T-lymphocytes	106
<i>Morozov C. V., Izranov V. A.</i> Determination of the optimal approach to measuring the spleen sizes by sonography	120

УДК 332.132

А. И. Костяев, Г. Н. Никонова

**ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
В РОССИЙСКОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ**

5

Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр
Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

Поступила в редакцию 20.07.2022 г.

Принята к публикации 15.08.2022 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-1

Для цитирования: *Костяев А.И., Никонова Г.Н.* Особенности современного размещения производства продукции сельского хозяйства в российском Нечерноземье // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2022. №3. С. 5–20. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-1.

Макрорегион Нечерноземье играет важную роль в развитии экономики России, обеспечении ее продовольственной безопасности. С переходом страны к рыночным отношениям трансформировалось размещение сельскохозяйственного производства во всех ее регионах. Эти изменения для Нечерноземья должным образом не изучены. Цель исследования – определить закономерности в изменении размещения производства сельскохозяйственной продукции в Нечерноземной зоне. Методика исследования: сочетание методов статистического анализа с эвристическими методами (учет зональных и азональных факторов) на основе использования фундаментальных работ по сельскохозяйственному районированию. Результаты исследования: установлены тенденции к снижению роли Нечерноземья в общероссийском производстве продукции растениеводства и к ее росту для животноводческой продукции. Выявлена чрезмерная концентрация производства в свиноводстве и птицеводстве. На основе зональных факторов выделены северная, центральная и южная группы регионов. С учетом азональных факторов центральные регионы подразделены на две подгруппы: основные аграрные и с пригородным сельским хозяйством. Установлены тенденции в изменении размещения сельскохозяйственного производства. Выводы: основной зоной товарного производства зерновых (кроме ржи) и технических культур (кроме льна-долгунца) является группа южных регионов, а товарного производства озимой ржи, овса, льна-долгунца – аграрные регионы центральной полосы. Для южных регионов отмечена тенденция высоких темпов роста посевов кукурузы на зерно, сахарной свеклы, подсолнечника. Группа центральных регионов – основной производитель продукции животноводства. С учетом тенденций в перспективе возрастет роль южных регионов в производстве продукции мясного скотоводства и птицеводства. В регионах с пригородным хозяйством усиливается молочная специализация скотоводства и сокращается производство яиц и всех видов скота на убой. В группе северных регионов вероятно развитие молочно-мясного скотоводства, производства картофеля и овощей.



Ключевые слова: зональные факторы, азональные факторы, группы регионов, продукция растениеводства, продукция животноводства, структурные сдвиги, тенденции

Введение

Макрорегион Нечерноземье, объединяющий 29 областей и республик России, в 1974 – 1990 гг. развивался в соответствии с Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 20.03.1974 г. № 206 «О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР» на основе крупномасштабной комплексной целевой программы [8].

До областей, административных районов и конкретных хозяйств доводились контрольные цифры объемов государственных закупок соответствующих видов сельскохозяйственной продукции. Этим показателям нужно было достигать любой ценой, издержки производства на единицу продукции при этом особого значения не имели. Такие зерновые культуры, как ячмень, овес и рожь, возделывались даже в Арктической зоне, давая при этом приемлемую по тем временам урожайность.

С 1991 г. ситуация изменилась коренным образом. Размещение конкретных отраслей как растениеводства, так и животноводства стало предопределяться рыночными механизмами, которые в той или иной степени корректировались методами государственного регулирования.

При этом до недавнего времени исследованию процессов, происходящих в сельском хозяйстве Нечерноземье после 1991 г., не уделялось достаточного внимания. Среди имеющихся публикаций можно выделить статьи А. И. Алексеева [1], А. В. Маклахова, В. В. Живетина, Г. А. Симонова [4], Т. Г. Нефедовой [5; 21], К. В. Аверкиевой [18; 19], Ю. Т. Фаренюка, Е. В. Егоровой [14; 15], Г. А. Полунина, В. В. Алакоза [7], Е. Н. Шаниной [16], А. А. Кутузовой и др. [13]. Однако в публикациях рассматриваются главным образом частные проблемы в сфере землепользования, развития сельской местности и отдельных отраслей сельского хозяйства, регионов и муниципальных районов или конкретных населенных пунктов. Развитию сельского хозяйства Нечерноземья в целом посвящены лишь отдельные публикации, среди которых можно выделить статьи Ю. Т. Фаренюка, Е. В. Егоровой [15], А. И. Костяева, Г. Н. Никоновой и др. [12; 20]. При этом особенности современного размещения производства сельскохозяйственной продукции в Нечерноземье до сих пор остаются не до конца исследованными. Ситуация, рассмотренная нами по данным за 2019 г. [11], в последующее время уже изменилась и требует дальнейшего уточнения.

В связи с этим целью настоящего исследования является установление закономерностей в изменении размещения производства сельскохозяйственной продукции в Нечерноземье с учетом последних тенденций.

Методология исследования

Исследование построено на сравнительном статистическом анализе структур и рядов динамики показателей, отражающих процесс развития и размещения производства продукции сельского хозяйства в российском Нечерноземье. На основе эвристических методов (учета зональных и азональных факторов) с использованием фундаментальных работ



по сельскохозяйственному районированию [9; 10; 17] и генерализации выделены группы регионов Нечерноземья со своими специфическими чертами. Установленные группы районов послужили основой для выявления особенностей современного размещения производства сельскохозяйственной продукции. Исследование построено следующим образом: 1. На первом этапе определяется место Нечерноземья в общероссийском производстве основных видов продукции сельского хозяйства в динамике за последние 25 лет. 2. Затем выявляются наиболее важные закономерности в развитии аграрного сектора, вызванные рыночными механизмами. 3. Далее основное внимание уделяется особенностям современного размещения производства продукции сельского хозяйства.

7

Результаты исследования

Место Нечерноземья в общероссийском производстве основных видов продукции сельского хозяйства

Определение места Нечерноземья (удельного веса в %) в общероссийском производстве продукции отраслей растениеводства в динамике за 1996–2021 гг. (рис. 1) показывает, что здесь до 2010 г. по всем ее видам сокращение объемов производства происходило более высокими темпами, чем по России в целом. В последующем данная тенденция либо замедлилась (производство овощей), либо сменилась на положительный тренд (картофель, зерновые и зернобобовые культуры). Положительная тенденция в льноводстве с 2010 по 2019 г. в последующем стала отрицательной. Ни по одному из анализируемых видов продукции к 2021 г. в Нечерноземье не было достигнуто то место в аграрном секторе России, которое оно занимало в 1996 г.

При этом разрыв составил по зерновым и зернобобовым культурам 6,7 процентных пунктов (п.п.), картофелю – 8,4 п.п., овощам – 24,6 п.п., а льну (в пересчете на волокно) – 38,3 п.п., то есть Нечерноземье перестало быть льняным макрорегионом.



Рис. 1. Удельный вес объемов производства основных видов растениеводческой продукции в Нечерноземье в соответствующих общероссийских показателях, %



В значительной степени данный макрорегион утратил также имидж в производстве ржи. Если в 1996 г. на его долю в России приходилось 35,3 % объемов ее производства, то в 2021 г. – только 28,4 %. При этом в абсолютном отношении объемы производства ржи в Нечерноземье сократились в 4,3 раза.

Более благоприятная ситуация складывается в отраслях животноводства (рис. 2). Отрицательная тенденция сменилась на устойчивый положительный тренд в производстве свиней и птицы на убой, молока и яиц (после 2010 г.), в производстве крупного рогатого скота (КРС) (после 2015 г.). В производстве птицы на убой в 2021 г. показатели 1996 г. были превышены на 1,5 п.п., в производстве яиц – на 1,9 п.п.

Разрыв между показателями 1996 г. и 2021 г. по остальным видам продукции животноводства оказался не таким значительным, как в растениеводстве: по производству КРС на убой – 5,4 п.п., свиней на убой – 3,8 п.п., молока – 3,1 п.п.

Таким образом, существующие тренды показывают, что в системе территориального разделения труда в рамках агропромышленного комплекса (АПК) страны возрастает роль Нечерноземья в производстве животноводческой продукции.

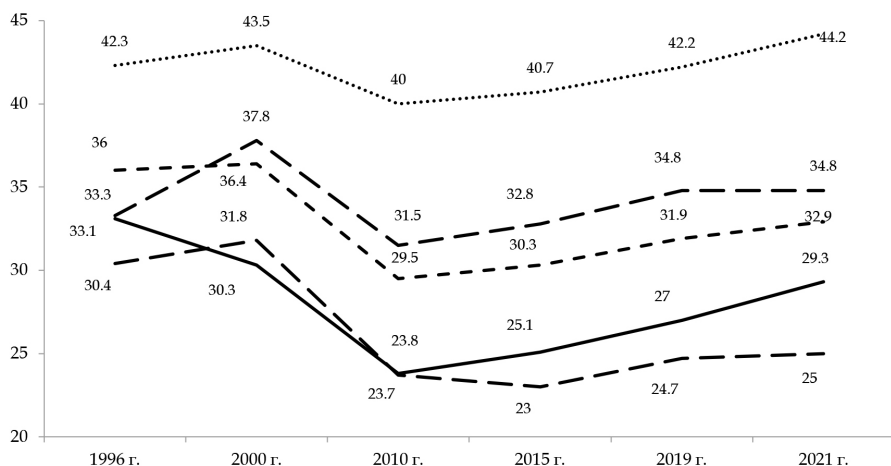


Рис. 2. Удельный вес объемов производства основных видов животноводческой продукции в Нечерноземье в соответствующих общероссийских показателях, %

При сохранении существующих темпов прироста позиция Нечерноземья 1996 г. в АПК России будет достигнута по производству свиней на убой к 2025 г., производству молока – к 2030 г., производству КРС на убой – за пределами 2035 г.

Закономерности в развитии и размещении производства продукции сельского хозяйства, вызванные рыночными механизмами

Доминирование влияния рыночных механизмов на размещение сельскохозяйственного производства способствовало развитию и размещению отраслей растениеводства в более благоприятных для них поч-



венных и климатических условиях с относительно высоким рентным потенциалом, прежде всего в областях Центрального федерального округа (ЦФО).

Структурные сдвиги в размещении продукции растениеводства происходили на фоне общего роста в Нечерноземье объемов производства одних видов продуктов (пшеница, зернобобовые культуры, кукурузы на зерно и рапс) и существенного сокращения объемов других (рожь, овес, просо, гречиха, лен-долгунец, картофель, овощи, плоды и ягоды).

Наблюдалась локализация объемов производства пшеницы в ограниченном количестве регионов. Так, ЦФО они на 88 % оказались сконцентрированными в Брянской, Орловской, Рязанской и Тульской областях, где с 1996 по 2021 г. их рост суммарно составил 4,4 раза. В свою очередь в Костромской области производство пшеницы прекратилось практически повсеместно, а в Ивановской, Тверской и Ярославской областях было сведено к минимуму.

В Северо-Западном федеральном округе (СЗФО) производство этой культуры почти на 70 % сосредоточено в Калининградской области (рис. 3): его объемы за указанный выше временной промежуток увеличились здесь в 5,6 раза.

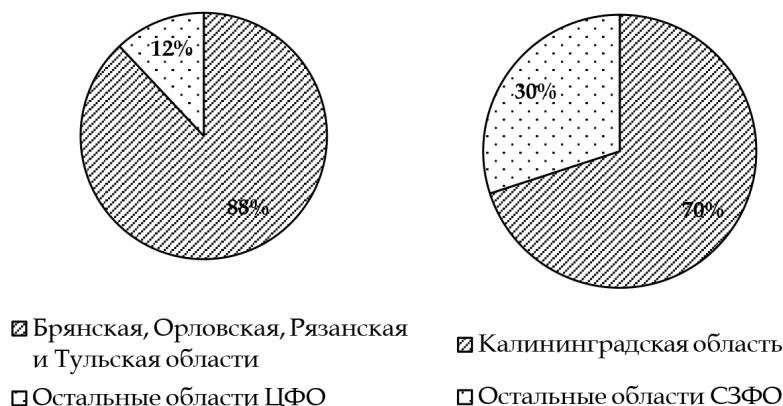


Рис. 3. Концентрация размещения пшеницы в областях Центрального и Северо-Западного федеральных округов, по данным за 2021 г.

Следует отметить, что Калининградская область в целом несколько выделяется среди территорий Нечерноземья и даже в чем-то тяготеет к группе южных регионов по производству ряда видов продукции растениеводства. Удельный вес данной области в объемах производстве гречихи среди центральных районов Нечерноземья доходил до 44,6 % (2018 г.), семян рапса – 61,5 % (2020 г.), кукурузы на зерно – 77 % (2020 г.), бобов кормовых на зерно – 100 % (2020 г.)

В свою очередь в СЗФО отрасли животноводства развивались более быстрыми темпами, что привело к росту его удельного веса в Нечерноземье в объемах производства животноводческой продукции при снижении данного показателя в других округах.



Структурные изменения в размещении производства скота и птицы на убой в 1997–2021 гг. происходили на фоне почти двукратного снижения объемов производства КРС при росте объемов производства свиней в 2,2 раза и птицы в 7,7 раза.

В целом объемы производства скота и птицы на убой за этот период выросли в 2,1 раза при повышении доли СЗФО на 5 процентных пунктов и ее снижении на остальной территории Нечерноземья.

Данные структурные сдвиги были обеспечены за счет получения эффекта масштаба при резком росте объемов производства свиней (в 4,1 раза) и птицы (9,8 раза). По свиньям максимальный рост произошел в Псковской области – в 15,5 раза, значительный в Калининградской области – в 7,1 раза. В данных двух областях в 2021 г. было сконцентрировано 82 % производства свиней на убой от итога по СЗФО. Объемы производства птицы на убой максимально выросли в Новгородской области – в 55 раз и Ленинградской области – в 17 раз, что привело к концентрации в них 80 % мясной продукции отрасли птицеводства СЗФО (рис. 4).

10



Рис. 4. Концентрация размещения производства свиней и птицы на убой в Северо-Западном федеральном округе, по данным за 2021 г.

Еще более масштабная концентрация отмечается в яичном птицеводстве, где 73 % объемов производства яиц в СЗФО сосредоточено в Ленинградской области.

Последствия чрезмерной концентрации производства свиней, птицы на убой и яиц для большинства других регионов СЗФО оказались весьма печальными – свиноводству и птицеводству в них стало трудно конкурировать с крупномасштабным производством. Объемы производства в этих регионах существенно снизились, либо эти отрасли в них практически прекратили свое существование: производство свиней и птицы на убой (Республика Карелия, Архангельская и Мурманская области), производство яиц (Республика Карелия и Мурманская область).



Особенности современного размещения производства продукции сельского хозяйства

Рассмотренные выше тенденции, закономерности и структурные сдвиги в размещении производства продукции отраслей сельского хозяйства вызывают необходимость определить внутри Нечерноземной зоны районы товарного производства отдельных продуктов и их сочетаний. При дифференциации территории Нечерноземья учитывались зональные и азональные факторы. Зональные факторы (климатические, почвенные, растительные), проявляясь в широтном направлении [9; 10; 17], дифференцируют территорию Нечерноземья как минимум на три группы регионов:

1. Северные регионы – Архангельская, Мурманская области, республики Карелия и Коми, где в сельском развитии доминируют лесное хозяйство, лесозаготовки, рыболовство, рыбоводство, а сельское хозяйство носит очаговый характер и в значительной степени представлено малыми формами хозяйствования. Локально размещены здесь объекты защищенного грунта и сохранившиеся небольшие птицефабрики.

2. Южные регионы – Брянская, Орловская, Рязанская и Тульская области, Республика Мордовия и Чувашская Республика отличаются от других территорий позитивным трендом развития товарных отраслей растениеводства, как традиционных для Нечерноземья, так и новых, продвигающихся сюда с черноземной полосы России. Отрасли растениеводства в той или иной степени сочетаются здесь с производством животноводческой продукции.

3. Регионы центральной полосы – все остальные области и республики Нечерноземья, где основной зональной специализацией сельского хозяйства является молочно-мясное скотоводство в сочетании с картофелеводством, овощеводством, свиноводством и птицеводством.

К числу азональных факторов относится наличие на территории Центральной полосы Нечерноземья крупных городских агломераций – Московской, Санкт-Петербургской, Нижегородской, Пермской и Екатеринбургской. Вокруг них, как минимум в границах соответствующих субъектов Федерации, сформировалось сельское хозяйство пригородного типа, включающее молочно-мясное скотоводство, которое ориентируется на производство цельномолочной и кисломолочной продукции; производство местных овощей, в том числе зеленых, раннего картофеля, диетических яиц и парной свинины. В пригородных зонах разных агломераций сочетание отраслей и производств может быть различным.

С учетом азональных факторов регионы центральной полосы предлагается подразделить на две подгруппы: регионы основного аграрного производства и регионы с пригородным хозяйством. Потенциал развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации достаточно сильно дифференцирован по выделенным группам регионов (табл. 1).

Основу потенциала развития северных регионов составляет лесной фонд, а также около 400 тыс. га пашни, не используемой под посевные площади. В настоящее время здесь засеивается только около 20 % пахотных угодий.

На долю регионов Центральной полосы в Нечерноземной зоне приходится 70 % и более площадей сельскохозяйственных угодий, пашни, поголовья КРС, свиней и птицы. Площадь земель сельскохозяйственно-



го назначения и поголовье коров близки к 70 %. Непропорционально низки относительно пашни здесь показатели посевных площадей сельскохозяйственных культур. Фактически под посевы только в основных аграрных регионах Центральной полосы не используется около 8 млн га пашни, или 60 % ее общей площади, что, несомненно, является важным ресурсом для развития АПК Нечерноземья в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Таблица 1

**Потенциал развития АПК Нечерноземной зоны
Российской Федерации в разрезе выделенных групп регионов,
по состоянию на 2019 г.**

12

Показатель	Ед. измерения	Северные регионы	Регионы Центральной полосы			Южные регионы	НЗ РФ
			Всего	Основного производства	С пригородным хозяйством		
Площадь земель лесного фонда	млн га	87,3	78,1	44,0	34,1	3,9	169,2
	%	51,6	46,1	26,0	20,1	2,3	100,0
Площадь земель сельскохозяйственного назначения	млн га	7,2	38,6	23,9	14,7	11,0	56,8*
	%	12,7	68,0	42,1	25,9	19,3	100,0
Площадь сельскохозяйственных угодий	млн га	1,4	31,4	20,4	11,0	11,1	43,9
	%	3,2	71,5	46,4	25,1	25,3	100,0
Площадь пашни	млн га	0,5	20,5	13,4	7,1	7,7	28,7
	%	1,8	71,4	46,7	24,7	26,8	100,0
Посевные площади	млн га	0,1	8,8	5,3	3,5	5,3	14,2
	%	1,0	61,5	37,2	24,3	37,5	100,0
Площадь пашни свободной от посевов	млн га	0,4	11,7	8,1	3,6	2,4	14,5
	%	80,0	57,1	60,4	50,7	31,2	50,5
Поголовье крупного рогатого скота	тыс. гол.	101,6	3477,5	2337,6	1139,9	850,6	4429,7
	%	2,3	78,5	52,8	25,7	19,2	100,0
Поголовье коров	тыс. гол.	47,3	1303,7	801,8	501,9	515,6	1866,6
	%	2,5	69,9	43	26,9	27,6	100,0
Поголовье свиней	тыс. гол.	58,1	4904,1	3661,6	1242,5	1883,2	6845,4
	%	0,8	71,7	53,5	18,2	27,5	100,0
Поголовье птицы	млн гол.	2,2	146,2	72,8	73,4	50,0	198,4
	%	1,1	73,7	36,7	37,0	25,2	100,0

* Без НАО.

Источник: разработка авторов по данным Росстата [2].



Бесспорно, резервы роста посевных площадей в реальной практике должны быть скорректированы, так как часть пашни может оставаться под паром и залежь, хотя порядок цифр при этом не изменится. Следует отметить, что в регионах с пригородным хозяйством удельный вес незасеваемой пашни на 10 процентных пунктов ниже, чем на территории основного аграрного производства Центральной полосы Нечерноземья. Тем не менее и здесь есть резервы для увеличения посевов на площади 3,6 млн га. Доля группы южных регионов по большинству параметров ресурсного потенциала развития АПК составляет 25–27 % от всего Нечерноземья. Обеспеченность лесным фондом здесь является низкой. Относительно пониженный удельный вес южных регионов также отмечается по обеспеченности площадями земель сельскохозяйственного назначения и поголовью КРС. В то же время эти регионы выделяются высоким удельным весом посевных площадей, меньшим удельным весом неиспользуемой пашни. Однако и здесь около 2,4 млн га пашни не засеваются. Учитывая более высокое качество почв в этих регионах и более высокий биоклиматический потенциал для развития растениеводства, данные площади являются важным ресурсом для развития АПК не только для южных регионов, но и для Нечерноземья в целом.

Дифференцированный подход к размещению зерновых и зернобобовых культур показывает, что северные регионы фактически прекратили заниматься зерновым хозяйством, поэтому они в таблице 2 не представлены. Однако еще в 2000 г. в Архангельской области, республиках Карелия и Коми были посевные площади, занятые под зерновыми культурами, а XIX – первой половине XX в., по имеющимся источникам, здесь возделывали в продовольственных целях озимую рожь, овес, яровую пшеницу, ячмень и даже гречиху [3; 6].

Основным производителем зерна в Нечерноземье является группа южных регионов. Здесь в 2021 г. было произведено от итога по зоне 67,4 % всех зерновых и зернобобовых культур, в том числе пшеницы – около 70 %, ячменя – 57,4 %, кукурузы на зерно – 96,2 %, проса – 100 %, гречихи – 88,4 %, зернобобовых культур – 71,5 %.

Следует при этом отметить, что по большинству данных культур (кроме проса) здесь отмечается позитивная динамика роста объемов валовых сборов.

Центральная полоса Нечерноземья отличается высоким удельным весом в валовых сборах ржи и овса, которые преимущественно возделываются на основных аграрных территориях, а не в регионах с пригородным хозяйством. При этом тренд динамики валового сбора данных культур является резко отрицательным. Объем сбора ржи за период 1996–2021 гг. в группе основных аграрных регионов сократился в 4,6 раза, а в регионах пригородным хозяйством – в 6,8 раза. По овсу эти показатели, соответственно, составляли 5,3 и 4,2 раза.

Достаточно высокий удельный вес Центральной полосы в Нечерноземье отмечается в валовых сборах ячменя (42,6 %) при положительной динамике его объемов с 2010 г. К 2021 г. они выросли здесь на 50,6 %. В группе северных регионов в определенной степени представлено производство картофеля, овощей и плодоягодной продукции, в динамике объемов которых просматривается в целом отрицательный тренд.



**Дифференциация групп регионов Нечерноземной зоны
Российской Федерации в производстве зерновых
и зернобобовых культур, по данным за 2021 г.**

Показатель валового сбора	Ед. измерения	Регионы Центральной полосы			Южные регионы	НЗ РФ
		Всего	Основные территории	С пригородным хозяйством		
Пшеница	тыс. т	3016,7	1582,4	1434,3	6946,2	9962,9
	%	30,3	15,9	14,4	69,7	100
Рожь	тыс. ц	2737	2184,5	552,5	2155,6	4892,6
	%	55,9	44,6	11,3	44,1	100
Ячмень	тыс. т	1437,0	684,9	752,1	1932,8	3369,8
	%	42,6	20,3	22,3	57,4	100
Овес	тыс. т	536,8	345,1	191,7	233,9	770,7
	%	69,7	44,8	24,9	30,4	100
Кукуруза на зерно	тыс. ц	837,0	198,5	638,5	20929	21766
	%	3,8	0,9	2,9	96,2	100
Просо	тыс. ц	0,0	0,0	0,0	22,2	22,2
	%	0,0	0,0	0,0	100	100
Гречиха	тыс. ц	88,8	83,8	5,0	679,5	768,3
	%	11,6	10,9	0,7	88,4	100
Зернобобовые культуры	тыс. ц	1506	811,7	694,3	3780,3	5286,3
	%	28,5	15,4	13,1	71,5	100
Зерновые и зернобобовые, всего	тыс. т	5751,4	3171,7	2579,7	11 909,3	17 660,6
	%	32,6	18,0	14,6	67,4	100

Источник: разработка авторов по данным Росстата [2].

С 1996 по 2021 г. объемы производства картофеля сократились на 74 %, овощей – на 50 %, плодов и ягод – на 18 %.

Регионы Центральной полосы доминируют в структуре производства Нечерноземья по валовому сбору льна-долгунца, картофеля, овощей и плодоягодной продукции (табл. 3).

При этом для динамики валовых сборов льна, картофеля и овощей характерен отрицательный тренд, объемы которых с 1996 по 2021 г. сократились на 80 %, 17 % и 44 % соответственно. В производстве плодов и ягод преобладает положительная тенденция, за тот же период их объемы в данной группе регионов увеличились на 11 %.

Группа южных регионов абсолютно доминирует в валовом сборе сахарной свеклы, подсолнечника и рапса, объемы которого при устойчивом положительном тренде выросли здесь в анализируемом периоде, соответственно, в 3,5 раза, 60 и 10 раз¹.

¹ Данные приведены по сахарной свекле 2020 г. относительно 1996 г., по подсолнечнику – 2021 г. относительно 1996 г., по рапсу – 2021 г. относительно 2010 г. (до 2010 г. статистика отсутствует)



**Дифференциация групп регионов Нечерноземной зоны
Российской Федерации в производстве технических культур, картофеля,
овощей и плодовоовощной продукции, по данным за 2021 г.**

Показатель валового сбора	Ед. измере- ния	Северные регионы	Регионы Центральной полосы			Южные регионы	НЗ РФ
			Всего	Основ- ные террито- рии	С приго- родным хозяй- ством		
Волокно	тыс. ц	0,0	114,0	92,3	21,7	34,8	148,8
льна-долгунца	%	0,0	76,6	62,0	14,6	23,4	100
Сахарная ¹ свекла	тыс. т	0,0	329,9	0,0	329,9	3147,6	3477,5
	%	0,0	9,5	0,0	9,5	90,5	100
Семена подсол- нечника	тыс. ц	0,0	83,5	14,0	69,5	5466,2	5549,7
	%	0,0	1,5	0,3	1,3	98,5	100
Семена рапса	тыс. ц	0,0	3456,6	2519,6	937	5942,5	9399,1
	%	0,0	36,8	26,8	10,0	63,2	100
Картофель	тыс. т	180,1	4423,2	2173,2	2250,0	2772,0	7375,3
	%	2,4	60,0	29,5	30,5	37,6	100
Овощи	тыс. т	62,6	2066,2	908,1	1158,0	600,6	2729,4
	%	2,3	75,7	33,3	42,4	22,0	100
Плоды и ягоды	тыс. ц	182,9	7537,9	3572,4	3965,5	1481,7	9202,5
	%	2,0	81,9	38,8	43,1	16,1	100

Источник: разработка авторов по данным Росстата [2].

В производстве картофеля, овощей и плодоягодной продукции неожиданно для юга, отмечается спад объемов в 2021 г. относительно 1996 г. 44 %, 27 % и 63 % соответственно.

Дифференциация продукции животноводства показала, что основная ее доля по всем видам в 2021 г., также, как и в 2019 г., была произведена в регионах Центральной полосы Нечерноземья (табл. 4). Вклад регионов Севера в общие объемы производства животноводческой продукции Нечерноземной зоны в 2021 г. составлял от 1 % (производство птицы на убой) до 2,5 % (производство молока). По всем видам продукции (кроме птицы на убой) они имели отрицательный прирост и по всем видам, включая птицу, резко снизили удельный вес в общем объеме производства по Нечерноземью.

В регионах Центральной полосы Нечерноземья в 2021 г. производилось от 59 % (КРС на убой) до 79 % (производство яиц) от общих объемов по зоне. При этом только в производстве молока и КРС на убой было отмечено с 1996 г. сокращение объемов производства (на 57 % и 15 % соответственно). По всем остальным видам продукции был существенный рост. Несмотря на него, удельный вес данной группы районов в общем производстве снизился по яйцу и птице.

¹ Данные по сахарной свекле приведены за 2020 г., так как для 2021 г. у ряда регионов они отсутствуют.



**Дифференциация групп регионов Нечерноземной зоны
Российской Федерации в производстве продукции животноводства,
по данным за 2021 г.**

Вид продукции	Ед. измерения	Северные регионы	Регионы центральной полосы			Южные регионы	НЗ РФ
			Всего	Основные территории	С пригородным хозяйством		
Скот и птица на убой, всего	тыс. т	34,4	2300,9	1405,4	895,5	1139,2	3474,5
	%	1,0	68,2	40,4	25,8	32,8	100
КРС на убой	тыс. т	6,5	246,2	145,4	100,8	165,3	418,0
	%	1,6	58,9	34,8	24,1	39,5	100
Свиньи на убой	тыс. т	8,4	819,1	619,4	199,7	434,9	1262,4
	%	0,7	64,9	49,1	15,8	34,5	100
Птица на убой	тыс. т	16,3	1218,7	630,2	588,5	530,9	1765,9
	%	0,9	69,0	35,7	33,3	30,1	100
Молоко	тыс. т	267,9	8217	4828,5	3388,5	2141,1	10626
	%	2,5	77,3	45,4	31,9	20,1	100
Яйца	млн шт	188,7	15740	9267,3	6472,7	3915,5	19844,2
	%	1,0	79,3	46,7	32,6	19,7	100

Источник: разработка авторов по данным Росстата [2].

Следует отметить, что на это решающее значение оказала группа районов с пригородным хозяйством, для которых был характерен отрицательный структурный сдвиг по всем видам животноводческой продукции кроме молока. В этой связи благодаря данной группе регионы Центральной полосы Нечерноземья повысили свой удельный вес в валовом надое молока по зоне. Позитивный структурный сдвиг у группы регионов Центральной полосы был и в производстве свиней на убой.

Южные регионы, несмотря на меньший удельный вес в производстве животноводческой продукции по сравнению с регионами Центральной полосы, имели относительно них более высокие темпы роста по всем видам продукции, кроме молока и свиней на убой. В связи с этим для них сформировалась тенденция роста в общих объемах производства по Нечерноземной зоне удельного веса КРС и птицы на убой, яиц. Наличие собственного фуражного зерна и имеющиеся возможности для расширения его производства позволяют предположить, что данная тенденция сохранится и на перспективу.

Выводы

Проведенный анализ показывает, что основной зоной товарного производства всех видов зерновых (кроме ржи) и технических культур (кроме льна-долгунца) является группа южных регионов, а товарного производства озимой ржи, овса, льна-долгунца – аграрные регионы Центральной полосы Нечерноземья.



Зона товарного производства ячменя и рапса в значительной степени распространяется и на Центральную полосу Нечерноземья. Темпы продвижения сюда ячменя и рапса, а также пшеницы в перспективе усилятся как в связи с глобальным потеплением климата, так и из-за их конкуренции за посевные площади с техническими культурами, имеющими экспортное значение. Для группы южных регионов и в перспективе возможны высокие темпы роста посевных площадей кукурузы на зерно, сахарной свеклы и подсолнечника, а также увеличения объемов их производства.

В условиях устойчивой тенденции к спаду объемов производства озимой ржи, овса и льна-долгунца, прежде всего для группы регионов Центральной полосы, целесообразно применить проектный подход, целевой функцией которого будет выход на мировой уровень как по технологиям производства, так и по конечным показателям. Для этих целей, возможно, потребуются создание государственных корпораций и введение в определенных размерах государственного заказа для пополнения специальных фондов.

Группа регионов Центральной полосы Нечерноземья, в соответствии с существующим трендом, останется и на перспективу основным производителем товарной животноводческой продукции, прежде всего производства молока, которое следует продолжать стимулировать здесь в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Между тем тенденция к повышению темпов роста продукции мясного скотоводства и птицеводства в дальнейшем приведет к усилению позиций южных регионов на соответствующих продуктовых рынках.

Следует отметить, что для регионов с пригородным хозяйством наметилась тенденция к снижению их удельного веса в производстве всех видов скота на убой и в производстве яиц в общих показателях по Нечерноземной зоне в связи с размещением крупных животноводческих и птицеводческих комплексов в близлежащих областях. Данную тенденцию следует рассматривать в перспективе как одно из направлений совершенствования размещения отраслей сельского хозяйства в зоне. В процессе происходящей трансформации размещения будет найден тот баланс продукции местного и привозного производства, который уже установлен в отношении картофеля и овощей. Регионы с пригородным хозяйством при этом усиливают молочную специализацию животноводства.

В группе северных регионов, сохранивших у себя некоторые отрасли животноводства, размещенные локально, может получить дальнейшее развитие молочно-мясное скотоводство. Например, Архангельская область является родиной уникальной холмогорской породы коров, которые демонстрируют рекордные надои молока на фермах в Мурманской области. Здесь также вполне перспективно производство картофеля и овощей при применении специальных технологий их возделывания.

Список литературы

1. Алексеев А.И. Человек и природа в развитии сельской местности Нечерноземья // Региональные исследования. 2014. №4 (46). С. 81–87.



2. *Бюллетени о состоянии сельского хозяйства* (электронные версии). URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13277> (дата обращения: 24.06.2022).

3. *Котов П. П.* Посевы и урожаи хлебов в Онежском уезде Архангельской губернии в 1785–1915 году // *Вестник Вологодского государственного университета*. Сер.: Исторические и филологические науки. 2019. №2 (13). С. 28–36.

4. *Маклахов А. В., Живетин В. В., Симонов Г. А.* Некоторые аспекты модернизации экономики Нечерноземья (на примере Вологодской области) // *Проблемы развития территории*. 2020. №2 (106). С. 81–94. doi: 10.15838/ptd.2020.2.106.6.

5. *Нефедова Т. Г.* Прошлое настоящее и будущее староосвоенных периферийных районов Нечерноземья (на примере Костромской области) // *Вопросы государственного и муниципального управления*. 2008. №1. С. 165–183.

6. *Особенности ведения сельского хозяйства в Заонежье в конце XIX – начале XX веков*. URL: <https://kizhi.karelia.ru/library/traditsionnaya-kultura-russkih-zaonezhyu-spravочно-metodicheskoe-posobie-dlya-eksku/745.html> (дата обращения: 01.06.2022).

7. *Полунин Г. А., Алакоз В. В.* Стратегия пространственного развития сельскохозяйственного землепользования в Нечерноземной экономической зоне России // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. 2022. №3. С. 165–179. doi: 10.33920/sel-04-2203-01.

8. *О мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства Нечерноземной зоны РСФСР* : постановление ЦК КПСС, Совмина СССР от 20.03.1974. №206. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 30.05.2022).

9. *Почвенно-географическое районирование СССР* (в связи с сельскохозяйственным использованием земель). М., 1962.

10. *Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР* / под ред. А. Н. Каштанова. М., 1983.

11. *Рекомендации по развитию агропромышленного комплекса и сельских территорий Нечерноземной зоны Российской Федерации до 2030 года* / А. Л. Иванов [и др.]. М., 2021. doi: 10.52479/978-5-6045694-2-9.

12. *Сельское Нечерноземье: от плана к рынку* / А. И. Костяев [и др.] // *АПК: экономика, управление*. 2021. №5. С. 3–15. doi: 10.33305/215-3.

13. *Состояние и перспективы развития кормопроизводства в Нечерноземной зоне РФ* / А. А. Кутузова [и др.] // *Кормопроизводство*. 2021. №2. С. 3–9.

14. *Фаринюк Ю. Т., Егорова Е. В.* Сдвиги в структуре посевных площадей и плотности населения Нечерноземной зоны Российской Федерации // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2018. №5 (38). С. 87–92.

15. *Фаринюк Ю. Т., Егорова Е. В.* Типология регионов Нечерноземной зоны по уровню развития сельского хозяйства // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2015. №1 (22). С. 35–38.

16. *Шанина Е. Н.* Проблемы и пути решения рационального использования земель сельскохозяйственного назначения Нечерноземной зоны Европейской части РФ // *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2020. №5-3 (63). С. 238–242. doi: 10.24411/2411-0450-2020-10517.

17. *Шашко Д. И.* Агроклиматическое районирование СССР. М., 1967.

18. *Averkieva K. V.* Innovations in agriculture in the Non-Black-Soil Zone of Russia as a Response to shrinkage of space // *Regional Research of Russia*. 2013. Vol. 3, №1. P. 52–61. doi: 10.1134/S2079970513010036.

19. *Averkieva K. V.* Labor markets and the role of otkhodnichestvo in the employment of rural inhabitants of Russians Non-Chernozem Zone // *Regional Research of Russia*. 2016. Vol. 6, №1. P. 21–31. doi: 10.1134/S2079970516010020.



20. *Kostyaev A. I., Nikonova G. N.* Developing territorial differentiation processes of agricultural production in the Non-Black Earth Region and their current trends // *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2021. Vol. 14, №4. P. 150–168. doi: 10.15838/esc.2021.4.76.9.

21. *Nefedova T. G.* Russian rural nechernozemye: collapse or new ways of development? // *Geography, Environment, Sustainability*. 2011. Vol. 4, №4. P. 10–23.

Об авторах

Александр Иванович Костяев – д-р геогр. наук, проф., акад. РАН, Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Россия.

E-mail: galekos46@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4041-6935>

Галина Николаевна Никонова – д-р эконом. наук, проф., чл.-корр. РАН, Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Россия.

E-mail: galekos@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7605-0237>

A. I. Kostyaev, G. N. Nikonova

FEATURES OF THE CURRENT ALLOCATION PATTERNS OF AGRICULTURAL PRODUCTS IN THE RUSSIAN NON-BLACK SOIL ZONE

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy
of Sciences, St. Petersburg, Russia

Received 20 July 2022

Accepted 15 August 2022

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-1

To cite this article: Kostyaev A. I., Nikonova G. N. 2022, Features of the modern location of agricultural production in the Russian non-chernozem region, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 5–20. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-1.

The macro-region Nonblack Soil Zone plays an important role in the development of the Russian economy, ensuring its food security. With the transition of the country to market relations, the distribution of agricultural production in all its regions has been transformed. These changes for the Nonblack Soil Zone have not been properly studied. This study focuses on the patterns of change in the location of agricultural production in the Nonblack Soil Zone. Research methodology relies on a combination of statistical analysis methods with heuristic methods (taking into account zonal and azonal factors) based on the use of fundamental works on agricultural zoning. The study has established trends towards a decrease in the role of the Nonblack Soil Zone in the all-Russian production of crop products and towards its growth



for livestock products. An excessive concentration of production in pig and poultry farming has been revealed. On the basis of zonal factors, the northern, central, and southern groups of regions are identified. Taking into account the azonal factors, the central regions are divided into two subgroups: the main agricultural regions and those with suburban agriculture. The research has established Tendencies in changing the location of agricultural production. The authors have concluded that the main zone of commercial production of grain (except rye) and industrial crops (except fiber flax) is the group of southern regions, and the commercial production of winter rye, oats, fiber flax is the agrarian regions of the central zone. For the southern regions, there is a trend of high growth rates of corn for grain, sugar beet, sunflower. The group of central regions is the main producer of livestock goods. Given the trends, the role of the southern regions in the production of beef cattle and poultry products will increase in the future. In regions with suburban farming, the dairy specialization of cattle breeding is on the rise and the production of eggs and all types of livestock for slaughter is decreasing. Meanwhile, in the group of northern regions, the development of dairy and meat cattle breeding, the production of potatoes and vegetables is likely to improve.

Keywords: zonal factors, azonal factors, groups of regions, crop production, livestock production, structural shifts, trends

The authors

Prof. Aleksandr I. Kostyaev, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Russia.

E-mail: galekos46@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4041-6935>

Prof. Galina N. Nikonova, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Russia.

E-mail: galekos@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7605-0237>

Г. М. Федоров

РАЗВИТИЕ И ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

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

Поступила в редакцию 07.07.2022 г.

Принята к публикации 08.08.2022 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-2

21

Для цитирования: Федоров Г. М. Развитие и территориальные различия сельского хозяйства Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2022. №3. С. 21 – 36. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-2.

Общие для страны закономерности развития и размещения производства, в том числе сельскохозяйственного, характерны и для эксклавной Калининградской области. Однако пространственная изолированность от других российских регионов обуславливает, во-первых, большую зависимость от действия внешних геоэкономических и геополитических факторов и, во-вторых, более четкое проявление закономерностей пространственной дифференциации экономики. Методы исследования базируются на пространственно-временном анализе статистических данных с применением методов сравнительно-географической диагностики. В статье показаны более глубокий спад сельскохозяйственного производства в регионе в кризисные 1990-е гг. и повышенные темпы развития в более благоприятные периоды XXI в., а также акцентированное проявление концепций поляризации и размещения аграрного производства в пределах обособленной территории по сравнению с внутренними регионами страны. На основе проведенного исследования, опираясь на уровень сельскохозяйственной освоенности и специализацию территории области, степень использования земельных и трудовых ресурсов в растениеводстве, животноводстве, охоте и предоставлении услуг в этих областях, автор обосновывает выделение четырех типов муниципалитетов по особенностям развития сельского хозяйства. По отношению к каждому типу отмечается необходимость проведения специальной социально-экономической политики, учитывающей его специфику.

Ключевые слова: сельское хозяйство, динамика развития, специализация, пространственные различия, типологизация, социально-экономическая политика

Введение

Экономика эксклавной Калининградской области сильнее реагирует на изменения внешних факторов развития по сравнению с большинством других регионов страны. Хотя особенности развития ее сельского хозяйства во многом обусловлены благоприятными внутренними факторами (как природными, так и социально-экономическими), эксклав-



ность усиливает и роль внешних воздействий, которые последние три десятилетия значительно влияют на все аспекты жизнедеятельности региона.

Целью данной статьи является, во-первых, оценка происходивших в сельском хозяйстве региона в 1990—2020 гг. изменений и выявление их региональных особенностей по сравнению со среднероссийскими показателями. Во-вторых, выявление территориальных особенностей развития отрасли и их соответствия концепции поляризации, типологизация муниципалитетов и определение специфики региональной политики по отношению к муниципальным образованиям разных типов.

Используются официальные статистические данные о сельском хозяйстве, населении и трудовых ресурсах области и ее муниципалитетов. Для выявления закономерных связей между изучаемыми процессами и явлениями используются традиционные методы экономико-статистического анализа (группировки, картографический и графоаналитический методы), кластеризация с использованием СПСС и типологизация.

Оценка уровня развития сельского хозяйства области

К началу 1990-х гг. сельское хозяйство в Калининградской области, специализировавшееся на молочно-мясном животноводстве (с развитым птицеводством, звероводством и свиноводством) было несколько более развито, чем в среднем по Российской Федерации. В 1991 г. область производила 0,69 % сельскохозяйственной продукции РСФСР при доле области в численности населения 0,60 % (сельского — 0,48 %) [1, с. 32—37]. Удельный вес в численности занятых в сельском хозяйстве составлял 0,53 % [2; 3]. Сельскохозяйственная освоенность территории области была очень высокой. Сельхозугодья занимали 55 % всей территории области и 63 % площади суши (за вычетом акватории морских заливов) против 13 % в РФ. На них в 1990 г. приходилось 0,37 % всех сельхозугодий и 0,35 % посевных площадей Российской Федерации [4, с. 490], тогда как область занимает только 0,09 % ее территории. Сравнительно высокому уровню развития отрасли способствовал мягкий для средней полосы России климат и равнинный характер территории, почти полностью осушаемой мелиоративными системами.

В 1990-е гг. для Калининградской области были характерны те же процессы приватизации и изменения организационных форм хозяйствования, которые происходили в аграрном секторе большинства регионов страны. К 2000 г. вместо прежних колхозов и совхозов возникло 192 коллективных хозяйства (главным образом акционерные общества и товарищества с ограниченной ответственностью) и 6,0 тыс. фермерских хозяйств. Реорганизация сопровождалась сокращением численности занятых в сельском хозяйстве, уменьшением площади посевных площадей и спадом производства, который усилился вследствие начавшегося беспощадного ввоза продовольствия из-за рубежа. Численность занятых в сельском хозяйстве за 1990—2000 гг. снизилась на четверть — больше, чем в среднем по РФ (рис. 1). Посевные площади в 2000 г. составили только 63 % от уровня 1990 г. (в РФ — 73 %) [4, с. 490].

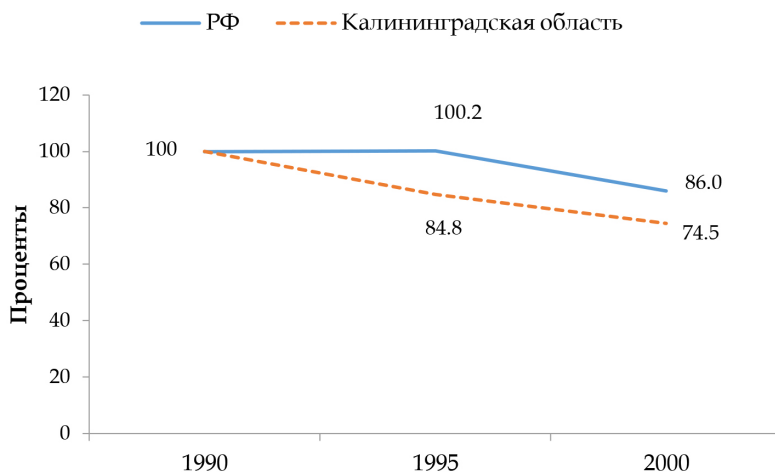


Рис. 1. Динамика среднегодовой численности занятых в сельском хозяйстве, % к 1990 г. (ОКОНХ)

Составлено на основе данных: [3; 6; 7].

Валовая продукция сельского хозяйства в 2000 г. Калининградской области составила только 50 % от уровня 1990 г. (в РФ 62,8 %; в 1998 г., когда спад был наибольшим, — 56 %). В растениеводстве региона соответствующие показатели составили 72,6 %, в животноводстве — 40,3 % [8, с. 140; 9, с. 202]. Производство зерна — 40 %, скота и птицы (на убой) — 46 %, молока — 40 %, яиц — 60 %. На 10 % возросло производство картофеля и на 39 % — овощей; основными их производителями оказались увеличившие производство хозяйства населения [10].

Крестьянские (фермерские) хозяйства, вопреки ожиданиям, не стали главными производителями сельскохозяйственной продукции. В 2000 г. они владели 17,4 % посевных площадей; 9,6 % приходилось на хозяйства населения, а почти три четверти, 73 %, — на сельскохозяйственные организации [5]. Но соотношение в объемах производимой продукции было следующим: только 6 % — обеспечивали фермеры, 41 % — сельскохозяйственные организации, а более половины, 53 %, производили основанные на ручном или слабо механизированном труде хозяйства населения [8, с. 140].

В нулевые годы сокращение посевных площадей (рис. 2), снижение численности занятых в отрасли (рис. 3) продолжились. Но объемы производства с 2008 г. стали, хотя и неустойчиво, возрастать, особенно быстро в 2018—2020 гг. (рис. 4). В 2010-е гг. стали увеличиваться и посевные площади, хотя они были все еще значительно меньше, чем в 1990 г. Но численность занятых продолжила сокращение, уменьшившись по сравнению с 2000 г. более чем в два раза.

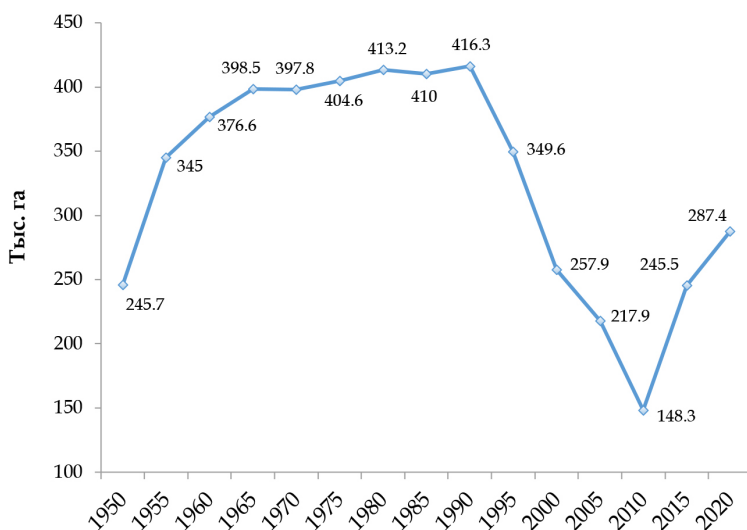


Рис. 2. Динамика посевных площадей в хозяйствах всех категорий, Калининградская область, тыс. га, 1950 – 2020 гг.

Составлено на основе данных: [10 – 12].

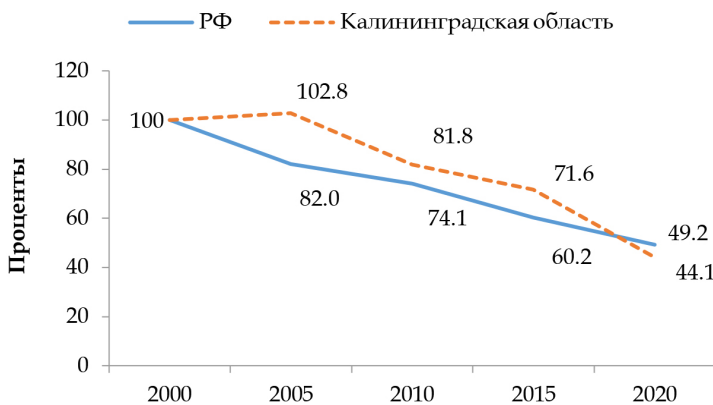


Рис. 3. Динамика среднегодовой численности занятых в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве, % к 2000 г. (ОКВЭД, ОКВЭД 2)

Составлено на основе данных: [13 – 16].

Рост обеспечили крупные агрохолдинги. Удельный вес сельскохозяйственных организаций в 2020 г. в производстве продукции составил 72,7%. На хозяйства населения пришлось 21,1%, а на крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальных предпринимателей – всего 6,2% [12]. В РФ удельный вес организаций был ниже – 56,5%, а хозяйств населения, а также крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей – выше, соответственно 31,0% и 12,5%.

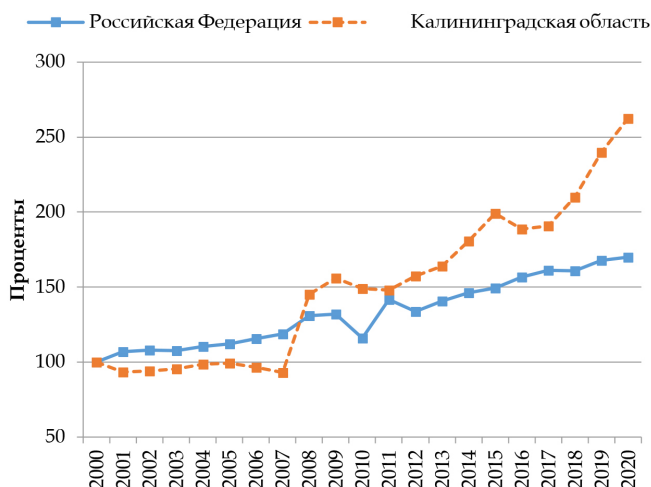


Рис. 4. Производство продукции сельского хозяйства, % к 2000 г.

Составлено на основе данных: [12; 17; 18].

Общее увеличение производства продукции сельского хозяйства к 2020 г. по сравнению с 1990 г. было обеспечено ростом производства зерна на 47 %, овощей на 16 %, мяса на 15 % [10; 19], а также рапса. Последний стал выращиваться в области только с 1983 г., а получил широкое распространение начиная с 1990-х гг. [20] (благодаря спросу на мировом рынке). В 2020 г. область обеспечила 5,7 % его производства в РФ. В то же время производство картофеля в 2020 г. по сравнению с 1990 г. составило только 60 %, молока — 39 %, яиц — 78 %. Основное производство большинства продуктов обеспечивают крупные организации, входящие в еще более крупные агрохолдинги, а все сельскохозяйственные организации обеспечивают 90 % зерна, 94 % мяса, 62 % молока и 84 % яиц. На хозяйства населения пришлось около половины производства картофеля и овощей, треть молочной продукции. Крестьянские (фермерские) хозяйства относительно выделяются только производством овощей (36 %) и картофеля (23 %).

В целом уровень развития сельского хозяйства области в конце 2010-х гг. стал превышать средние по РФ показатели. В 2020 г. на нее приходилось 0,70 % населения страны (0,61 % — сельского), 0,47 % занятых в сельском хозяйстве, 0,36 % посевных площадей, 0,71 % продукции сельского хозяйства [21].

Территориальные различия

Проблемам территориальных различий внутри Калининградской области посвящен ряд работ, вышедших в 2000-х гг. Группы (типы) муниципалитетов выделялись на основе дифференциации систем расселения, с учетом концепции Единой системы расселения Б. С. Хорева [22]. На высшем уровне иерархии микрорайонов внутри области рассматривались три внутриобластных социально-экономических района: запад (с центром в Калининграде), Север (центр — Советск), Юго-Восток (в



качестве центра выступает биполярная система Черняховск – Гусев) [23–25]. В ряде случаев внутри Запада выделялись Калининград, его ближняя и дальняя пригородная зоны, а внутри Юго-Востока – внутренняя периферия и приграничная зона [26–27].

Развивалось отраслевое туристско-рекреационное районирование: выделялись территории, различающиеся рекреационной специализацией, и уровнем и особенностями туристско-рекреационного освоения [28].

Основы типологизации сельского хозяйства области заложены в группировках муниципалитетов по уровню развития растениеводства, животноводства [5; 29; 30]. Предлагаемое в данной статье районирование – социально-экономическое, выполнено с учетом сельскохозяйственной освоенности, уровня и темпов экономического развития, специализации территории. По составу выделенных районов оно имеет определенное сходство с районированием в работе [24].

В таблице 1 представлена группировка муниципалитетов области по показателям, расположенным в последних двух столбцах – доля посевных площадей в общей площади территории муниципалитета и разность между долей посевных площадей в 2020 г. и аналогичным показателем 1985 г., но рассчитанным без учета посевных площадей населения. В группу 1 вошли пригородные муниципалитеты, расположенные вокруг Калининграда. Их посевные площади в 2020 г. занимают 12–23 % территории соответствующих муниципальных округов. Здесь посевные площади сократились особенно сильно: их удельный вес в общей территории муниципалитетов сократился на 16–23 процентных пунктов (п.п.). Группа 2 представлена также муниципалитетами с невысокой долей посевных площадей (12–20 %), доля которых тоже, как и в группе 1, сократилась, но меньше (на 2–13 п.п.). Сокращение в подгруппе 2А было более значительным (10–13 п.п.), в 2Б – менее (3–9 п.п.).

Таблица 1

Группировка муниципальных округов Калининградской области по характеристикам степени использования земельных угодий в качестве посевных площадей и изменениям за 1985–2020 гг.

Муниципальный округ	Посевные площади			Территория округа, тыс. га**	Доля посевных площадей в общей площади территории		Разность между долями посевных площадей
	1985*, тыс. га	2020, тыс. га	2020/1985, %		1985, %	2020, %	
<i>Группа 1</i>							
Багратионовский	38,7	20	51,7	114,9	33,7	17,4	-16,3
Гурьевский	36,4	18,3	50,3	81,1	44,9	22,6	-22,3
<i>Группа 2А</i>							
Гвардейский	22,2	12,2	55,0	78,4	28,3	15,6	-12,8
Краснознаменский	29	15,6	53,8	128	22,7	12,2	-10,5



Муниципальный округ	Посевные площади			Территория округа, тыс. га**	Доля посевных площадей в общей площади территории		Разность между долями посевных площадей
	1985*, тыс. га	2020, тыс. га	2020/1985, %		1985, %	2020, %	
<i>Группа 2Б</i>							
Правдинский	36,7	28,5	77,7	128,4	28,6	22,2	-6,4
Черняховский	37,2	26	69,9	128,6	28,9	20,2	-8,7
Славский	29,6	19,5	65,9	134,9	21,9	14,5	-7,5
Полесский	15,5	12,9	83,2	83,4	18,6	15,5	-3,1
<i>Группа 3А</i>							
Гусевский	23,6	21,5	91,1	64,3	36,7	33,4	-3,3
<i>Группа 3Б</i>							
Озерский	35,5	38,1	107,3	87,7	40,5	43,4	2,9
Неманский	28,8	29,5	102,4	69,8	41,3	42,3	1,0
Нестеровский	33,5	34,2	102,1	106,1	31,6	32,2	0,7

Примечания: *Посевные площади в колхозах и совхозах (без личного подсобного хозяйства).

**Площадь территории Гурьевского и Зеленоградского округов – без морских заливов.

Источники: [10–12].

Наиболее освоены в сельскохозяйственном отношении муниципалитеты группы 3, где посевные площади составляют 31–42% территории. Они немного сократились в подтипе 3А и возросли в подтипе 3Б. Все муниципалитеты группы 3 относятся к восточной, периферийной части области. Часть муниципалитетов группы 2 – также периферийные (Гвардейский, Черняховский, Правдинский), остальная часть занимает промежуточное географическое положение между периферией и пригородными округами.

В 2020 г. сельском хозяйстве Калининградской области (растениеводстве и животноводстве, охоте и предоставлении соответствующих услуг в этих областях) 2020 г. было занято 3,7% сельского населения [16; 31] (в РФ – 12,0%). За 2000–2020 гг. число занятых сократилось с 43,3 тыс. человек до 19,1 тыс., то есть на 24,2 тыс. человек [16; 21; 31]. Это означает, что более значительная, чем ранее, часть трудоспособного сельского населения должно искать места приложения своего труда за пределами сельского хозяйства, либо способ создать в растениеводстве, животноводстве и связанных с ними услугах новые рабочие места, для чего требуются значительные инвестиции и наличие свободных земельных ресурсов. Поскольку в муниципалитетах групп 1 и 2 (табл. 1) значительная часть территории, относившейся в 1990 г. к посевным площадям, в 2020 г. не используется в качестве таковой, именно здесь имеются предпосылки их использования для создания новых сельскохозяйственных производств.

На основании 9 типологических признаков, указанных в примечании к таблице 2 (производство продукции и посевные площади на душу населения и на 1 сельского жителя, отражающие уровень развития сельско-



го хозяйства и сельскохозяйственную освоенность территории, а также доля в структуре посевных площадей каждой из основных сельскохозяйственных культур), выделены 4 типа муниципалитетов. Для этого применен метод кластеризации с использованием программы СПСС. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики выделенных типов муниципалитетов

Муниципальный округ	Показатели*, 2019 г.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Тип 1 (пригородный)</i>									
Багратионовский, Ладушкинский, Мамоновский	41,9	70,4	0,34	0,57	47,5	20,9	4,1	2,1	25,3
Гвардейский	58,8	107,9	0,40	0,73	56,4	11,8	6,8	1,4	23,6
Гурьевский	64,3	88,3	0,24	0,32	57,5	21,4	8,1	4,7	8,3
Зеленоградский	42	73,8	0,27	0,47	63,4	22,1	4,2	1,8	8,4
<i>Тип 2 (внутренний)</i>									
Гусевский	65,7	270,9	0,58	2,39	68,4	17	1,5	0,3	12,9
Полесский	137,5	222,2	0,67	1,08	36,5	25,2	3,8	0,7	33,8
Славский	168,6	213,6	0,95	1,21	54,1	11,4	5	0,6	29
Черняховский	264,2	360,3	0,49	2,07	34,6	17,8	1,9	0,9	44,7
<i>Тип 3 (периферийный)</i>									
Краснознаменский	125	170,3	1,30	1,77	54,4	21,8	1,7	0,4	21,8
Неманский	106,7	256,9	1,49	3,59	26,5	4,5	0,7	0,2	68,1
Нестеровский	264,2	360,3	2,41	3,28	58,2	18,6	0,7	0,1	22,4
Озерский	192,4	270	2,71	3,81	28,4	6,8	0,5	0,1	64,2
<i>Тип 4 (городской)</i>									
Калининград	12,3	–	0,001	–	0	0	45,2	54,8	0
Балтийский	4,4	107,4	0,005	0,11	5,9	0	61,2	24,7	8,2
Пионерский	6,7	–	0,004	–	0	0	0	44,2	55,8
Светловский	6,6	27	0,04	0,02	0,8	0	58,6	40,6	0
Светлогорский, Янтарный	4,7	22,6	0,004	0,02	0	0	60,9	39,1	0
Советский	4,1	–	0,002	–	0	0	58	42	0
Калининградская область, всего	40,5	180,3	0,27	1,21	48,3	16	2,6	1,0	32,1

Примечание: *обозначение показателей:

1. Объем производства продукции сельского хозяйства на душу населения, тыс. руб.
2. Объем производства продукции сельского хозяйства на 1 сельского жителя, тыс. руб.
3. Посевные площади, га на душу населения (площадь территории Гурьевского и Зеленоградского округов – без морских заливов).
4. Посевные площади, га на 1 сельского жителя.
Доля в структуре посевных площадей, %:
5. Зерновые и зернобобовые; 6. Технические культуры (в основном рапс); 7. Картофель; 8. Овощи; 9. Кормовые культуры.

Источники: [32; 33].

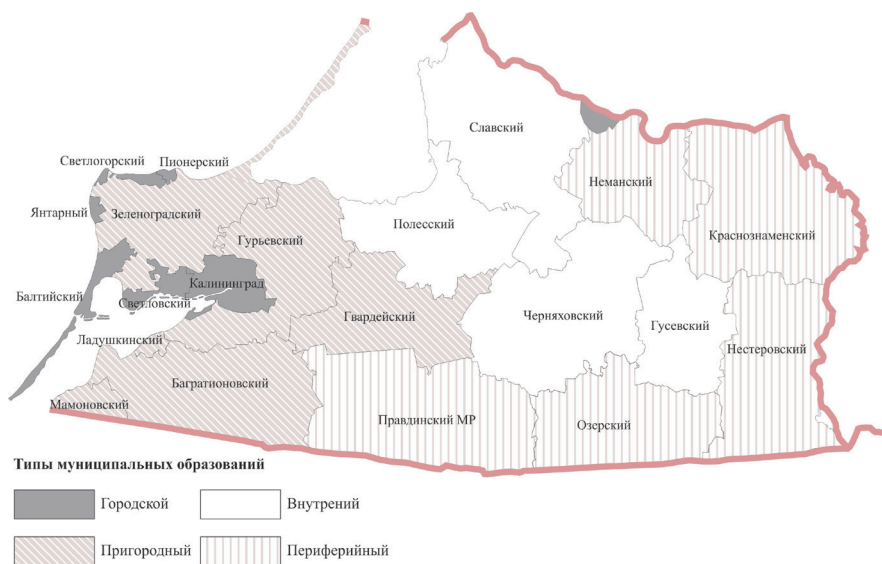


Рис. 5. Типы муниципальных образований (см. табл. 2)

Муниципалитеты периферийного и внутреннего типов выделяются высокими показателями производства продукции как на душу населения, так и на одного сельского жителя (графы 1 и 2 табл. 2). Для периферийных округов характерны также наиболее высокие относительные показатели удельного веса посевных площадей в их территории. Для пригородного типа в структуре посевных площадей отмечена высокая доля всех рассмотренных видов культур, кроме кормовых. Причем округа, расположенные в пригородной зоне, намного превосходят муниципалитеты трех других типов по доле картофеля и овощей в структуре посевных площадей, как это вытекает из теории размещения сельского хозяйства Тюнена (по той же причине аналогична специализация округов городского типа).

Между муниципалитетами каждого из выделенных типов имеется сходство не только по показателям, отражающим типологические признаки, но и по многим другим их характеристикам. В таблице 3 показаны различия по производству продукции на одного сельского жителя. Как правило, производство зерна и рапса на 1 жителя намного выше во внутренних и периферийных округах, на периферии меньше производится картофеля и овощей. Что касается продукции животноводства, аналогичная описанной выше зависимость отсутствует. Высокие показатели связаны с размещением в муниципалитете, часто по труднообъяснимым основаниям, крупных производителей продукции. По производству яиц, например, это ООО «Птицефабрика Гурьевская» (основанная еще в 1974 г. и вошедшая в 2011 г. в агрохолдинг «ДолговГрупп» [34]). По производству мяса – АО «Правдинское Свино Производство» [35], молока – ООО «Залесский фермер» (входит в агропромышленный холдинг «Залесье») в Полесском округе [36] и т.д., включая расположенную в Калининграде и не вошедшую в таблицу (из-за отсутствия в городе



сельского населения) торгово-птицеводческую компанию по производству мяса птицы «Балтптицепром» (входит в группу компаний «Продукты питания») [37].

Таблица 3

**Производство продукции на 1 сельского жителя муниципалитетов
Калининградской области, 2020 г., на 1000 жителей, т (яйцо – тыс. шт.)**

Муниципальный округ	Продукция						
	Зерно	Рапс	Картофель	Овощи	Мясо	Молоко	Яйцо
<i>Тип 1 (пригородный)</i>							
Багратионовский*	1,78	0,42	0,49	0,27	0,04	0,16	0,07
Гвардейский	2,24	0,61	0,97	0,38	0,04	1,30	0,22
Гурьевский	0,97	0,26	0,48	0,38	0,12	0,18	4,14
Зеленоградский	1,22	0,32	0,25	0,17	0,75	0,15	0,11
<i>Тип 2 (внутренний)</i>							
Гусевский	7,79	1,67	0,48	0,16	0,42	0,37	0,31
Полесский	3,37	1,08	0,46	0,13	0,17	3,5	0,21
Славский	4,59	0,23	1,47	0,17	0,15	3,35	0,19
Черняховский	4,41	0,66	0,85	0,63	0,21	0,71	0,36
<i>Тип 3 (периферийный)</i>							
Краснознаменский	5,99	1,53	0,34	0,14	0,28	0,85	0,24
Неманский	3,10	0,65	0,37	0,12	0,12	0,96	0,37
Нестеровский	11,10	2,14	0,35	0,08	0,27	4,49	0,38
Озерский	4,06	0,77	0,27	0,10	0,11	0,46	0,29
Правдинский	7,19	1,36	0,23	0,07	3,46	0,39	0,22
<i>Тип 4 (городской)</i>							
Балтийский	–	–	0,85	0,46	–	0,20	0,07
Светлогорский**	–	–	0,16	0,13	–	–	0,02
Светловский	–	–	0,14	0,16	–	0,01	0,09
Калининград***	–	–	–	–	–	–	–
Пионерский***	–	–	–	–	–	–	–
Советск***	–	–	–	–	–	–	–
<i>Всего по области</i>	3,17	0,65	0,54	0,29	0,52	0,93	1,15

Примечания: *включая Ладушкинский, Мамоновский.

**Включая Янтарный.

***Сельское население отсутствует.

Составлено на основе данных: [38].

Таблица 4 отражает более высокую вовлеченность в сельскохозяйственное производство жителей периферийных муниципалитетов (кроме Краснознаменского муниципального округа), пониженную – округов, относящихся к внутреннему типу, и наиболее низкую – городских и пригородных округов. Указанное соотношение обусловлено тем, что население пригородной зоны Калининграда работает преимущественно в несельскохозяйственных субъектах, в областном центре и других расположенных поблизости городах. Значительная часть жителей внутренних муниципалитетов также занята в городах – муни-



ципальных центрах (жители Славского округа – в Советске, Полесского – в Калининграде). При определенных условиях (качество рабочих мест, уровень зарплаты) они могли бы заняться сельским хозяйством, так как в пригородной зоне сейчас используется лишь часть посевных площадей, которые были таковыми в 1990 г. В периферийных муниципалитетах занятость в сельском хозяйстве выше, но все же относительно невысока, и трудовые ресурсы для новых рабочих мест в сельском хозяйстве могут найтись. Однако следует иметь в виду отмеченную высокую аграрную освоенность этой территории. Развитие аграрного сектора здесь возможно только за счет повышения производительности труда, совершенствования специализации сельского хозяйства и формирования агропромышленных комплексов с совершенствованием номенклатуры производимой готовой продукции и более полным использованием сырья.

Таблица 4

**Степень вовлеченности сельского населения
в сельскохозяйственное производство**

Муниципальный округ	Среднегодовая численность работников сельскохозяйственных организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей (2015 г.), % к численности сельского населения (на начало 2015 г.)	
	Всего	Занятые в сельском хозяйстве
<i>Тип 1 (пригородный)</i>		
Багратионовский	2,00	1,43
Гвардейский	1,54	1,43
Гурьевский	2,20	1,75
Зеленоградский	1,85	1,75
<i>Тип 2 (внутренний)</i>		
Гусевский	3,35	3,23
Полесский	3,85	3,51
Славский	3,40	3,61
Черняховский	3,94	3,93
<i>Тип 3 (периферийный)</i>		
Краснознаменский	0,85	0,74
Неманский	4,55	4,79
Нестеровский	6,08	5,17
Озерский	7,24	4,29
Правдинский	4,04	3,87
<i>Тип 4 (городской)</i>		
Балтийский	0,77	0,77
Светловский	0,38	0,38
Светлогорский
Калининград	–	–
Пионерский	–	–
Советск	–	–
Калининградская область, всего	3,40	2,98

Составлено на основе данных: [39; 40].



Мы уже отмечали возможности распространения социальных инноваций в регионе как факторы обеспечения занятости и закрепления населения в сельской местности [41; 42]. Подчеркнем, что выявленные различия муниципалитетов разных типов предполагают неодинаковый подход к решению данной проблемы. В пригороде Калининграда возможно развитие крестьянских (фермерских) хозяйств с вовлечением в хозяйственный оборот земель, ранее использовавшихся в качестве посевных площадей, но не являющихся сейчас таковыми. Но в других частях области (особенно в муниципалитетах периферийного типа) это затруднительно из-за отсутствия площадей, которые можно дополнительно использовать под посевы сельскохозяйственных культур. Здесь, при наличии незанятых в общественном производстве и желающих трудоустроиться лиц, эффективнее способствовать созданию обслуживающих производств и развитию хозяйствующих субъектов, не требующих крупных земельных участков. Другая возможность, учитывающая хорошую транспортную доступность соседних городов для большей части сельских поселков [43], — создавать новые рабочие места вне сферы растениеводства или животноводства, в том числе в городах — муниципальных центрах с развитием маятниковой трудовой миграции.

Заключение

В кризисные 1990-е гг. спад производства в сельском хозяйстве Калининградской области был глубже, чем в среднем по Российской Федерации. Сокращались посевные площади, уменьшалась численность занятых в отрасли. Рост производства начался только в 2008 г. и ускорился в 2010-е гг., когда в области стали развивать производство крупные агрохолдинги.

В 2020 г. в области, как и в подавляющем большинстве других субъектов РФ и даже в большей мере, основу сельскохозяйственного производства области составляют сельскохозяйственные организации, в особенности крупные. В результате удельный вес области в производстве продукции сельского хозяйства по сравнению с 1990 г. несколько возрос, хотя посевные площади, и особенно численность занятых в сельском хозяйстве, стали намного меньше. Только в некоторых периферийных муниципалитетах площади посевов увеличились. Наибольшее сокращение произошло в пригородных муниципальных округах, которые характеризуются и наименьшей долей занятых в сельском хозяйстве по сравнению с остальной частью области, если не считать городские округа — в некоторых из них (Калининград, Советский, Пионерский) вообще нет сельского населения.

По сельскохозяйственной освоенности и специализации территории области, степени использования земельных и трудовых ресурсов в растениеводстве, животноводстве, охоте и предоставлении услуг в этих областях выделяются четыре типа муниципалитетов.

Городской тип представлен семью городскими округами из восьми (исключение — Гусевский округ). Здесь имеются небольшие участки по-



севных площадей, используемых преимущественно для выращивания картофеля и овощей. Возможности дополнительного развития сельского хозяйства здесь невелики.

Пригородный тип отличается крайне низкой долей занятых в сельском хозяйстве при значительном уменьшении к 2020 г. в сравнении с 1990 г. посевных площадей. Здесь развито картофеле- и овощеводство, а из четырех муниципалитетов, относящихся к этому типу, Зеленоградский в животноводстве специализируется на производстве мяса, Гвардейский — молока, Гурьевский — яиц. Для этих муниципалитетов (кроме Гвардейского) характерен приток мигрантов в сельскую местность и рост численности сельского населения, но значительная часть жителей работает за пределами своих поселков, в городах, а в сельском хозяйстве занята лишь крайне незначительная часть (1–2 %) проживающих на селе.

Экономика расположенных вдоль государственной границы слабо урбанизированных периферийных муниципальных округов, административные центры которых насчитывают лишь по 3–10 тыс. жителей, носит наиболее выраженный аграрный характер — 4–5 % их сельского населения (кроме Краснознаменского района с менее чем 1 %) занято в сельском хозяйстве. Их специализацией является производство зерна и рапса, в Неманском и Нестеровском округах — также молока, в Правдинском — мяса. На одного сельского жителя посевных площадей здесь приходится существенно больше, чем в среднем по муниципалитетам области. В Озерском, Неманском и Нестеровском округах, в отличие от всех остальных округов области, посевные площади за 1990–2020 гг. даже возросли. Высвобождающиеся из сельского хозяйства работники должны рассматривать возможности создания небольших фирм или индивидуальных предприятий вне аграрного сектора. Этому способствует действующая за пределами пригородной зоны региональная программа «Восток», но ее масштабы пока невелики, и целесообразно увеличение направляемых на ее реализацию средств (предоставляемых победителям конкурсов льготных кредитов), а также поиск других мер стимулирования занятости.

Муниципалитеты внутреннего типа имеют сходные с периферийным типом, но менее ярко выраженные характеристики. Посевные площади здесь сократились, и могут рассматриваться возможности их расширения, создания новых фермерских хозяйств и развития индивидуального предпринимательства.

Таким образом, сельское хозяйство области имеет резервы роста производства, а выявленные различия муниципалитетов разных типов требуют дифференциации аграрной политики внутри области с учетом этих различий.

Исследование выполнено в рамках программы «ERA.Net RUS plus» при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-55-76003 «Социальные инновации и повышение ценности местности в сельских регионах».



Список литературы

1. Регионы России. М., 1999. Т. 2.
2. Российский статистический ежегодник. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994> (дата обращения: 29.06.2022).
3. Труд и занятость в Калининградской области. Калининград, 2005.
4. Регионы России. 2002. М., 2002.
5. Гусев А.Л., Корнеевец В.С., Федоров Г.М. Агропродовольственный комплекс Калининградской области в условиях эксклавности // История сельского хозяйства Калининградской области / отв. ред. А.Л. Гусев, В.Н. Маслов. Калининград, 2006. С. 298–337.
6. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2004. М., 2004.
7. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2005. М., 2006.
8. Калининградская область в цифрах. 2005. Калининград, 2005.
9. Россия в цифрах. 2003. М., 2003.
10. Сельское хозяйство Калининградской области. Калининград, 2006.
11. Сельское хозяйство в Калининградской области. Калининград, 2018.
12. Калининградская область в цифрах. 2021. Калининград, 2021.
13. Калининградская область в цифрах. 2014. Калининград, 2014. Т. 1.
14. Российский статистический ежегодник. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994> (дата обращения: 29.06.2022).
15. Сельское хозяйство в Калининградской области. Калининград, 2017.
16. Среднегодовая численность занятых в экономике (расчеты на основе интеграции данных) с 2017 г. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/58994> (дата обращения: 27.06.2022).
17. Индексы производства продукции сельского хозяйства по 2016 г. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31062.do> (дата обращения: 04.07.2022).
18. Индексы производства продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств по РФ. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения: 04.07.2022).
19. Сельское хозяйство в Калининградской области. 2021. Калининград, 2021.
20. Рапс // Большой энциклопедический словарь Калининградской области. URL: http://gako2006.narod.ru/bolshoy_slovar/raps.htm (дата обращения: 06.07.2022).
21. Регионы России. 2021. М., 2021.
22. Хорев Б. С. Проблемы городов: (Урбанизация и единая система расселения в СССР). М., 1975.
23. Белова А. В. Роль малых и полусредних городов в решении проблем регионального развития // Балтийский регион. 2011. № 1 (7). С. 126–133.
24. Жданов В.П., Пустовгаров В.И., Федоров Г.М. Пространственное развитие экономики и расселения региона. Калининград, 2002.
25. Пустовгаров В.И., Жданов В.П., Федоров Г.М. Экономика и расселение Калининградской области. Калининград, 2001.
26. Актуальные проблемы развития полусредних городов Калининградской области / под ред. Г.М. Федорова. Калининград, 2008.
27. Федоров Г.М. Население Калининградской области. Калининград, 2001.
28. Корнеевец В.С., Кропинова Е.Г., Драгилева И.И. Туристское районирование Калининградской области // География и туризм. Пермь, 2008. Вып. 6. С. 117–132.



29. Корнеевец В. С. Пространственные изменения в животноводстве Калининградской области // Калининградская область: географические аспекты регионального развития. Калининград, 1996. С. 27 – 34.

30. Дедков В. П., Федоров Г. М. Пространственное, территориальное и ландшафтное планирование в Калининградской области. Калининград, 2006.

31. Регионы России. Характеристика текущего уровня развития сельских территорий и качества жизни сельского населения Российской Федерации. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_326085/343a0203b40a3f8e8905a0b80162aa696231ed82/ (дата обращения: 05.07.2022).

32. Роль субъектов МСП и МФХ в производстве сельскохозяйственной продукции Калининградской области. Калининград, 2020.

33. Муниципальные образования Калининградской области. Социально-экономическое развитие в 2015 – 2019 годах. Калининград, 2020.

34. Курочкино. Гурьевская птицефабрика. URL: <https://dolgovagro.ru/kurochkin/> (дата обращения: 05.07.2011).

35. АО Правдинское Свино Производство. URL: <https://companies.rbc.ru/id/1063917004271-ao-pravdinskoe-svino-proizvodstvo/> (дата обращения: 05.07.2011).

36. Залесский фермер. URL: <https://www.zalfermer.ru/> (дата обращения: 05.07.2011).

37. ООО «Торгово-птицеводческая компания «Балтптицепром». URL: <http://www.ppitania.ru/ru/articles/26-tpk-baltptitseprom.html> (дата обращения: 05.07.2011).

38. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области. URL: <https://kaliningrad.gks.ru/statistic> (дата обращения: 01.07.2022).

39. Сельские населенные пункты Калининградской области. Калининград, 2015.

40. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года : Число объектов Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. Трудовые ресурсы и их характеристика. Калининград, 2018. Т. 2.

41. Федоров Г. М., Киндер С., Кузнецова Т. Ю. Развитие сельских поселений в Балтийском регионе // Балтийский регион. 2021. №4. С. 129 – 146. doi: 10.5922/2079-8555-2021-4-8.

42. Федоров Г. М., Кузнецова Т. Ю., Михайлова А. А. О внедрении социальных инноваций в сельской местности Калининградской области // Вестник БФУ им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2021. №3. С. 5 – 21.

43. Гуменюк И. С., Гуменюк Л. Г. Транспортная связность как фактор преодоления периферийности: пример сельских поселений Калининградской области // Балтийский регион. 2021. Т. 13, №4. С. 147 – 160. doi: 10.5922/2079-8555-2021-4-9.

Об авторе

Геннадий Михайлович Федоров – д-р геогр. наук, директор центра геополитических исследований Балтийского региона, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: GFedorov@kantiana.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4267-2369>



G. M. Fedorov

**DEVELOPMENT AND TERRITORIAL DIFFERENCES
OF AGRICULTURE IN THE KALININGRAD REGION**

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 07 July 2022

Accepted 08 August 2022

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-2

36

To cite this article: Fedorov G. M. 2022, Development and territorial differences of agriculture in the Kaliningrad region, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 21 – 36. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-2.

The patterns of development and distribution of production, including agricultural production, common to the country, are also characteristic of the exclave Kaliningrad region. However, spatial isolation from other Russian regions causes, firstly, a greater dependence on external geoeconomic and geopolitical factors and, secondly, a clearer manifestation of the patterns of spatial differentiation in the economy. Research methods are based on the spatio-temporal analysis of statistical data, using methods of comparative geographic diagnostics. The article shows a deeper decline in agricultural production in the region during the crisis years of the 1990s and increased rates of development in more favorable decades of the 21st century, as well as an acute manifestation of the polarization concepts and location of agricultural production within a separate territory compared to the country's interior regions. The study which relied on the level of agricultural development and specialization of the territory of the region, the degree of use of land and labor resources in crop production, animal husbandry, hunting and the provision of services in these areas, substantiated to distinguish four types of municipalities according to the factors of agricultural development. Given each type, the author noted the need for a special socio-economic policy.

Keywords: agriculture, development dynamics, specialization, spatial differences, typology, socio-economic policy

The author

Prof. Gennady M. Fedorov, Director, Centre for Baltic Geopolitical Studies, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: GFedorov@kantiana.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4267-2369>

А. К. Нижникова

ТРАНСФОРМАЦИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ СФЕРЫ РОССИЙСКО-БЕЛОРУССКОГО ПРИГРАНИЧЬЯ В РАМКАХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПАНДЕМИИ

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

Поступила в редакцию 13.06.2022 г.

Принята к публикации 15.08.2022 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-3

37

Для цитирования: Нижникова А.К. Трансформация туристско-рекреационной сферы российско-белорусского приграничья в рамках последствий пандемии // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2022. №3. С. 37–51. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-3.

Пандемия COVID-19 стала серьезным вызовом для всего мира. Все сферы экономики в той или иной степени понесли ущерб, несмотря на всевозможные меры по предотвращению усугубления эпидемиологической обстановки. Среди наиболее пострадавших отраслей оказалась и туристско-рекреационная сфера. Данная статья посвящена актуальным проблемам трансформации туристско-рекреационной сферы областей российско-белорусского приграничья в контексте изменений объема и структуры потока туристов, причинам их появления и возможным перспективам развития в условиях геополитического и экономического кризиса. Целью статьи является характеристика и анализ состояния индустрии туризма и рекреации в период с 2019 по 2021 г. Для достижения поставленной цели в работе приведены и проанализированы статистические данные туристской деятельности в России, Беларуси и областях российско-белорусского приграничья за указанный период. Основными критериями трансформации были выбраны показатели туристского потока в целом по странам, а также отдельно по регионам приграничья. Автором предложена типология регионов приграничья по потенциалу адаптации к кризисным условиям и охарактеризованы перспективы повышения данного потенциала посредством развития природного и природоориентированного туризма.

Ключевые слова: туристско-рекреационная сфера, российско-белорусское пригранижье, COVID-19, природный туризм, устойчивый туризм

Введение

На фоне активной интеграции России и Беларуси в рамках союзного государства особую значимость приобретают совместные проекты на территории российско-белорусского приграничья (РБП) – в периферийных пограничных областях (Брянской, Псковской, Смоленской, Витебской, Гомельской и Могилевской). Развитие туристско-рекреаци-



онной деятельности — крайне необходимая мера для повышения уровня социально-экономического благополучия таких регионов. Одним из последних, предпринятых шагов в интеграции туристской индустрии двух стран является заявление о необходимости унификации законодательства в сфере туристской деятельности [11], однако существенных конкретных соглашений в рамках отрасли достигнуто на данный момент не было.

Для мирового туризма 2019 г. стал рекордным по числу международных туристских поездок (около 1,5 млрд), сфера формировала более 10 % мирового ВВП и имела темпы развития выше, чем мировая экономика в целом [7, с. 88]. Внезапное и стремительное распространение опасного вируса застало врасплох всю индустрию без исключения, снизив за 2020 г. объем международного туристского потока более — чем на 70 %, объем доходов от экспорта международного туризма более чем на 50 % и вклад в ВВП — на 1,5 трлн долларов США [24]. По мнению экспертов и специалистов UNWTO, туризм еще не сталкивался со столь разрушительным кризисом, причем большинство из них (61 %) уверены, что показатели международного туризма не достигнут допандемийного уровня вплоть до 2024 г. [25]. За 2021 г. международный туристский поток вырос лишь на 4 % относительно 2020 г., но все еще остается на чрезмерно низком уровне в сравнении с 2019 г.

В России объем туристского потока снизился за 2020 г. примерно в 3,5 раза [16], а в Республике Беларусь — в 3,3 раза [13]. В 2021 г. показатели международного туризма способствовали созданию благоприятных прогнозов по восстановлению сферы туризма и рекреации. Данные прогнозы могли сбыться и на территории РФ и РБ, если бы не ошеломляющий геополитический кризис. Автор статьи не ставит себе цель прогнозировать развитие туризма и рекреации на территории РБП в ближайших перспективах (поскольку это не является возможным), а лишь предлагает возможные пути решения проблем индустрии в рамках сложившейся ситуации.

Последствия пандемии постепенно приводят к изменению структуры туризма. Как и прогнозировалось в начале пандемии, во многих странах развитие получил внутренний туризм [3]. Это объясняется в первую очередь ограничением авиаперелетов и закрытием государственных границ, а также многочисленными ограничениями (98 % дестинаций на конец 2021 г. имеют ограничения разной степени) [22]. Между тем данные меры предотвращения распространения эпидемии постепенно смягчаются, открываются границы и направления, отменяется масочный режим и т. д.

Изученность вопроса

Проблемы международного туризма, вызванные последствиями пандемии COVID-19, а также тенденции, прогнозы и перспективы развития туристско-рекреационной сферы в мире и на региональном уровне рассматриваются в работах отечественных исследователей — А. Ю. Александровой [2], А. Ю. Анохина [17], А. В. Гладкого [3],



А. И. Зырянова [4], Е. Г. Кропиновой [5], И. В. Логунцовой [6], М. С. Оборина [10], Ю. А. Пшеничных [15], а также зарубежных ученых – С. Гёслинга, Д. Скотта, К. М. Холла [20], С. Бенджамина, А. Диллет, Д. Х. Олдермана [18] и др.

Туристские аспекты исследования российско-белорусского приграничья, их особенности пространственной организации, перспективы и потенциал сферы туризма и рекреации на данной территории рассматриваются в работах А. П. Катровского, Ю. П. Ковалева, Л. Ю. Мажар, С. А. Щербаковой, Т. И. Яськовой [12] и др.

В данном исследовании нами были использованы рекомендации UNWTO по поддержке частного сектора и международного туристского сообщества в преодолении последствий пандемии COVID-19, основанные на вкладе многочисленных стран и организаций [23], которые могут быть применены и в преодолении кризиса на территории российско-белорусского приграничья.

Методология

Основными методами данного исследования являются статистический, картографический и метод типологизации, а также некоторые общенаучные методы. Источниками информации служат официальные данные Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации (Росстат) и Национального статистического комитета Республики Беларусь (Белстат). Анализируемые статистические показатели рассматриваются за 2018 – 2021 гг.

Большое значение при анализе статистической информации имеет тот факт, что методология учета туристского потока в органах российской и белорусской статистики существенно отличается, в том числе и в рамках терминологии. В РФ учитывается каждое пересечение границы в одном направлении, даже если один и тот же гражданин пересекал границу неоднократно за отчетный период. Исходя из этого, в методологии расчета въездных и выездных поездок РФ учитывается именно количество туристских поездок, а не количество туристов. В методологии РБ учитываются именно граждане, пересекающие границу, поэтому в статистике используется термин «число граждан», выехавших или въехавших через государственную границу.

Таким образом, туристский поток в статистической методологии Беларуси учитывает организованных туристов и экскурсантов, а в России – чисто туристских поездок граждан. Более того, существуют и различия в формулах расчета, особенностью которых является оценка примерного числа туристов соседствующих стран, из-за открытой границы. Именно по этой причине обобщать статистические данные двух стран некорректно.

Результаты исследований

Сравнивая значимость туризма для регионов РБП до пандемии и в самый ее пиковый период, стоит обратить внимание на изменения доли туристских услуг в общем объеме сферы платных услуг (табл. 1).

Таблица 1

Динамика доли туристских услуг в общем объеме платных услуг населению (2019–2020 гг., %)

Субъект/страна	2019	2020	Изменение, % в предыдущему году
Брянская область	1,3	0,8	-38,5
Псковская область	2,2	1,2	-45,5
Смоленская область	0,7	0,3	-57,1
Российская Федерация	1,8	1,0	-44,4
Витебская область	4,3	1,8	-58,1
Гомельская область	3,8	1,4	-63,2
Могилевская область	4,0	1,5	-62,5
Республика Беларусь	6,8	2,6	-61,8

Составлено автором по [9; 14].

Общей очевидной тенденцией является снижение этого показателя в среднем по российско-белорусскому приграничью на 54 %. Наибольшее снижение доли произошло в белорусских областях приграничья и в Смоленской области РФ (более 57 %), хотя сами показатели доли существенно разнятся. Смоленская область, имеющая самые низкие значения доли туризма в общем объеме платных услуг, потеряла больше, чем Псковская и Брянская области, где значимость туризма по данному показателю в 3 и в 2 раза больше соответственно. Существенное снижение объемов туристских услуг демонстрирует явный серьезный удар по индустрии.

Туристский поток – один из наиболее определяющих критериев успешного функционирования сферы туризма в регионе. Структура туристского потока Российской Федерации и Республики Беларусь в период пандемии по видам (въездной, выездной, внутренний) схожа в существенном преобладании внутреннего туризма и резком закономерном росте его доли в структуре – от 18 % в РБ до 22 % в РФ. Доля въездного потока сократилась на 7 % и 8 %, а выездного – на 11 % и 14 % соответственно (рис. 1–2).

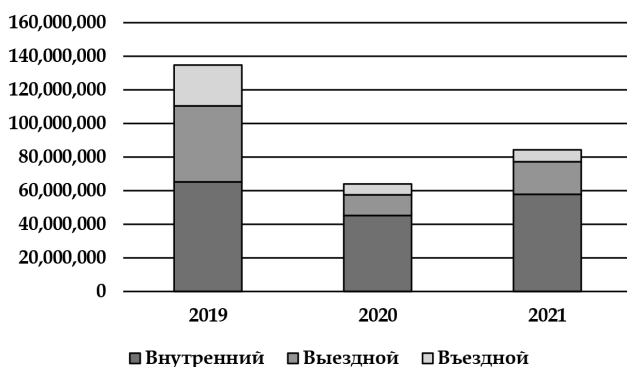


Рис. 1. Динамика и структура туристского потока РФ (2019–2021 гг., ед.)¹

Составлено автором по [9; 14].

¹ Показатели внутреннего туризма 2021 г. рассчитаны в соответствии с прогнозами Ассоциации туроператоров АТОР. URL: <https://www.atorus.ru/news/press-centre/new/58171.html> (дата обращения: 25.03.2022).

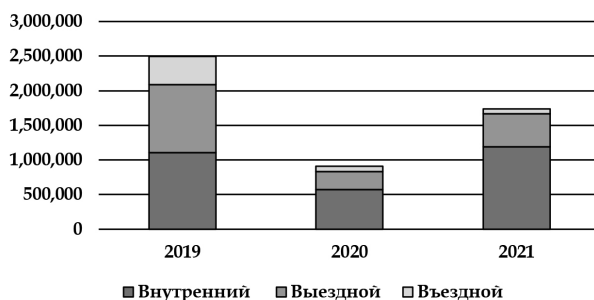


Рис. 2. Динамика и структура туристского потока РБ (2019 – 2021 гг., чел.)

Составлено автором по [9; 14].

Общий поток туристов уменьшился в 2020 г. в Беларуси почти на $\frac{2}{3}$, а в России – вдвое, но восстановление числа туристов началось уже в 2021 г. Российская индустрия смогла вернуть 62,5 % туристов от показателя 2019 г., а белорусская – почти 70 %. Однако стоит заметить, что российский туризм смог изменить тенденцию 2020 г. по увеличению доли внутреннего туризма и снизить ее на 2 % в 2021 г., в отличие от РБ, где внутренний туризм увеличился еще на 5,6 % за счет снижения доли въездного туризма.

Въездной туризм пострадал сильнее прочих (в 2021 г. по отношению к 2019 г. въездной туристский поток снизился на 71 % в РФ и на 82 % в РБ). Следует подчеркнуть, что в структуре стран, граждане которых посещали Россию и Беларусь в исследуемый период, наибольшие изменения были связаны с уменьшением доли стран ЕС – с 19 % до 5 % в РФ и с 40 % до 3 % в РБ (рис. 3–4).

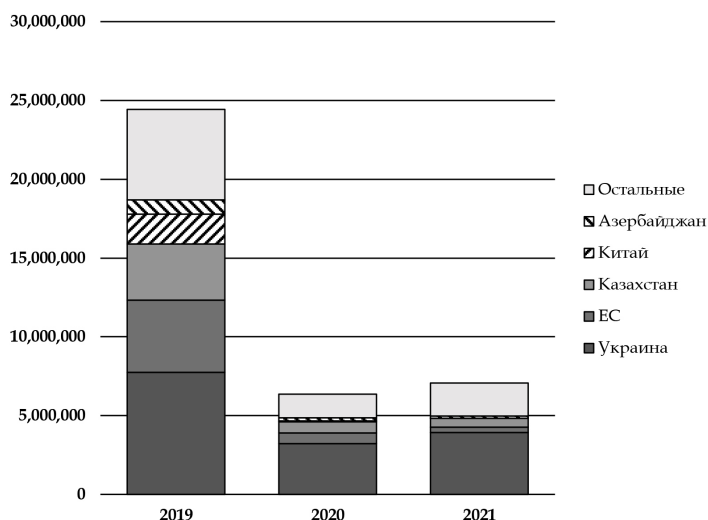


Рис. 3. Динамика и структура въездных туристских поездок иностранных граждан в Российскую Федерацию (2019 – 2021 гг., ед.)

Составлено автором по [9; 14].

Последствия геополитического кризиса и санкций в 2022 г., скорее всего снизят эти показатели до критических. Однако на этом фоне явно увеличилась доля туристов из РФ в РБ (с 53 % до 73 %), и из Украины в РФ (с 32 % до 56 %). Вероятно, туристский поток из России в Беларусь и наоборот намного больше, но его невозможно рассчитать из-за открытых границ, благодаря которым для посещения страны с туристскими целями совсем необязательно обращаться в турфирмы.

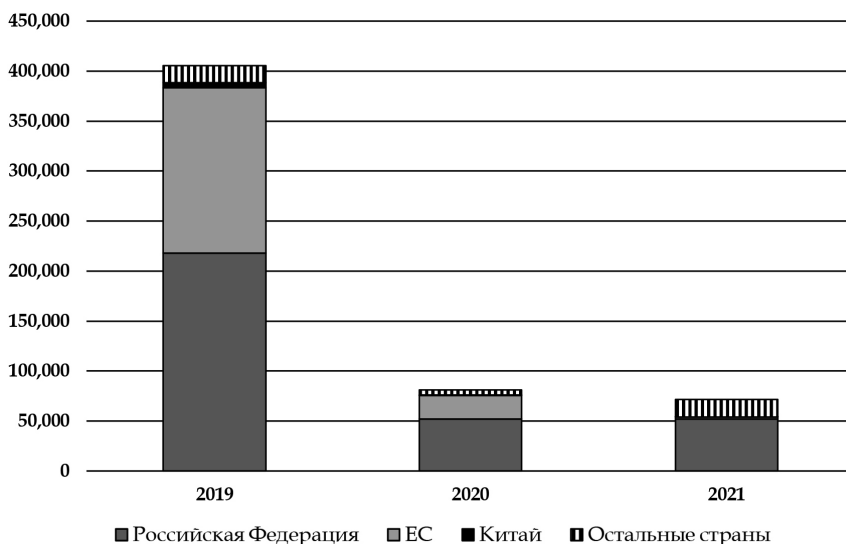


Рис. 4. Динамика и структура численности организованных иностранных туристов и экскурсантов, посетивших Республику Беларусь, по странам (2019–2021 гг., чел.)

Составлено автором по [9; 14].

Объем туристского выездного потока также снизился и изменил свою структуру. Доля российских граждан, посетивших страны ЕС, упала с 35 % до 14 %, но выросла доля граждан, путешествующих в Турцию и Абхазию (на 10 и 16 % соответственно) (рис. 5–6). В структуре выездного туризма Беларуси произошли схожие изменения – страны ЕС посетило на 21 % меньше граждан, но выросли показатели доли туристов в Турцию и РФ (на 19 % и 15 % соответственно).

Говоря об изменениях туристского потока на территории российско-белорусского приграничья, стоит отметить явное преимущество белорусской части региона. Объем туристского потока в Витебской, Гомельской и Могилевской областях в 4,5 раза больше, чем в российских приграничных областях рассматриваемой территории. Однако снижение потока оказалось неоднородным для соседствующих областей.

Меньше всех пострадала Витебская область (–52,9 %), что, вероятно связано с популярностью дестинации среди жителей Республики Беларусь. По данным Белстата, многочисленные объекты агротуризма Витебской области в 2020 г. посетило более 56 тыс. человек, 98,8 % из которых –



белорусы¹. Более чем на 57 %, в сравнении с 2019 г., снизился туристский поток Псковской и Смоленской областей, еще больший регресс зафиксирован в Гомельской и Брянской (-69 %). Наиболее пострадавшей от коронавирусных ограничений стала Могилевская область (-73,7 %).

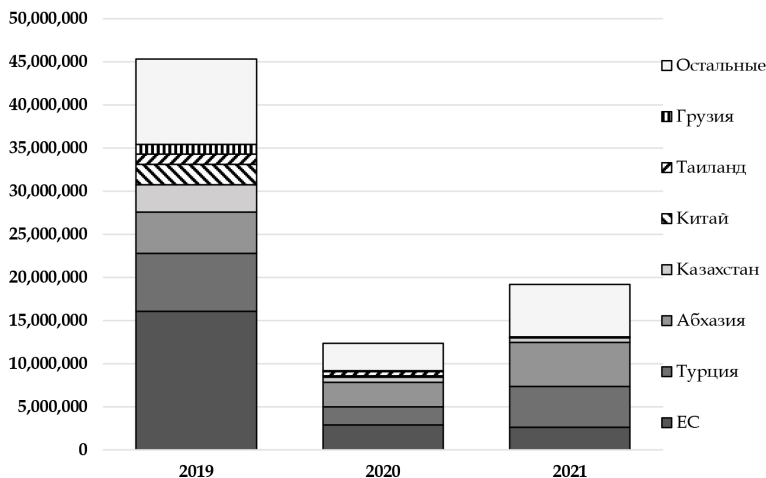


Рис. 5. Динамика и структура выездных туристских поездок граждан Российской Федерации за рубеж по странам (2019 – 2021 гг., ед.)

Составлено автором по [9; 14].

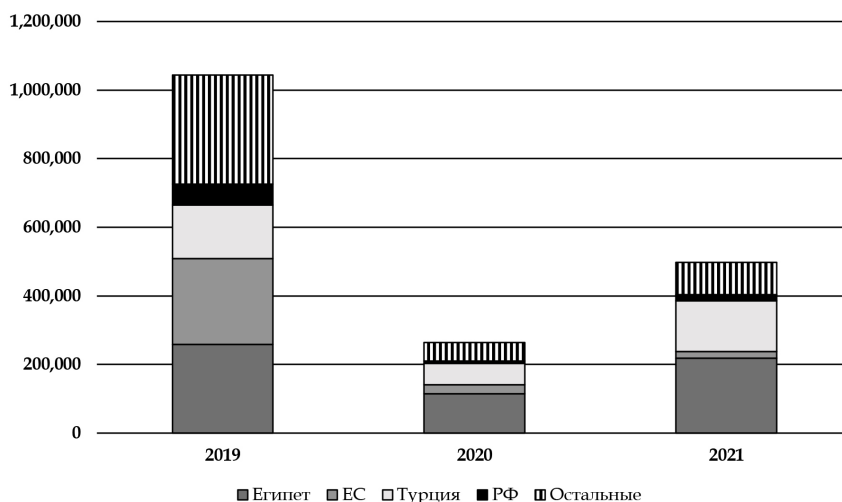


Рис. 6. Численность организованных туристов и экскурсантов, выехавших из Республики Беларусь за рубеж (2019 – 2021 гг., чел.)

Составлено автором по [9; 14].

¹ Статистический обзор ко Всемирному дню туризма. URL: https://vitebsk.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/public_reviews/index_41569/?sphrase_id=1673524 (дата обращения: 30.03.2022).

Общей тенденцией для данного региона также является увеличение доли внутреннего туризма в 2020 г. по сравнению с 2019 г., особенно этот рост заметен в Витебской (+30,6%), Псковской (+28,1%), Брянской и Гомельской (+21%) областях (рис. 7–8). Доля внутреннего туризма в Могилевской области практически не изменилась, а в Смоленской области и вовсе вся структура претерпела незначительные изменения. Организованный въездной туризм в Брянской и Смоленской области имеет незначительные показатели (в 2020 г. – 0 и 4 туриста, соответственно).

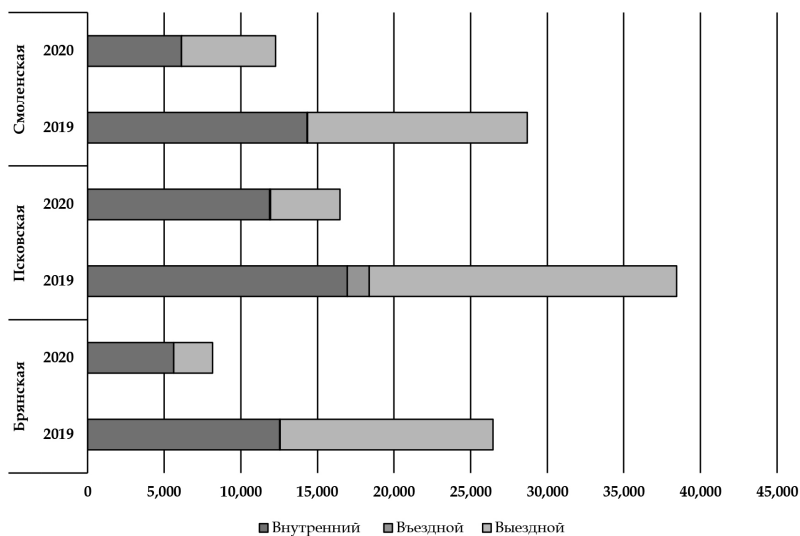


Рис. 7. Динамика и структура туристского потока российских областей РБП (2019–2020 гг., чел.)

Составлено автором по [9; 14].

Структура туристских прибытий в приграничные области РБП более чем на 80% состоит из прибытий россиян (в Витебской области – 92,8%, в Могилевской – 80,5%, в Гомельской – 87,4%). Самым популярным направлением выездного туризма для жителей белорусской части приграничья стал Египет (более 50% в 2020 г.)¹. В российских областях региона данной дестинацией стала Турция (71% в Брянской области, 65% в Псковской и 40% в Смоленской области).

Среди российской части приграничья по объему выездного туризма выделяется Псковская область, которая имеет наибольшее количество выездных туристов по сравнению с Брянской и Смоленской. Стоит отметить, что до начала пандемии число иностранных туристов, посетивших

¹ Статистический обзор ко Всемирному дню туризма. URL: https://gomel.belstat.gov.by/ofitslnaya-statistika/publications/public_reviews/index_41686/?sphrase_id=1673522 (дата обращения: 30.03.2022); Статистический обзор ко Всемирному дню туризма. URL: https://mogilev.belstat.gov.by/ofitslnaya-statistika/publications/public_reviews/index_41642/?sphrase_id=1673518 (дата обращения: 30.03.2022).



Псковскую область, увеличивалось, в том числе и из Латвии, Эстонии, Германии и других стран. Но в 2020 г. численность данных туристов снизилась на 97,5 %, и, судя по всему, в ближайшее время положительных тенденций в данном направлении ожидать не стоит.

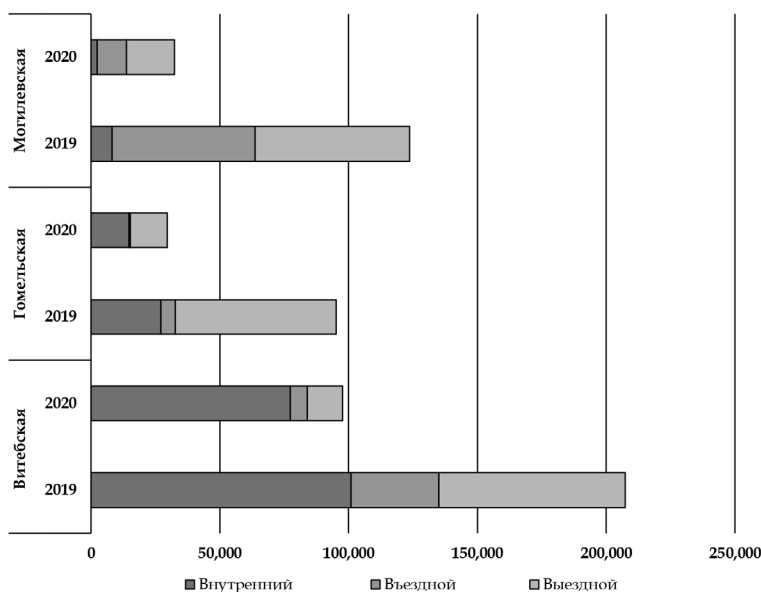


Рис. 8. Динамика и структура организованного туристского потока белорусских областей РБП (2019 – 2020 гг., чел.)

Составлено автором по [9; 14].

Государственные и муниципальные органы управления туризмом, частные турфирмы и обычные туристы сегодня вынуждены адаптироваться к столь непростым условиям и искать новые пути решения сложившихся проблем. Одним из таких путей является развитие природного туризма и разных видов рекреации.

Под природным туризмом автором понимается совокупность различных видов туризма, связанных с использованием природных ресурсов и осуществляющихся вне крупных населенных пунктов (либо на слабо подверженной антропогенному вмешательству территории). К таким видам туризма можно отнести экологический, сельский, приключенческий, курортно-оздоровительный, водный, горный, спортивный и другие, с условием, что туристская деятельность организована в природной среде¹.

Рекреация как восстанавливающая силы деятельность также часто организуется вне городских населенных пунктов или в природных объектах города – парках, скверах, аллеях и т. д. Различием между туризмом и рекреацией в этом случае будет являться идентификация посетителя природного объекта как туриста (прибывшего с туристскими целями в

¹ Виды туризма приведены в соответствии с UNWTO Tourism Definitions.



место временного пребывания от 24 часов до 6 месяцев с ночевкой [1]) или как рекреанта (отдыхающего посетителя природного туристского объекта).

Например, в США посещаемость национальных парков повысилась до рекордных показателей. Исследователи отмечают также резкий рост публикаций в социальных сетях обычных американцев фото и видео с геолокацией на территории многочисленных природных парков и объектов (например, часть национальной рекреационной зоны Глен Каньон (Glen Canyon National Recreation Area) *Horseshoe Bend* посещает более 4000 человек в день, хотя до пандемии такое количество посетителей насчитывалось только за год) [21]. Поток посетителей настолько высок, что менеджеры опасаются за сохранение природных ландшафтов. Схожая тенденция наблюдается в европейских странах, особенно в Скандинавии [8, с. 26].

46

Создание благоприятных и безопасных условий путешествий внутри стран повышает интерес не только приезжих туристов, но и местных рекреантов. Если массовый туризм в условиях пандемии невозможно организовать без риска, то индивидуальный, семейный или малыми группами без контакта с другими туристами и без очередей становится наиболее актуальным и безопасным. Намного сложнее сейчас организовывать экскурсии, конференции, соревновательные мероприятия, фестивали и другие подобные формы туристской деятельности [4]. Именно по этим причинам в последнее время актуализируется значимость природного туризма.

Популярными объектами для природного туризма и рекреации являются особо охраняемые природные территории (ООПТ). В РБП более 870 объектов ООПТ разных категорий и типов, в том числе национальные парки, ботанический сад, дендрарии и объекты природы. Большинство санаторно-курортных учреждений располагаются в непосредственной близости к природным объектам, обладающим рекреационными свойствами. Такие организации более эффективно функционируют и являются ключевыми для лечебно-оздоровительного туризма, не менее актуального в постпандемийный период и частично взаимосвязанного с природным. Данная связь находит отражение в структуре природного туризма, в состав которого входит также и природоориентированный туризм, ключевой частью которого является лечебно-оздоровительный [8].

Обобщая информацию об изменении в структуре туристского потока областей российско-белорусского приграничья, можно выделить критерии, позволяющие определить способность региона к адаптации в сложнейших условиях кризиса. В первую очередь это текущее состояние туристского потока по отношению к периоду до пандемии. Чем меньше снизился объем потока туристов, тем меньше пострадала индустрия в регионе. Изменения в структуре потока в сторону увеличения внутреннего туризма повышают вероятность «выживания» туристской индустрии, особенно в условиях чрезвычайных санкций и запрета полетов на многие популярные дестинации. Путешествовать даже внутри России стало гораздо сложнее (в частности, из-за прекращения полетов на южные направления), не говоря уже про отдых за рубежом. Это может дать возможность регионам РБП зарекомендовать себя как хорошие направ-



ления для столичных жителей Минска и Москвы. Важным критерием также является и наличие инфраструктуры и объектов природоориентированного туризма. По данному показателю явно выделяется Витебская область, которая остается популярным направлением в Беларуси.

На рисунке 9 изображена картосхема, дающая представление о потенциале адаптации к кризисным условиям регионов приграничья. Обобщая данные о динамике туристского потока, ее структуре и наличии объектов актуализирующихся видов туризма на территории областей, можно выделить 3 типа регионов РБП по потенциалу восстановления туристско-рекреационной сферы. Первый тип характеризует высокий уровень потенциала, отличающийся наименьшим снижением объема общего туристского потока за счет внутреннего и относительно высокой долей въездного туризма. К данному типу можно отнести Витебскую область, на территории которой находится большое количество ООПТ, санаториев, курортов и подобных объектов.

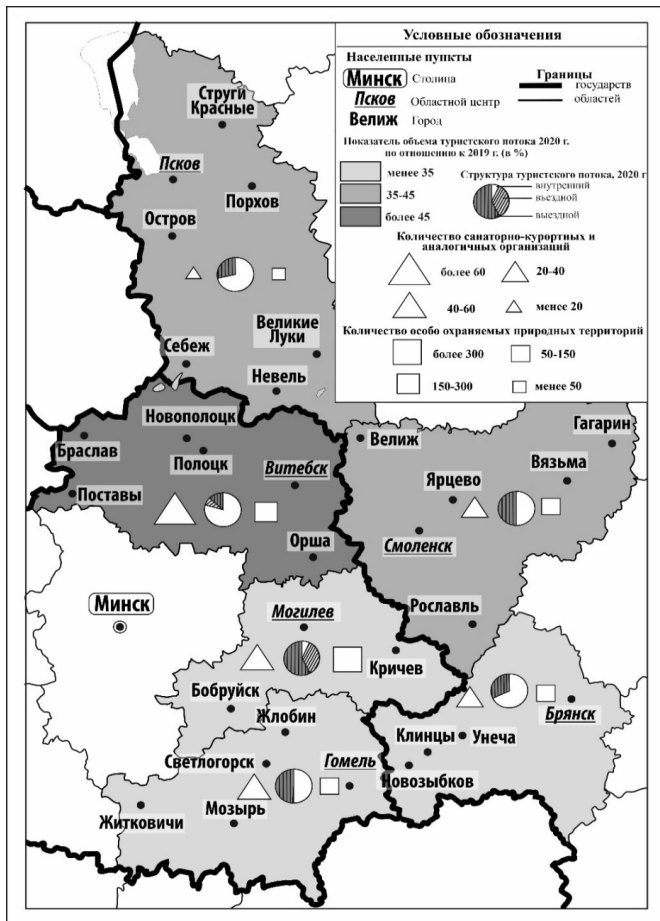


Рис. 9. Территориальные особенности туристского потока и природного туризма на территории РБП (2020 г.)

Составлено автором по [8; 9; 14].



Второй тип имеет средний уровень потенциала и представлен немного большим уровнем снижения туристского потока чем первый тип. Высокая доля внутреннего туризма и наличие природных объектов федерального и республиканского значения, а также санаториев позволяют отнести к данному типу Могилевскую (в том числе и за счет высокой доли въездного туризма), Псковскую (имеющую не так много объектов, которые, однако, обладают высокой аттрактивностью) и Смоленскую области (несмотря на общие низкие показатели туристской деятельности, имеющей перспективы трансформации индустрии).

Третий тип характеризует низкий уровень потенциала с наибольшим снижением объема туристского потока, практически без въездных туристов, относительно неразвитой туристской инфраструктурой, непопулярными малочисленными природными объектами. К данному типу относится Гомельская и Брянская области.

Заключение

Все вышесказанное демонстрирует существенные изменения в структуре туристских потоков, а как следствие, и туристской сферы в целом на территории России, Беларуси и областях приграничья на фоне пандемии. Изменения в структуре туристского потока областей РБП главным образом отразились в двух направлениях — критическом снижении туристского потока (количества туристских поездок и числа туристов) более чем на 62 %, а также в закономерном росте внутреннего туризма за счет снижения въездного и выездного потока. Вместе с этими трансформациями поменялись и предпочтения туристов по странам.

Среди рекомендаций экспертов UNWTO по смягчению социально-экономических последствий пандемии в сфере туризма особое внимание уделяется именно вопросам менеджмента и поддержки со стороны государства. Одна из рекомендаций предлагает включение устойчивого туризма на первый план повестки национального развития, в том числе на региональном уровне [23]. Еще одной важной предпосылкой для развития внутреннего туризма можно назвать меры поддержки правительств и международных организаций туристского сектора, в том числе для сохранения рабочих мест поддержания ликвидности турфирм.

Спрогнозировать развитие туристской отрасли можно сегодня, используя методы адаптивного моделирования, посредством искусственных нейронных сетей [2]. Однако даже столь эффективные современные методы неспособны верно описать и предположить возможные события, если показатели, используемые для анализа, резко отличаются от показателей предыдущих лет. И если в 2020 г. эксперты еще могли спрогнозировать будущие перспективы туризма, то в начале 2022 г., это стало невозможным. Как отмечают эксперты, корректно предсказать последствия ситуации 2022 г. фактически невозможно.

В теории цикла устойчивости экологических и туристских систем под устойчивостью понимается способность системы преодолевать кризисы и реорганизовываться, претерпевая изменения, чтобы сохранять те же основные функции, структуру, идентичность и обратные связи [19]. То есть уязвимое состояние туризма и рекреации сегодня — уникальная возможность трансформации индустрии.



Природный туризм и рекреация могут включать в себя множество наиболее актуальных и безопасных видов туризма. Уже давно отпуск и отдых не ассоциируются с поездкой на морское побережье. Отдых в лесу или на берегу озера не менее актуален, но при этом более рационален. Множество людей в развитых странах стали предпочитать отдых вне города, организовывая пикники, походы с костром, проводя время с семьей или друзьями, фотографируя и снимая на видео свой досуг.

Во всем мире туризм является сегодня возможностью для развития территорий и общества, способствует солидарности, взаимопониманию и интеграции между странами и даже внутри стран посредством международного и внутреннего туризма.

Список литературы

1. *Об основах* туристской деятельности в Российской Федерации : федеральный закон от 24 ноября 1996 г. №132-ФЗ.
2. Александрова А. Ю., Домбровская В. Е. Адаптивное моделирование туризма: опыт, проблемы и перспективы применения на региональном уровне // Регионология. 2022. Т. 30, №1 (118). С. 76–102. doi: 10.15507/2413-1407.118.030.202201.076-102.
3. Гладкий А. В. Международный туризм vs. COVID-19: тенденции, прогнозы, перспективы // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2020. Т. 6, №4. С. 3–10. doi: 10.18413/2408-9346-2020-6-4-0-1.
4. Зырянов А. И., Балабан М. О., Зырянов Г. А. География коронавируса и вопросы туризма // География и туризм. 2020. №2. С. 5–17.
5. Кропинова Е. Г., Анохин А. Ю. Научно-практические аспекты организации маршрутов выходного дня в сельской местности (на примере калининградской области) // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2021. №3. С. 22–30.
6. Логунцева И. В. Индустрия туризма в условиях пандемии коронавируса: вызовы и перспективы // Государственное управление. Электронный вестник. 2020. №80. С. 49–65. doi: 10.24411/2070-1381-2020-10063.
7. Мизинцева М. Ф., Гербина Т. В., Чугрина М. А. Экономика эпидемий. Влияние COVID-19 на мировую экономику (обзор) // Пандемия COVID-19. Биология и Экономика. Спец. выпуск : инф.-аналит. сб. М., 2020. С. 61–102.
8. Нижникова А. К. Перспективы природоориентированного туризма в российско-белорусском приграничье на фоне пандемии COVID-19 // Туризм и региональное развитие. 2021. №2 (3). С. 17–32.
9. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. URL: <http://www.belstat.gov.by> (дата обращения: 28.10.2021).
10. Оборин М. С. Последствия влияния пандемии COVID-19 на мировой туризм // Сервис в России и за рубежом. 2021. Т. 15, №1 (93). С. 47–58. doi: 10.24412/1995-042X-2021-1-47-58.
11. Совместное заявление Председателя Правительства Российской Федерации и Премьер-министра Республики Беларусь о текущем развитии и дальнейших шагах по углублению интеграционных процессов в рамках Союзного государства 10 сентября 2021. URL: <http://government.ru/news/43234> (дата обращения: 01.04.2022).



12. *Транспорт и развитие туризма в приграничных с Белоруссией регионах России* / А. П. Катровский, Л. Ю. Мажар, А. Г. Манаков [и др.] ; Российский фонд фундаментальных исследований ; администрация Смоленской области ; Смоленский государственный университет. Смоленск, 2019.

13. *Туризм и туристические ресурсы в Республике Беларусь*, 2021. URL: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/turizm/statisticheskie-izdaniya/index_39563 (дата обращения: 01.04.2022).

14. *Федеральная служба государственной статистики*. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 28.10.2021).

15. *Черкашина И. В., Адамюк А. П., Пшеничных Ю. А.* Основы антикризисного управления: влияние и пути дальнейшего развития международного туризма в условиях пандемии // Вестник молодежной науки. 2020. №2 (24). С. 1–8.

16. *Число въездных туристских поездок иностранных граждан в Российскую Федерацию*. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/59466> (дата обращения: 01.04.2022).

17. *Anokhin A. Yu., Kropinova E. G.* Scientific and practical aspects of organizing week-end routes in the natural environment using technologies of active tourism // Service and Tourism: Current Challenges. 2020. Vol. 14, №2. P. 50–63.

18. *Benjamin S., Dillette A., Alderman D. H.* «We can't return to normal»: committing to tourism equity in the post-pandemic age // Tourism Geographies. 2020. doi: 10.1080/14616688.2020.1759130.

19. *Cochrane J.* The Sphere of Tourism Resilience // Tourism Recreation Research. 2015. №35. P. 173–185. doi: 10.1080/02508281.2010.11081632.

20. *Gössling S., Scott D., Hall C. M.* Pandemics, tourism and global change: a rapid assessment of COVID-19 // Journal of Sustainable Tourism. 2021. Vol. 29, №1. P. 1–20. doi: 10.1080/09669582.2020.1758708.

21. *Lake Z., Rulli M.* National parks officials grappling with high volume as Instagram tourism booms. ABC News. 2019. URL: <https://abcnews.go.com/Lifestyle/instagram-tourism-booms-horseshoebend-national-parks-officials/story?id=64638198> (дата обращения: 01.04.2022).

22. *New COVID-19 surges keep travel restrictions in place*. URL: <https://www.unwto.org/news/new-covid-19-surges-keep-travel-restrictions-in-place> (дата обращения: 01.04.2022).

23. *Supporting jobs and economies through travel & tourism. A call for action to mitigate the socio-economic impact of COVID-19 and accelerate recovery*. URL: https://webunwto.s3.eu-west-1.amazonaws.com/s3fs-public/2020-04/COVID19_Recommendations_English_1.pdf (дата обращения: 01.04.2022).

24. *UNWTO World Tourism Barometer and Statistical Annex*. 2021. Vol. 19, №6. doi: <https://doi.org/10.18111/wtobarometereng>.

25. *UNWTO World Tourism Barometer and Statistical Annex*. 2022. Vol. 20, №1. doi: <https://doi.org/10.18111/wtobarometereng>.

Об авторе

Анастасия Константиновна Нижникова – асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: stasynizhnikova@gmail.com

ORCID: 0000-0002-6225-4132



A. K. Nizhnikova

**TRANSFORMATION OF THE TOURIST AND RECREATION SPHERE
OF THE RUSSIAN-BELARUSIAN BORDER REGION
AND THE PANDEMIC CONSEQUENCES**

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 13 June 2022

Accepted 15 August 2022

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-1

To cite this article: Nizhnikova A. K. 2022, Transformation of the tourist and recreation sphere of the Russian-Belarusian border region within the pandemic consequences, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 37 – 51. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-3.

51

The COVID-19 pandemic has become a serious challenge for the whole world. All sectors of the economy suffered damage to a certain degree, taking all possible measures to prevent the aggravation of the epidemiological situation. The tourism and recreation sector found itself among the most affected industries. This article is devoted to the urgent problems of transformation in the tourist and recreational sphere of the Russian-Belarusian border areas, in the context of changes in the volume and structure of the flow of tourists, the reasons for their appearance and possible development prospects in the context of the geopolitical and economic crisis. The purpose of the article is to characterize and analyze the state of the tourism and recreation industry in the period from 2019 to 2021. To achieve this goal, the paper presents and analyzes the statistical data of tourist activities in Russia, Belarus and the regions of the Russian-Belarusian border within the specified period. The main criteria for the transformation were selected indicators of the tourist flow in general by country, as well as separately by border regions. The author proposes a typology of border regions in terms of their potential for adaptation to crisis conditions and prospects for increasing this potential through the development of natural and nature-oriented tourism.

Keywords: tourism and recreational sphere, Russian-Belarusian border area, COVID-19, natural-based tourism, sustainable tourism

The author

Anastasia K. Nizhnikova, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: stasynizhnikova@gmail.com

ORCID: 0000-0002-6225-4132

А. Г. Волкова

ОТРАСЛЕВАЯ СТРУКТУРА ЭКОНОМИКИ
КАК ТИПОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИЗНАК

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

Поступила в редакцию 14.04.2022 г.

Принята к публикации 19.07.2022 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-4

52

Для цитирования: Волкова А. Г. Отраслевая структура экономики как типологический признак // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2022. №3. С. 52–67. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-4.

В изучении различий между странами важную роль играет структурирование информации. Типология – один из научных методов систематизации информации. Выбор типологического признака, придающего наибольшую информативность типологии, – одна из главных проблем методологии создания типологии. В статье приводится пример типологии стран мира, основанной на типах отраслевой структуры экономики. В качестве исследовательской задачи определена попытка оценить информативность отраслевой структуры экономики в качестве типологического признака для экономической типологии стран мира. Затрагиваются такие понятия, как «типология», «ВВП», «отраслевая структура экономики», «сервисизация», «терциаризация». Предложена методика определения типа отраслевой структуры экономики и пороговых значений для уровней показателя ВВП. Анализируется закономерность между типом отраслевой структуры экономики и уровнем доходов населения стран, выраженных через показатель ВВП на душу населения. Определено, что предложенные в статье экономические типы стран образуют однородные зоны, состоящие из нескольких стран, а типы отраслевой структуры экономик мира расположены на карте мира с определенными закономерностями.

Ключевые слова: типология, страны мира, социально-экономическое развитие, отраслевая структура, структура экономики, терциаризация

Введение

Страны мира являются объектом изучения многих географических дисциплин в высших учебных заведениях, они также рассматриваются в школьном курсе географии. В настоящий момент в мире насчитывается 194 однозначно идентифицированных суверенных государства. Изучение различий между всеми странами мира даже по одному отдельно взятому параметру – трудоемкий процесс. Без должной систематизации сведения о них становятся бессмысленным набором разрозненных фактов. В несистематизированном виде проведение сравнения по различным показателям для дальнейших выводов и прогнозирования становится невозможным. Типология – наиболее информативный метод,



применяемый для систематизации сведений о странах мира, позволяющий выделять однородные группы с разными смыслами, состав которых подобен образцу (типу), выделенному на основании наиболее существенных критериев (типологических признаков) как количественного, так и качественного характера. [1, с. 62] Типология позволяет уменьшать количество исследуемых объектов благодаря делению их на группы, это способствует более легкому пониманию свойств и признаков изучаемых объектов благодаря выделению характерных типологических черт, на фоне которых проще анализировать индивидуальные черты [12, с. 39] Разработка типологии стран мира – сложная методологическая проблема, включающая в себя множество противоречий [9]. Одним из таких противоречий, с которым сталкиваются исследователи в процессе создания типологии, является выбор типологического признака, придающего типологии наиболее возможную информативность.

Типология стран мира для изучения социально-экономических дисциплин преследует цель наиболее информативно отобразить дифференциацию стран мира по экономическим и социальным показателям. Традиционно сравнение социально-экономического благополучия населения стран принято производить с помощью показателя ВВП на душу населения. Этот показатель отражает доходы населения через стоимость совокупности товаров и услуг, произведенных на территории государства за годичный период. Большинство экономических и экономико-географических типологий стран мира учитывает его. Во-первых, ВВП на душу населения, выраженный по паритету покупательной способности в долларах США, делает возможным проведение объективного сравнения между странами мира. Во-вторых, результаты исследований показывают, что ВВП на душу населения – показатель, оказывающий наибольшее влияние на неравенство социально-экономических условий в странах мира [15]. Несмотря на то что ВВП является лишь частичной мерой многомерной концепции благосостояния, включающей как экономические, так и неэкономические аспекты человеческой жизни, зависимость многих показателей социальной эффективности, например таких как, продолжительность жизни и уровень образования, от показателя ВВП, также подтверждена [17]. У показателя ВВП есть как несомненные преимущества, так и недостатки, что неоднократно подчеркивалось разными исследователями [5; 7; 10]. Тем не менее одномерная классификация по признаку варьирования ВВП на душу населения не является исчерпывающей. Для достижения большей информативности типологии стран мира необходимо введение дополнительного типологического признака. Предполагается, что рассмотрение показателя ВВП совместно с сектором его происхождения позволит выделить более однородные группы стран для присваивания им в последующем однозначно трактуемого экономического типа.

Методология

Исследуются 193 страны мира (из выборки исключен Ватикан в связи с его особым международно-правовым, экономическим и политическим статусом) на предмет экономической дифференциации на основании



показателей ВВП на душу населения и структуры происхождения ВВП по секторам, с применением методов классификации и типологизации. Проведена предварительная подготовка статистического материала, представленная данными из Всемирной книги фактов ЦРУ за 2017 и 2020 гг., и его последующая обработка с использованием статистических методов. На первом этапе исследования были проведены ранжирование стран мира по показателю ВВП на душу населения и последующая группировка по уровню доходов на душу населения на три группы. Группы выделены по значениям доли от медианного значения показателя ВВП на душу населения по всей выборке (до 50 %, 150 % и более 150 %, медианного ВВП на душу населения соответственно). Следующим этапом определены среднемировые значения по секторам происхождения ВВП на душу населения и произведено их последовательное сравнение с данными происхождения ВВП на душу населения по секторам экономики, по всему объему выборки с применением оператора сравнения данных. Далее на основании результатов сравнения выделены 3 типа отраслевой структуры экономики стран мира, и в соответствии с ними произведено типирование всех исследуемых стран. В заключение произведено сопоставление составов групп по варьированию показателя ВВП на душу населения и типологии стран по типам отраслевой структуры экономики, на основании результатов сравнительного анализа выделены 8 экономических типов стран.

Результаты

Для оценки дифференциации доходов на душу населения по странам мира был перенят опыт определения пороговых значений, который используется Всемирным банком для определения относительного порога бедности: использование долей от медианного дохода [20]. Результаты распределения по трем группам представлены в таблице 1.

Таблица 1

Классификация стран мира по уровню ВВП на душу населения

Уровень показателя ВВП на душу населения	Пороговые значения относительные	Пороговые значения абсолютные, долл. США
Низкий	До 50 % медианы	700–6150
Афганистан, Бангладеш, Белиз, Бенин, Буркина-Фасо, Бурунди, Вануату, Восточный Тимор, Гаити, Гамбия, Гана, Гвинея, Гвинея-Бисау, Гондурас, Демократическая Республика Конго, Джибути, Замбия, Зимбабве, Индия, Йемен, Кабо-Верде, Камбоджа, Камерун, Кения, Кирибати, Коморские Острова, Кот-д'Ивуар, Кыргызстан, Лесото, Либерия, Мавритания, Мадагаскар, Малави, Мали, Маршалловы Острова, Мозамбик, Мьянма, Непал, Нигер, Нигерия, Никарагуа, Пакистан, Папуа – Новая Гвинея, Республика Конго, Руанда, Сан-Томе и Принсипи, Северная Корея, Сенегал, Сирия, Соломоновы Острова, Сомали, Судан, Сьерра-Леоне, Таджикистан, Танзания, Того, Тонга, Тувалу, Уганда, Федеративные Штаты Микронезии, ЦАР, Чад, Эритрея, Эфиопия, Южный Судан		

Уровень показателя ВВП на душу населения	Пороговые значения относительные	Пороговые значения абсолютные, долл. США
Средний	От 50 до 150 % медианы	6150 – 18450
Азербайджан, Албания, Алжир, Ангола, Антигуа и Барбуда, Армения, Барбадос, Боливия, Босния и Герцеговина, Ботсвана, Бразилия, Бутан, Венесуэла, Вьетнам, Габон, Гайана, Гватемала, Гренада, Грузия, Доминика, Доминиканская Республика, Египет, Индонезия, Иордания, Ирак, Иран, Китай, Колумбия, Куба, Лаос, Ливан, Ливия, Мальдивы, Марокко, Мексика, Молдова, Монголия, Намибия, Науру, Палау, Парагвай, Перу, Сальвадор, Самоа, Северная Македония, Сент-Винсент и Гренадины, Сент-Люсия, Сербия, Суринам, Таиланд, Тунис, Туркменистан, Узбекистан, Украина, Фиджи, Филиппины, Черногория, Шри-Ланка, Эквадор, Экваториальная Гвинея, Эсватини, ЮАР, Ямайка		
Высокий	Более 150 % медианы	Более 18450
Австралия, Австрия, Андорра, Аргентина, Багамские Острова, Бахрейн, Беларусь, Бельгия, Болгария, Бруней, Великобритания, Венгрия, Германия, Греция, Дания, Израиль, Ирландия, Исландия, Испания, Италия, Казахстан, Канада, Катар, Кипр, Коста-Рика, Кувейт, Латвия, Литва, Лихтенштейн, Люксембург, Маврикий, Малайзия, Мальта, Монако, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, ОАЭ, Оман, Панама, Польша, Португалия, Россия, Румыния, Сан-Марино, Саудовская Аравия, Сейшельские Острова, Сент-Китс и Невис, Сингапур, Словакия, Словения, США, Тринидад и Тобаго, Турция, Уругвай, Финляндия, Франция, Хорватия, Чехия, Чили, Швейцария, Швеция, Эстония, Южная Корея, Япония		

Результатом статистического анализа данных по всем исследуемым 193 странам о происхождении ВВП по секторам экономики по оценке 2017 г. [18] стало определение средних значений отраслевой структуры экономики мира, представленное на рисунке 1.

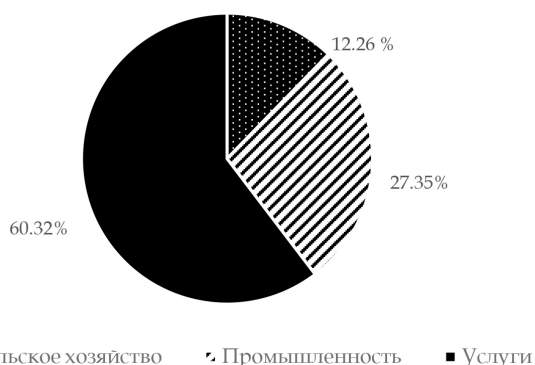


Рис. 1. Отраслевая структура мирового хозяйства

Около 0,7 % составляют статистические потери, которые случаются в случае неполноты данных (к примеру, отсутствие данных по объемам производства в теневой экономике [2]).



В результате последовательного сравнения долей экономических секторов с их среднемировыми значениями все страны мира поделены на три группы в соответствии с присвоенным типом отраслевой структуры экономики. Типы, их описание и состав представлены в таблице 2, информация о территориальной дифференциации типов – на рисунке 2.

Таблица 2

Типы отраслевой структуры экономики

Тип отраслевой структуры экономики	Описание
1	Доля сектора сельского хозяйства ниже среднемировой, доля сектора сферы услуг выше
Австралия, Австрия, Антигуа и Барбуда, Аргентина, Багамские Острова, Барбадос, Бахрейн, Белиз, Бельгия, Болгария, Босния и Герцеговина, Ботсвана, Бразилия, Великобритания, Венгрия, Гамбия, Германия, Гренада, Греция, Грузия, Дания, Джибути, Доминиканская Республика, Зимбабве, Израиль, Иордания, Ирландия, Исландия, Испания, Италия, Кабо-Верде, Казахстан, Канада, Кипр, Колумбия, Коста-Рика, Куба, Латвия, Ливан, Литва, Люксембург, Маврикий, Мальдивы, Мальта, Маршалловы Острова, Мексика, Монако, Намибия, Науру, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Палау, Панама, Португалия, Россия, Румыния, Сальвадор, Самоа, Сан-Марино, Сан-Томе и Принсипи, Северная Македония, Сейшельские Острова, Сент-Винсент и Гренадины, Сент-Китс и Невис, Сент-Люсия, Сингапур, Словакия, Словения, США, Тунис, Турция, Уругвай, Финляндия, Франция, Хорватия, Черногория, Чехия, Чили, Швейцария, Швеция, Шри-Ланка, Эквадор, Эстония, ЮАР, Ямайка, Япония	
2	Доля сектора промышленности выше среднемировой, доля третичного сектора ниже
Азербайджан, Алжир, Ангола, Андорра, Армения, Бангладеш, Беларусь, Боливия, Бруней, Венесуэла, Восточный Тимор, Вьетнам, Габон, Гвинея, Гондурас, Демократическая Республика Конго, Египет, Замбия, Индонезия, Ирак, Иран, Камбоджа, Катар, Кения, Китай, Кувейт, Кыргызстан, Лаос, Лесото, Ливия, Лихтенштейн, Мавритания, Малайзия, Марокко, Монголия, Мьянма, ОАЭ, Оман, Перу, Польша, Республика Конго, Саудовская Аравия, Северная Корея, Сербия, Суринам, Таиланд, Танзания, Того, Тринидад и Тобаго, Туркменистан, Узбекистан, Украина, Филиппины, Экваториальная Гвинея, Эритрея, Эсватини, Южная Корея	
3	Доля сектора сельского хозяйства выше среднемировой, доля сектора промышленности ниже
Албания, Афганистан, Бенин, Буркина-Фасо, Бурунди, Бутан, Вануату, Гаити, Гайана, Гана, Гватемала, Гвинея-Бисау, Доминика, Индия, Йемен, Камерун, Кирибати, Коморские Острова, Кот-д'Ивуар, Либерия, Мадагаскар, Малави, Мали, Мозамбик, Молдова, Непал, Нигер, Нигерия, Никарагуа, Пакистан, Папуа – Новая Гвинея, Парагвай, Руанда, Сенегал, Сирия, Соломоновы Острова, Сомали, Судан, Сьерра-Леоне, Таджикистан, Тонга, Тувалу, Уганда, Федеративные Штаты Микронезии, Фиджи, ЦАР, Чад, Эфиопия	

Типология стран мира по типам отраслевой структуры экономики

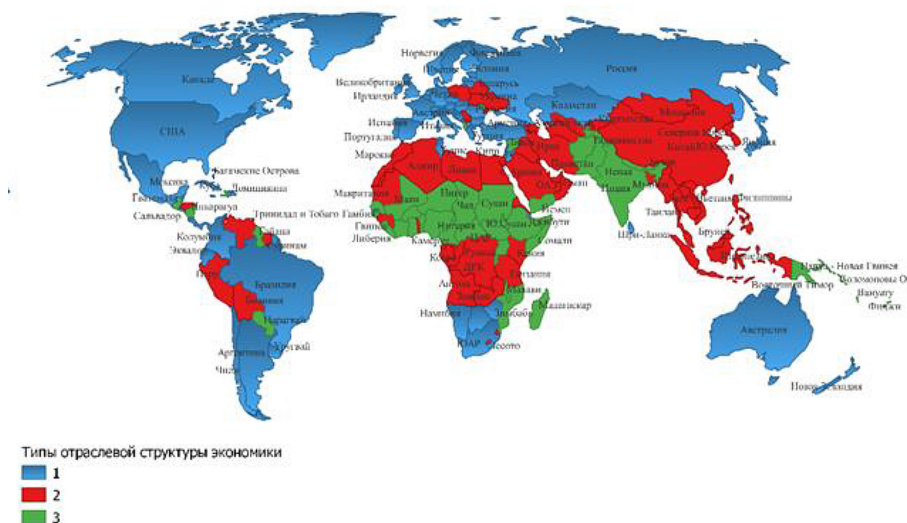


Рис. 2. Типология стран мира по типам отраслевой структуры экономики

Для проверки предположения, что добиться большей экономической однородности групп по сравнению с классическим подходом, построенным только на показателе ВВП на душу населения, возможно с одновременным применением показателя совместно с сектором его происхождения, была проведена типологизация, результаты которой представлены в таблице 3, типология визуализирована в рисунках 3–7.

Таблица 3

Экономическая типология стран мира

Название	Описание
Тип 1	Сочетание 1-го типа отраслевой структуры экономики и высокого дохода на душу населения
Австралия, Австрия, Аргентина, Багамские Острова, Бахрейн, Бельгия, Болгария, Великобритания, Венгрия, Швеция, Германия, Греция, Дания, Израиль, Ирландия, Исландия, Испания, Италия, Казахстан, Канада, Кипр, Коста-Рика, Латвия, Литва, Люксембург, Маврикий, Мальта, Монако, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Панама, Португалия, Румыния, Сан-Марино, Сейшельские Острова, Сент-Китс и Невис, Сингапур, Словакия, Словения, Россия, США, Турция, Уругвай, Финляндия, Франция, Хорватия, Чехия, Чили, Швейцария, Эстония, Япония	



Название	Описание
Тип 2	Сочетание 2-го типа отраслевой структуры экономики и высокого дохода на душу населения
Андорра, Беларусь, Бруней, Катар, Кувейт, Лихтенштейн, Малайзия, ОАЭ, Оман, Польша, Саудовская Аравия, Тринидад и Тобаго, Южная Корея	
Тип 3	Сочетание 1-го типа отраслевой структуры экономики и среднего дохода на душу населения
Антигуа и Барбуда, Барбадос, Босния и Герцеговина, Ботсвана, Бразилия, Гренада, Грузия, Доминиканская Республика, Иордания, Колумбия, Куба, Ливан, Мальдивы, Мексика, Намибия, Науру, Палау, Сальвадор, Самоа, Северная Македония, Черногория, Сент-Винсент и Гренадины, Сент-Люсия, Тунис, Шри-Ланка, Эквадор, ЮАР, Ямайка	
Тип 4	Сочетание 2-го типа отраслевой структуры экономики и среднего дохода на душу населения
Азербайджан, Алжир, Ангола, Армения, Боливия, Венесуэла, Вьетнам, Габон, Египет, Индонезия, Ирак, Иран, Китай, Лаос, Ливия, Марокко, Монголия, Перу, Сербия, Суринам, Таиланд, Туркменистан, Узбекистан, Украина, Филиппины, Экваториальная Гвинея, Эсватини	
Тип 5	Сочетание 3-го типа отраслевой структуры экономики и среднего дохода на душу населения
Албания, Бутан, Гайана, Гватемала, Доминика, Молдова, Парагвай, Фиджи	
Тип 6	Сочетание 1-го типа отраслевой структуры экономики и низкого дохода на душу населения
Белиз, Гамбия, Джибути, Зимбабве, Кабо-Верде, Маршалловы Острова, Сан-Томе и Принсипи	
Тип 7	Сочетание 2-го типа отраслевой структуры экономики и низкого дохода на душу населения
Бангладеш, Восточный Тимор, Гвинея, Гондурас, Демократическая Республика Конго, Замбия, Камбоджа, Кения, Кыргызстан, Лесото, Мавритания, Мьянма, Республика Конго, Северная Корея, Танзания, Того, Эритрея	
Тип 8	Сочетание 3-го типа отраслевой структуры экономики и низкого дохода на душу населения
Афганистан, Бенин, Буркина-Фасо, Бурунди, Вануату, Гаити, Гана, Гвинея-Бисау, Индия, Йемен, Камерун, Кирибати, Коморские Острова, Кот-д'Ивуар, Либерия, Мадагаскар, Малави, Мали, Мозамбик, Непал, Нигер, Нигерия, Никарагуа, Пакистан, Папуа — Новая Гвинея, Руанда, Сенегал, Сирия, Соломоновы Острова, Сомали, Судан, Сьерра-Леоне, Таджикистан, Тонга, Тувалу, Уганда, Федеративные Штаты Микронезии, ЦАР, Чад, Эфиопия, Южный Судан	



Типы отраслевой структуры экономики и ВВП на душу населения

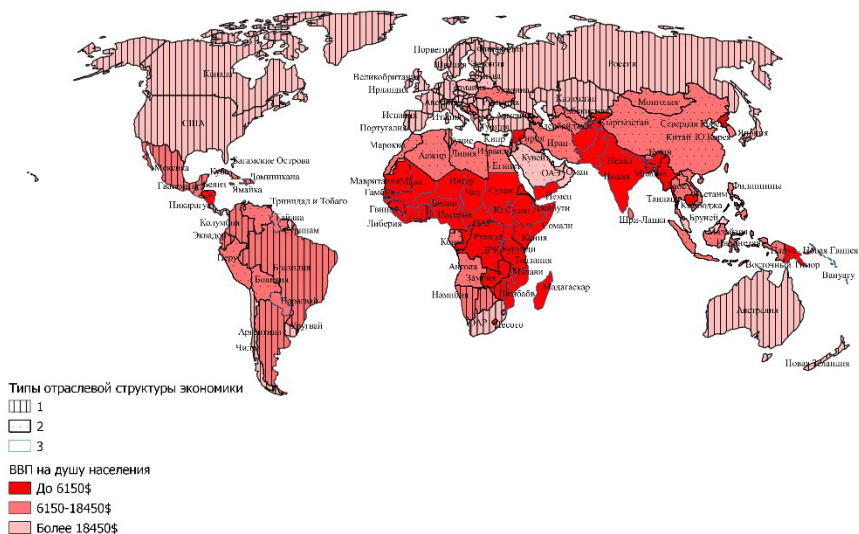


Рис. 3. Типология стран мира по типам отраслевой структуры экономики и уровню показателя ВВП на душу населения

Типы отраслевой структуры экономики и ВВП на душу населения стран Европы

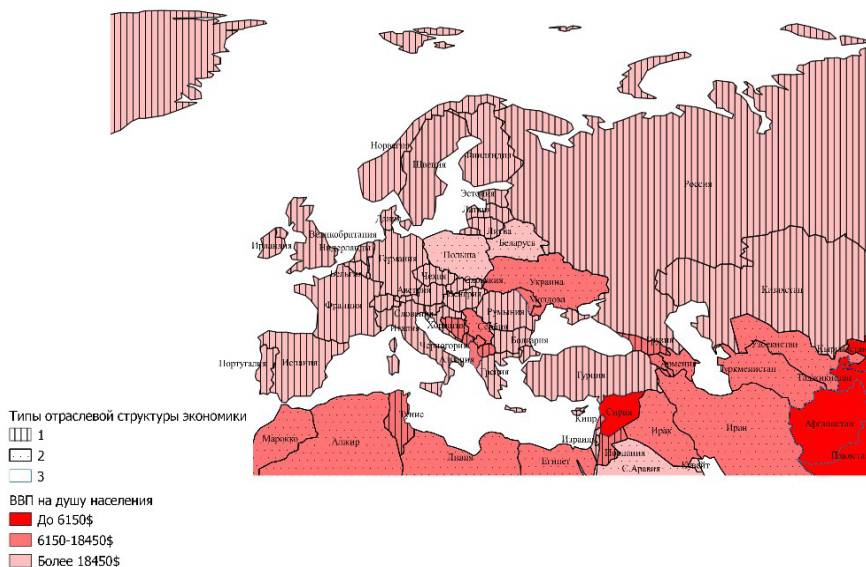


Рис. 4. Типология стран Европы по типам отраслевой структуры экономики и уровню показателя ВВП на душу населения

Типы отраслевой структуры экономики и ВВП на душу населения стран Африки

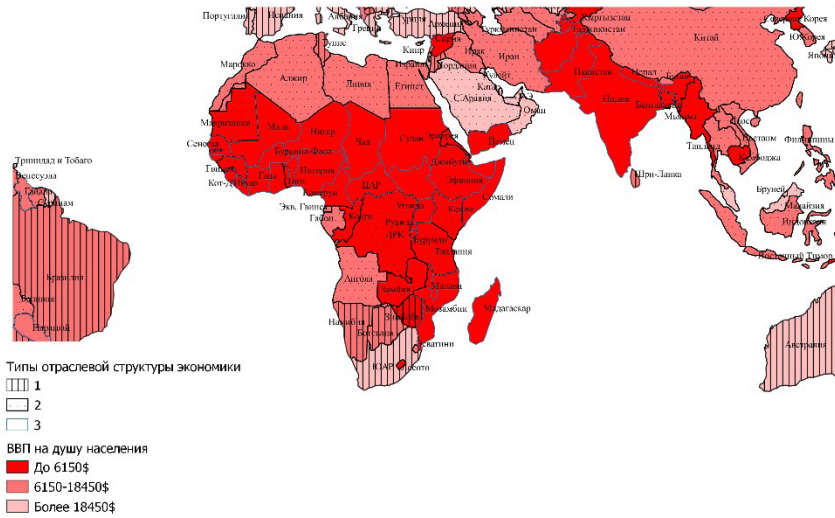


Рис. 5. Типология стран Африки по типам отраслевой структуры экономики и уровню показателя ВВП на душу населения

Типы отраслевой структуры экономики и ВВП на душу населения

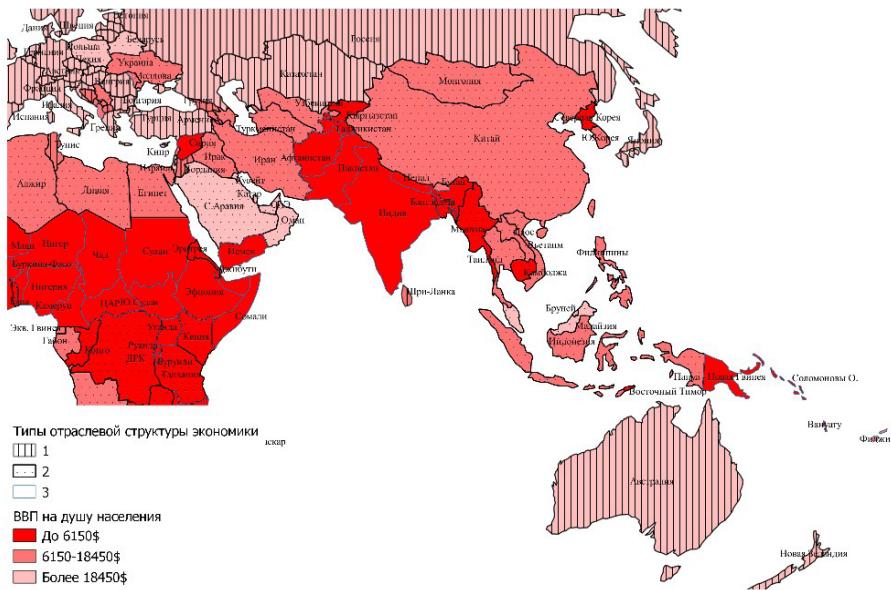
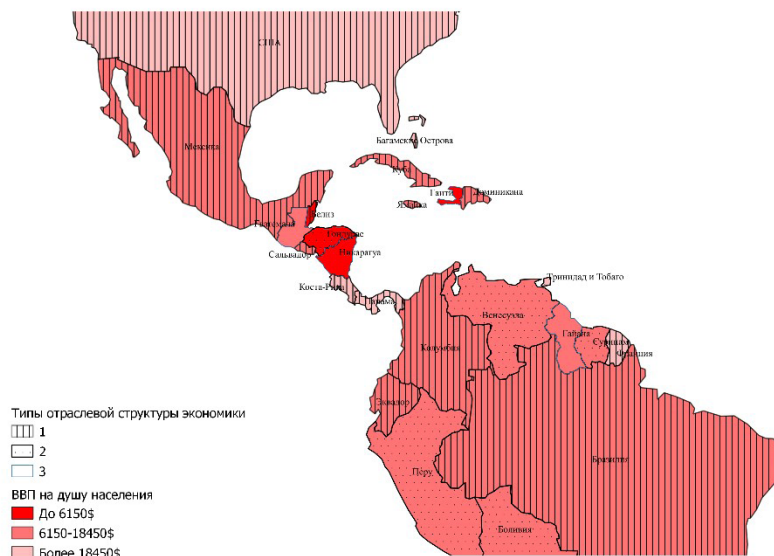


Рис. 6. Типология стран Азиатско-Тихоокеанского региона по типам отраслевой структуры экономики и уровню показателя ВВП на душу населения



Типы отраслевой структуры экономики и ВВП на душу населения стран Центральной Америки



61

Рис. 7. Типология стран Центральной Америки по типам отраслевой структуры экономики и уровню показателя ВВП на душу населения

Обсуждение

Исследование отраслевой структуры экономики в странах мира, систематизация и упорядочивание статистических данных по совокупной стоимости произведенных товаров по секторам экономики является важнейшим шагом на пути к присваиванию стране экономического типа, основанного не только на доходах, но и на структурной составляющей. Использование данных по отраслевой структуре экономики позволяет получить информацию о происхождении ВВП по секторам экономики. Анализ отраслевой структуры экономики позволяет делать выводы об общем состоянии экономики страны и ее динамике экономического развития, определять степень влияния научно-технического прогресса на экономику [14].

Данные отраслевой структуры экономики являются источником информации, какой из секторов экономики делает наибольший вклад в общий ВВП страны. Отраслевая структура имеет вид процентного распределения вклада в общий ВВП между сельским хозяйством, промышленностью и сферой услуг, в совокупности дающих 100 % ВВП [8, с 28]. Оценка отраслевых структурных пропорций в экономике наиболее часто производится по стоимости произведенных конечных благ (материальных и нематериальных) в каждом отдельном секторе экономики — сельском хозяйстве, включающем не только само сельское хозяйство, но также рыболовство и лесное хозяйство; промышленности, состоящей из горнодобывающей промышленности, производства, производства энергии и строительства; сфере услуг, охватывающей государственную



деятельность, связь, транспорт, финансы и любую другую частную экономическую деятельность, производящую нематериальные блага [13, с. 196–203]. Соотношение между перечисленными секторами влияет на экономическое состояние стран, определяет динамику экономического развития. В случае, если значительная часть ВВП приходится на сельское хозяйство, уровень экономического благосостояния стран ограничен уровнем промышленного развития, состоящего в возможности производства большего объема сельскохозяйственной продукции, производимого меньшим количеством трудовых ресурсов.

Проведенный анализ статистических показателей по секторам происхождения ВВП на душу населения позволил подтвердить общемировую тенденцию к снижению доли секторов сельского хозяйства и промышленности вместе с тенденцией к увеличению доли третичного сектора экономики в отраслевой структуре. По данным ЮНКТАД (Конференция ООН по торговле и развитию) за 1980–2017 гг. доля услуг в ВВП увеличилась в странах всех групп доходов – с 61 до 76 % в развитых странах и с 42 до 56 % в развивающихся [19]. Этот процесс именуется некоторыми исследователями как «сервисизация» экономики, другие используют термин «терциаризация» [6]. Терциаризация – следующий за индустриализацией этап структурной трансформации экономики. Подобная тенденция вызвана оптимизацией производства с помощью доступа к технологиям, снижение издержек в промышленности и сельском хозяйстве сопровождается снижением стоимости конечной продукции, что отражается в доле сектора в отраслевой структуре, определяемой по стоимости произведенных благ [11]. Увеличение производительности и повышение благосостояния, в свою очередь, происходит за счет применения технологических знаний, проведения исследований и разработок [3]. Все это относится к продукции третичного сектора экономики, что также обуславливает сложившуюся тенденцию в отношении отраслевых структур экономики мира.

Как было отмечено ранее, отраслевая структура экономики всех стран мира стремится принять вид, в котором наибольшая доля принадлежит третичному сектору экономики. В настоящий момент это характерно для большинства стран мира. Однако было также отмечено, что этот процесс протекает неравномерно в разных странах и регионах. Преобладание сферы услуг, низкая доля сельского хозяйства и промышленности – типичная отраслевая структура экономики для многих государств за исключением 8 стран, таких как Гвинея-Бисау, Коморские Острова, Мали, Нигер, Сомали, Сьерра-Леоне, ЦАР, Чад (с превалированием доли сельского хозяйства), и 13 стран, где наибольшая доля принадлежит промышленному сектору: Азербайджан, Ангола, Бруней, Восточный Тимор, Демократическая Республика Конго, Ирак, Катар, Кувейт, Ливия, ОАЭ, Папуа – Новая Гвинея, Республика Конго и Северная Корея). В совокупности эти страны составляют чуть более 10 % от общего количества. Однако, несмотря на то что форма отраслевой структуры экономики одинакова для 172 оставшихся стран, колебание значений внутри каждого из секторов достаточно велико – от 0 до 47,7 % для сектора сельского хозяйства, от 2,6 до 61,4 % для промышленного сектора и от 28,4 до 90 % для третичного сектора экономики. Соотношение меж-



ду секторами в различных странах мира тоже неодинаково. К основным причинам различий в отраслевых структурах экономики мира относят неравномерность человеческого капитала в разных странах с точки зрения их качественных характеристик. В лидирующие по объему ВВП входят страны с наиболее высокими показателями, характеризующими человеческий капитал, — уровень грамотности населения, расходы на образование, ожидаемая продолжительность школьной жизни (от начального до высшего образования) [16].

Однако последовательное сравнение отраслевой структуры экономики каждой отдельной страны со всеми странами по отдельности затруднительно. В связи с этим было произведено последовательное сравнение доли каждого сектора экономики каждой отдельной страны с их средними значениями по всем странам. Такой сравнительный анализ позволил обнаружить, что все страны распределяются на шесть типов отраслевой структуры экономики. Было отмечено, что у типов есть общее основание, что и стало причиной объединения шести типов попарно. Таким образом, приводится типология стран мира по отраслевой структуре экономики, состоящая из трех типов.

В географии распространения типов отраслевой структуры экономики в наиболее общем виде с некоторыми допущениями прослеживается их распределение по условным поясам: страны третьего типа отраслевой структуры экономики территориально тяготеют к приэкваториальному положению, далее с двух сторон протягиваются пояса второго типа отраслевой структуры экономики, а над ними проходит пояс со странами, относящимися к первому типу (рис. 8).

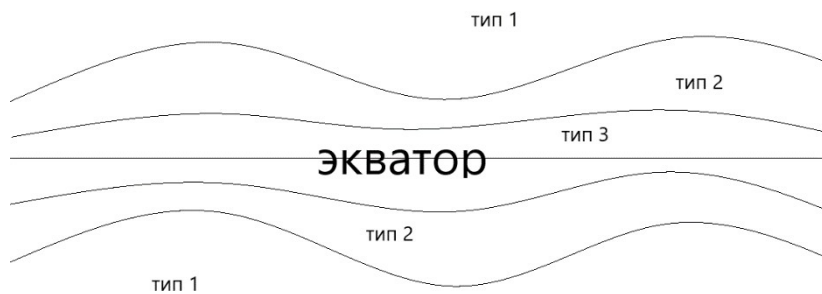


Рис. 8. Обобщенная схема распределения типов отраслевой структуры экономики

Возможно, этот факт обусловит развитие интересного направления для совместных исследований представителей физической и социально-экономической ветвей географии. Дискуссии об объединении этих двух ветвей давно ведутся в географической области науки [4].

Каждый из типов отраслевой структуры экономики представлен странами с разным уровнем доходов на душу населения за исключением третьего типа стран, в отраслевой структуре экономики которого доля сектора сельского хозяйства выше среднемировой, а доля промышленного сектора ниже. Доходы в странах третьего типа отраслевой структу-



ры экономики не превышают 18 450\$. Сопоставление выделенных типов стран мира с уровнем дохода населения в этих странах, выраженным в ВВП на душу населения, позволило выделить 8 экономических типов стран.

Большинство стран третьего типа отраслевой структуры экономики относится к странам с низкими доходами на душу населения: экономический тип 8, представляющий страны, в которых показатели удовлетворяют это условие, – самый большой по количеству стран (41). Два других типа с низкими доходами населения (тип 6 и тип 7), представлены вдвое меньшим количеством стран. Можно сделать предположение, что внутри типа 8 целесообразно выделить подтипы с использованием дополнительного типологического признака или, например, на основе результатов более детального варьирования доходов на душу населения (с меньшим шагом).

Большинство стран с высокими доходами населения относится к первому типу отраслевой структуры экономики. Количество стран типа 1 (52), характеризующегося высоким уровнем доходов населения и принадлежностью к первому типу отраслевой структуры экономики, позволяет предположить, что для большей однородности и информативности состава этого типа также необходимо их дальнейшее варьирование по дополнительному признаку или выделение подтипов. В отличие от типа 8, который сопоставим с типом 1 по количеству стран, тип 1 выделяется также крайней региональной неоднородностью. Страны типа 1 представлены во всех регионах мира за исключением материковой Африки.

Примечателен также тот факт, что экономические типы стран, выделенные на основании отраслевой структуры экономики и варьирования показателя ВВП на душу населения, в большинстве своем расположены на карте мира не фрагментарно, а образуют однородные по выделенным экономическим типам зоны, состоящие из нескольких стран.

Заключение

В результате обработки статистической информации по 193 странам мира с применением методов классификации и типологизации были выделены 8 экономических типов, учитывающих уровень доходов и структурные особенности экономики. Анализ количественного состава типов выявил закономерность между типом отраслевой структуры экономики и уровнем доходов населения стран, выраженных через показатель ВВП на душу населения. Большинство стран с высокими доходами относится к типу отраслевой структуры экономики, который характеризуется повышенной долей третичного сектора и пониженной долей первичного сектора по отношению к среднемировым значениям их долей. Для типа, отраслевая структура экономики которого определяется повышенной долей первичного сектора и пониженной долей сектора промышленности по отношению к среднемировым значениям их долей, характерен ВВП на душу населения не выше среднего уровня.

Анализ результатов территориального распределения типов отраслевой структуры экономики позволил наметить перспективу для совместного исследования представителей физической и социально-экономи-



ческой ветвью географии. Обнаружена закономерность распределения выделенных типов отраслевой структуры экономики стран по условным поясам, удаляющимся от экватора.

Предложенные в статье экономические типы стран образуют однородные зоны, состоящие из нескольких стран. Эти результаты могут быть учтены при изучении экономических регионов мира.

В заключение можно сказать, что типология, построенная на совместном использовании показателя ВВП на душу населения и типа отраслевой структуры экономики, действительно отличается большей информативностью по отношению к одномерной классификации по показателю ВВП на душу населения. Обобщение основополагающих экономических показателей по странам мира, выраженное в 8 экономических типах, вероятно, будет способствовать более легкому решению ряда возможных академических и практических задач. Однако необходимо отметить, что ожидаемая однородность состава групп была достигнута не для каждого из выделенных типов. Два наиболее удаленных друг от друга выделенных экономических типа (1 и 8) нуждаются в дальнейшей доработке либо путем ввода дополнительных типобразующих признаков, либо с помощью детализации уже использованных.

Список литературы

1. Абдрахманова Г. И. и др. Энциклопедия статистических терминов. М., 2011.
2. Аброскин А. С., Аброскина Н. А. Отраслевые аспекты измерения и анализа теневой деятельности в российской экономике // Экономическое развитие России. 2019. № 2. С. 24–39.
3. Баранова Н. М., Сорокин Л. В. Роль научных исследований и разработок в устойчивом развитии экономики // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2017. № 11 (356). С. 2035–2048. <https://doi.org/10.24891/ni.13.11.2035>.
4. Горбанев В. А. Еще раз о единой географии // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 10 (52), ч. 4. С. 53–58. doi: 10.18454/IRJ.2016.52.121.
5. Гришин В. И., Устюжанина Е. В., Комарова И. П. ВВП как показатель социально-экономического развития: проблемы измерения и использования // Российский экономический журнал. 2018. № 4. С. 34–48.
6. Квасова Д. С. Теоретические аспекты секторного структурирования экономики // Вестник Брестского государственного технического университета. Сер.: Экономика. 2019. № 3. С. 39–44.
7. Лызлов Д. В. Преимущества и недостатки ВВП как показателя социально-экономического развития страны // Российский внешнеэкономический вестник. 2009. № 2. С. 32–40.
8. Лысенко Н. Н. Экономика отрасли : учеб. пособие. Южно-Сахалинск, 2020.
9. Максаковский В. П. Классификация и типология стран мира // География в школе. 2007. № 1. С. 4–9.
10. Молоканов В. М. Проблемы использования показателя ВВП как индикатора социально-экономического развития общества // Вопросы управления. 2019. № 5 (60). С. 178–188. doi: 10.22394/2304-3369-2019-5-178-188.
11. Плотников А. В. Роль цифровой экономики для агропромышленного комплекса // Московский экономический журнал. 2019. № 7. С. 196–203. doi: 10.24411/2413-046X-2019-17040.



12. Пономарев А. Б., Пикулева Э. А. Методология научных исследований. Пермь, 2014.
13. Ресурсная модель модернизации экономики: возможности и ограничения / В. Б. Кондратьев, П. А. Сергеев, В. К. Шульцева [и др.]. М., 2016.
14. Решетова У. П. Анализ структуры Российской экономики на современном этапе // Научное обозрение. Экономические науки. 2019. №3. С. 26–30.
15. Ahmad Z., Nisar L. Classifications of countries based on their standard of living // Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS). 2014. №1. С. 74–98.
16. Conceição P., Kovacevic M., Mukhopadhyay T. Human Development: A Perspective on Metrics // Measuring Human Capital. Academic Press, 2021. P. 83–115. doi: 10.1016/B978-0-12-819057-9.00007-X.
17. Mitrović M., Marković M., Zdravković S. Statistical Approach for Ranking OECD Countries Based on Composite GICSES Index and I-Distance Method // Emerging Trends in the Development and Application of Composite Indicators. IGI Global. 2017. P. 324–348.
18. *The World Factbook*. URL: <http://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/> (дата обращения: 17.02.2022).
19. UNCTAD. Конференция Организации Объединенных Наций по торговле и развитию. 2020. URL: https://unctad.org/system/files/official-document/s1mem4d23_ru.pdf (дата обращения: 15.05.2022).
20. World Bank. UNDP; UNICEF. A Roadmap for Countries Measuring Multidimensional Poverty. Equitable Growth, Finance and Institutions Insight. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35808> (дата обращения: 15.05.2022).

Об авторе

Анна Геннадьевна Волкова – асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.
E-mail: anlavr_7@mail.ru

A. G Volkova

SECTORAL COMPOSITION OF THE ECONOMY AS A TYPOLOGICAL ATTRIBUTE

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 14 April 2022

Accepted 19 July 2022

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-4

To cite this article: Volkova A. G. 2022, Sectoral composition of the economy as a typological attribute, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 52–67. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-4.

Structuring information is critical to learning the difference between the countries of the world. The typology is one of the scientific methods of systematizing information. Selecting a typological attribute becomes a major challenge of methodology for creating a typology due to the richness of information. This article provides an example of the typology of the countries



based on their types of sectoral composition of the economy. The research attempts at assessing the degree of the information richness of sectoral composition of the economy as typological attribute for economy typology. The article concern definitions «typology», «GDP», «sectoral composition of the economy», «servicization» and «tertiarization». The author offers some methodology to determine the types of sectoral composition of the economy and the thresholds for GDP. The article also analyzes relation between type of sectoral composition of the economy and income of the population expressed in GDP per capita. The economic types proposed the article form homogeneous areas, which include several countries. Types of sectoral structure of the world's economies are located on the world map with certain patterns.

Keywords: the typology, the countries of the world, socio-economic development, sectoral composition, composition of the economy, tertiarisation

The author

Anna G. Volkova, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: anlavr_7@mail.ru

УДК 663.18; 664.15

**М. И. Зимина¹, С. Ю. Носкова¹, Е. В. Ульрих², К. С. Афанасьева¹
Н. С. Федотовских³, О. В. Кригер¹**

**ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВЫХ АМИНОКИСЛОТ
ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ КОРИНЕБАКТЕРИЙ
НА СОЕВОЙ МЕЛАССЕ**

68

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

²Калининградский государственный технический университет»,

Калининград, Россия

³Закрытое акционерное общество «Содружество-Соя», Светлый, Россия

Поступила в редакцию 02.08.2022 г.

Принята к публикации 29.08.2022 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-5

Для цитирования: Зимина М.И., Носкова С.Ю., Ульрих Е.В., Афанасьева К.С., Федотовских Н.С., Кригер О.В. Особенности получения кормовых аминокислот при культивировании коринебактерий на соевой мелассе // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2022. №3. С. 68–92. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-5.

*В настоящее время соевые бобы и продукты переработки сои широко используются для получения пищевых продуктов и кормов для животных. Значительное содержание углеводов в соевой мелассе позволяет использовать ее в качестве компонента питательной среды для культивирования микроорганизмов, продуцирующих кормовые аминокислоты. Целью данной работы было изучение процесса биосинтеза кормовых аминокислот на среде из соевой мелассы с использованием штаммов бактерий рода *Corynebacterium glutamicum*. В качестве методов исследования использовались микроскопия, спектрометрия, рефрактометрия, рН-метрия и высокоэффективная жидкостная хроматография. Установлено, что при культивировании на соевой мелассе наибольшей способностью усваивать компоненты среды обладают штаммы *C. glutamicum* В-1002 и *C. glutamicum* В-1722. Добавление таких ростовых компонентов, как никотиновая кислота и NaCl, не оказывало значительного влияния на накопление биомассы *C. glutamicum* В-1002 и *C. glutamicum* В-1722. Доказано, что наилучшей средой для культивирования *C. glutamicum* является меласса, прошедшая весь технологический процесс и содержащая максимальное количество компонентов, необходимых для культивирования *C. glutamicum* и продуцирования кормовых аминокислот. На продукцию *C. glutamicum* кормовых аминокислот влияют такие факторы, как содержание сухих веществ и активная кислотность среды. Выявлено, что наилучшими продуцентами кормовых кислот являются штаммы *C. glutamicum* В-1002 и *C. glutamicum* В-1722, культивируемые на средах, составленных из соевой мелассы и дистиллированной воды в разведении 1:9.*



Ключевые слова: соевая меласса, *C. glutamicum* В-1002, *C. glutamicum* В-1722, *C. glutamicum* В-2306, кормовые аминокислоты, хроматограмма, культивирование, метаболиты

Введение

Известно, что семена сои служат сырьем для широкого спектра пищевых и кормовых продуктов [1]. Основным биохимическим компонентом семян сои является белок. Содержание белка колеблется в среднем от 38 до 42 % и в некоторых случаях может достигать до 50 %.

Содержание жиров колеблется от 16 до 27 %. Углеводы составляют 22–35 % и включают в себя сахарозу, декстрины, гемицеллюлозу, небольшое количество моносахаридов и клетчатки. Содержание крахмала незначительно, 1–1,5 %. Так же в семенах сои присутствуют антипитательные вещества: ингибиторы протеазы, лектины [2–4] (фитогемагглютеины), уреазы, липоксигеназа [5–7].

Концентрированный десольвентизированный водно-спиртовой экстракт, полученный при обезжиривании соевого лепестка, путем выпаривания очищают от спирта. Раствор концентрируют до вязкой консистенции. На выходе соевая меласса представляет коричневую вязкую жидкость, имеющую горьковато-сладкий вкус с характерным запахом. Соевая меласса является источником сахара, волокон и белков. Также в ней присутствуют микро и макроэлементы [8–10]. Однако может наблюдаться изменение содержания компонентов ввиду использования сырья различного географического происхождения, сезона уборки урожая, условий хранения, технологии переработки и других факторов [10; 11].

Проанализировав данные литературных источников и исследований в области переработки соевой мелассы, можно сделать вывод, что высокий процент содержания углеводов позволяет использовать соевую мелассу в качестве компонента питательной среды для культивирования микроорганизмов [12–15].

Поддержание и подготовка чистой культуры являются важной преферментационной стадией, так как продуцент и его физиологические и биохимические характеристики, свойства определяют эффективность всего биотехнологического процесса.

Производство аминокислот в виде высокоочищенных кристаллических препаратов строится по схеме, типичной для получения и выделения вторичных метаболитов. Наиболее распространенный одноступенчатый микробиологический синтез любой аминокислоты предполагает размножение в несколько стадий исходной культуры продуцента на агаризованной среде, выращивание в маточных колбах, размножение культуры в системе инокуляторов и посевных аппаратах [9; 10; 16–18].

В дальнейшем осуществляют выращивание культуры в производственных ферментерах. После завершения ферментации, как правило, после предварительной обработки культуральной жидкости с целью улучшения фильтруемости проводят отделение клеток продуцента. Полученный таким образом нативный раствор подвергают предварительной очистке от окрашенных примесей с использованием сорбционных методов [10–13].



Целевую аминокислоту выделяют с помощью ионного обмена или методом осаждения. Элюаты, или маточные растворы, концентрируют вакуум-выпаркой, образующиеся технические кристаллы готового продукта очищают путем перекристаллизации из насыщенного раствора. Завершается процесс получения кристаллического препарата, как правило, вакуум-сушкой очищенных кристаллов и их упаковкой [16].

Побочными продуктами такого производства могут быть различные кормовые препараты, производимые на основе не утилизируемых маточных растворов выделяемой аминокислоты и отработанной биомассы продуцента, предварительно объединенной с обедненными стоками ионообменных колонн производства, промывными водами, идущими на очистку технологического оборудования, а затем высушенной до остаточной влажности около 10 % [17].

При выпуске кормовых препаратов аминокислот с невысоким содержанием основного вещества (не более 10 %) технология их производства предусматривает только стабилизацию раствора культуральной жидкости перед вакуум-упариванием, концентрирование сухих веществ культуральной жидкости на вакуум-выпарной установке, стандартизацию упаренного раствора путем добавки соответствующего количества наполнителя, сушку готового продукта и его упаковку [16].

При получении технических или кормовых препаратов с повышенным содержанием основного вещества дополнительно могут осуществлять отделение клеток продуцента и частичное концентрирование аминокислоты в нативном растворе методом ионного обмена или осаждения [18].

Поскольку в одноступенчатом способе производства аминокислот в качестве продуцентов используются ауксотрофные мутанты, требующие для своего роста и биосинтеза вторичных метаболитов среды, содержащие легкоусваиваемые источники углерода, азота и такие биологически активные вещества, как витамины, его организация возможна только в строго асептических условиях. При этом особое внимание обращается не только на стерилизацию используемых питательных сред и подаваемого воздуха, всего технологического оборудования и коммуникаций, но и на строжайшее соблюдение всех регламентных требований, обеспечивающих строго асептическое промышленное культивирование данного микроорганизма [16].

Целью данной работы было изучение процесса биосинтеза кормовых аминокислот на среде из соевой мелассы с использованием штаммов бактерий рода *Corynebacterium glutamicum*.

Объекты и методы исследований

Одним из объектов исследований являются микроорганизмы *Corynebacterium glutamicum* В-1002, В-1722, В-2306.

C. glutamicum представляют собой неподвижные клетки, которые имеют палочковидную форму с булавовидными вздутиями, по окраске по Граму — грамположительные. Споры не образуют. При росте на твердой агаризованной среде через 2—4 суток роста образуют колонии диаметром 2—4 мм, белого или кремового цвета, поверхность гладкая, край ровный, текстура однородная. Тип дыхания — аэробный.



Штаммы *S. glutamicum* В-1002, В-1722 и В-2306 использовали в качестве продуцента аминокислоты. Скошенную агаризованную среду в пробирках засевают густым штрихом в условиях асептики и инкубируют в течение 24 ч при температуре 30–32 °С.

Состав питательного агара на 100 мл: пептон мясной ферментивный – 0,21 г, агар микробиологический – 1,22 г, натрий хлористый – 0,65 г, глюкоза – 0,63 г, натрий фосфорнокислый двузамещенный – 0,35 г, калий фосфорнокислый однозамещенный – 0,06 г. Доводят дистиллированной водой до 100 мл. Нагревают до полного растворения агара, при наличии осадка фильтруют, рН доводят до 7,3 ($\pm 0,1$), разливают по пробиркам и автоклавируют 20 мин при 121 °С, затем охлаждают до температуры 45–5 °С.

На основе этой культуры готовят на стерильной водопроводной воде суспензию плотностью 10^8 клеток на 1 мл (ориентировочно 8–10 мл воды на одну пробирку). Полученной суспензией засевают стерильную питательную среду в качалочных колбах. Посевные колбы выдерживают на качалках в течение суток при температуре 30 °С.

При подготовке инокулята происходит ступенчатое увеличение биомассы. Поэтому могут использоваться один или несколько инокуляторов, возрастающих по объему. При периодическом способе получения посевной культуры независимо от количества стадий длительность выращивания продуцента на каждой стадии составляет 16–24 ч.

Второй способ – непрерывное получения посевного материала. Обновление исходной культуры и первые этапы размножения культуры осуществляют в лабораторных условиях.

Выращивание культуры проводили на специальном лабораторном стенде в небольших аппаратах с автоматическим регулированием заданных параметров. Данный способ позволил значительно увеличить количество получаемой культуры и, следовательно, сократить время выращивания производственной культуры за счет увеличения дозы посевного материала.

Второй объект исследования – соевая меласса, концентрат экстрактивных веществ, выработанный в результате производства соевого белкового концентрата на предприятии по переработке сои ООО «Содружество Протеин», располагающемся на территории Калининградской области и входящем в группу компаний «Содружество-Соя».

Проба соевой мелассы, отобранная из концентратора, имела темно-коричневый цвет, высокую плотность, условная масса на объем определялась в пределах 1,1–1,3 г/мл согласно ISO 6883-2017 [8]. В продукте отсутствовал этанол, используемый в технологическом процессе производства соевого белкового концентрата. Содержание сухих веществ колебалось в пределах 60–68 %.

Культивирование проводили в колбах объемом 250 мл (100 мл среды), без перемешивания, в термостате при температуре 34 °С.

Для идентификации полученных штаммов проводилось микроскопирование и окраска по Грамму.

Для более детального изучения клеток микроорганизмов использовали микроскопирование с применением фиксированного препарата. Для этого брали мазок с колонии *S. glutamicum*, высушивали, окрашивали, наносили иммерсионное масло и микроскопировали.



Оптическая плотность — это мера непрозрачности вещества для световых лучей или мера пропускания света для прозрачных объектов и отражения непрозрачных. Измерение оптической плотности производилось на спектрофотометре SmartSpec Plus, США. Прибор представляет собой сканирующий настольный спектрофотометр, работающий в УФ/видимом диапазоне длин волн от 200 nm до 800 nm. Принцип действия основан на сравнении двух световых потоков: полного, соответствующего 100% коэффициента пропускания (нулю оптической плотности), и ослабленного при прохождении через исследуемый образец.

Определение сухих веществ (СВ) проводили при помощи цифрового рефрактометра Hanna HI 96801, предназначенного для измерения содержания сахара в водных растворах в % Брикс. HI96801 производит измерения с точностью $\pm 0,2\%$ Брикс. Проводит измерения образцов на основе их показателя преломления. Показатель преломления является характеристикой поведения света при прохождении через образец. В зависимости от состава образца свет по-разному преломляется и отражается. Проецируя характеристики света на линейный датчик изображения, можно измерять показатель преломления образца, а полученное значение использовать для определения физических свойств образца, таких как концентрация и плотность.

Измерение pH среды производилось с помощью pH метра Checher pH Tester HI 98103. Данный прибор обеспечивает быстрые и точные показания от 0 до 14 pH с разрешением 0,1 pH, точность $\pm 0,2$ pH. pH-метр снабжен легко-читаемым жидкокристаллическим дисплеем и легко калибруется по двум точкам.

Качественный и количественный анализ аминокислот проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Хроматограф состоял из дегазатора, насоса, автосемплера, колонки и детектора. Пробы разводили в воде, с добавлением внутреннего стандарта, далее фильтровали в вialу и помещали в ячейку автосемплера. Результатом анализа являлись хроматограммы, по площадям пиков рассчитывалось количество аминокислот. В работе использовали жидкостный хроматограф LC-20AB «Shimadzu» с двойным насосом, автосемплером и диодно-матричным детектором. Использовалась колонка Zorbax Eclipse XDB-C18 4.6x150 mm, 5 μ m (Agilent), осуществлялся градиентный режим элюирования с метанолом и ацетатом натрия при температуре 35 °С, аналитическая длина волны 338 nm, объем пробы составлял 5 мкл.

Результаты и их обсуждение

Для проведения оценки количественного содержания аминокислот в исходном образце соевой мелассы был проведен хроматографический анализ контрольного образца. На образце концентрированной соевой мелассы, отобранном на предприятии ООО «Содружество-Протеин», было измерено содержание сухих веществ на рефрактометре Hanna HI 96801. Оно составило 63 %, условная масса на объем от 1,247 г/мл определена согласно ISO 6883—2017 [8] Замер содержания этанола производился на ареометре, содержание данного вещества 0,0 %.



Проба для проведения хроматографического анализа разбавлялась дистиллированной водой, центрифугировалась и отфильтровывалась. Градуировочные графики получены на стандартном образце (Sigma Aldrich) смеси аминокислот. Сравнение по выходу аминокислот проводили по стандартному образцу аминокислот, хроматограмма стандартного образца представлена на рисунке 1, хроматограмма исследуемого контрольного образца соевой мелассы — на рисунке 2, результаты хроматографического анализа — в таблице 1.

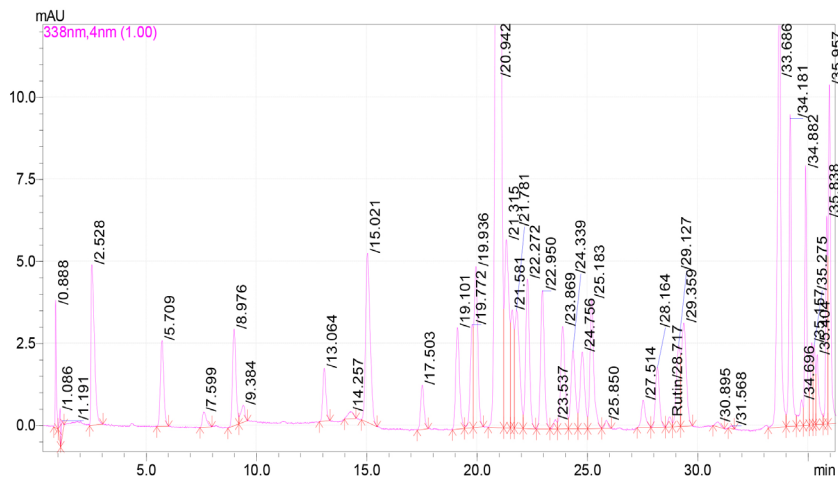


Рис. 1. Хроматограмма стандартного образца аминокислот

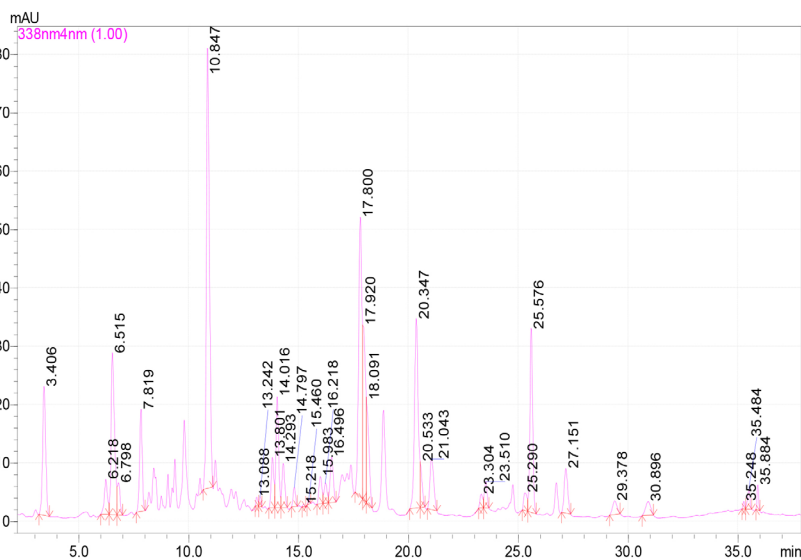


Рис. 2. Хроматограмма контрольного образца соевой мелассы



Таблица 1

Расчетные значения содержания аминокислот в контрольном образце соевой мелассы по результатам хроматографического анализа

Аминокислота	Содержание в контрольном образце, мкг/мл
1. Аспарагиновая кислота	12,3
2. Глутаминовая кислота	54,0
3. Серин	19,4
4. Глицин	11,14
5. Гистидин	51,05
6. Треонин	7,82
7. Аланин	25,04
8. Метионин	13,85
9. Фенилаланин	26,20
10. Лейцин и изолейцин	19,02
11. Лизин	4,05

74

Далее проводили эксперимент по сравнению культивирования бактерий *S. glutamicum* на синтетической среде и среде из соевой мелассы с разными ее концентрациями.

Используемая в опыте соевая меласса обладает высокой вязкостью и плотностью. Исходное значение содержания сухих веществ в образце колебалось в пределах 50–60%. Данное значение превышает необходимую концентрацию для оптимального роста культуры, экономически выгодную по содержанию углеводов (6–12%) для развития *S. glutamicum*, что может отрицательно влиять на рост культуры и нести неоправданно высокие экономические затраты. Поэтому для проведения опыта необходимо произвести разбавление мелассы и подобрать оптимальную ее концентрацию по содержанию сухих веществ. Для разбавления мелассы использовалась дистиллированная вода.

В ходе опыта были составлены 4 варианта жидких сред объемом 100 мл.

1. Синтетическая среда – пептон (0,5 г), NaCl (0,5 г), дрожжи (0,25 г), вода дистиллированная;

2. Меласса соевая + вода дистиллированная (25/75 %);

3. Меласса соевая + вода дистиллированная (15/85 %);

4. Меласса соевая + вода дистиллированная (10/90 %).

В составленных средах производился замер содержания сухих веществ и pH среды.

Подготовленные среды стерилизовали путем автоклавирования (стерилизация насыщенным паром под давлением) в течение 20 мин, затем среда остужалась до комнатной температуры. Посевной материал, выращенный на скошенных средах, переносился в жидкую среду в ламинарном боксе, обеспечивающем стерильные условия для исключения контаминации изучаемых образцов. Для переноса посевного материала использовалась пипетка одноканальная переменного объема Термо Фишер Сайентифик Лайт 1–10 мкл.

Далее культуральная жидкость помещалась в термостат с постоянной температурой 34°C. Культивирование проводилось без перемешивания и без дополнительного подсвечивания. Контрольные замеры производились через 72 и 144 ч (табл. 2).

Результаты культивирования *S. glutamicum* на синтетической среде

Образец	СВ в начале культивиро- вания, %	Время культивирования, ч					
		72			144		
		СВ, %	Обсе- менность, cell/ml	Плотность, кг/м ³	СВ, %	Обсе- менность, cell/ml	Плотность, кг/м ³
<i>Штамм В-1002</i>							
1.1	3,9	4,3	$7,6 \cdot 10^8$	1,512	4,3	$9,8 \cdot 10^8$	1,953
1.2	13,8	16,0	$2,0 \cdot 10^9$	4,000	16,5	$2,0 \cdot 10^9$	4,000
1.3	10,4	12,1	$2,0 \cdot 10^9$	4,000	11,9	$2,0 \cdot 10^9$	4,000
1.4	8,1	8,7	$2,0 \cdot 10^9$	3,889	8,7	$2,0 \cdot 10^9$	4,000
<i>Штамм В-1722</i>							
2.1	2,6	3,2	$7,2 \cdot 10^8$	1,447	3,2	$7,9 \cdot 10^8$	1,580
2.2	16,4	17,3	$2,0 \cdot 10^9$	4,000	18,5	$2,0 \cdot 10^9$	4,000
2.3	9,4	10,6	$2,0 \cdot 10^9$	4,000	10,8	$2,0 \cdot 10^9$	4,000
2.4	6,7	7,3	$1,9 \cdot 10^9$	3,723	7,3	$2,0 \cdot 10^9$	4,000
<i>Штамм В-2306</i>							
3.1	2,9	3,2	$4,6 \cdot 10^8$	0,911	2,9	$5,9 \cdot 10^8$	1,170
3.2	16,5	17,4	$2,0 \cdot 10^9$	4,000	18,2	$2,0 \cdot 10^9$	4,000
3.3	9,5	10,7	$2,0 \cdot 10^9$	4,000	11,9	$2,0 \cdot 10^9$	4,000
3.4	6,6	6,7	$2,0 \cdot 10^9$	4,000	6,9	$2,0 \cdot 10^9$	4,000

Исходя из табличных данных видно, что обсемененность на синтетической среде ниже, чем на средах из соевой мелассы. За 72 ч обсемененность синтетической среды штамма 1002 составила $7,6 \cdot 10^8$ cell/ml, рост содержания сухих веществ составил 10 % от исходного значения, с 3,9 до 4,3 %. На среде из соевой мелассы обсемененность за 72 ч составила $2 \cdot 10^9$ cell/ml, с наибольшим ростом значения сухих веществ на соевой мелассе с наименьшим разбавлением и составило 15,9 % от исходного значения, с 13,8 до 16,0 %. За 144 часа значение обсемененности на соевой мелассе осталось неизменным, содержание сухих веществ изменилось незначительно. На синтетической среде отмечается рост обсемененности до $9,8 \cdot 10^8$ cell/ml, без изменения содержания сухих веществ.

За 72 ч обсемененность синтетической среды штамма 1722 составила $7,2 \cdot 10^8$ cell/ml, рост содержания сухих веществ составил 23 % от исходного значения, с 2,6 до 3,2 %. На среде из соевой мелассы обсемененность за 72 ч составила $2 \cdot 10^9$ cell/ml, а на среде с наибольшим разбавлением – $1,9 \cdot 10^9$ cell/ml, с наибольшим ростом значения сухих веществ на соевой мелассе с разбавлением 15/85 % и составило 12,7 % от исходного значения, с 9,4 до 10,6 %. За 144 ч значение обсемененности на синтетической среде выросло до $7,9 \cdot 10^8$ cell/ml, содержание сухих веществ не изменилось. На средах из соевой мелассы в двух пробах значение обсемененности осталось неизменным, на среде с максимальным разведением достигло $2 \cdot 10^9$ cell/ml, наибольший прирост по содержанию сухих веществ прослеживается в образце с наименьшим разбавлением.

За 72 ч обсемененность синтетической среды штамма 2306 составило $4,6 \cdot 10^8$ cell/ml, рост содержания сухих веществ незначительный, за 144 ч



наблюдается уменьшение содержания сухих веществ при увеличении обсемененности до $5,9 \cdot 10^8$ cell/ml. На среде из соевой мелассы обсемененность за 72 ч составила $2 \cdot 10^9$ cell/ml с наибольшим ростом значения сухих веществ на соевой мелассе с разбавлением 15/85 % и составила 12,6 %; с разбавлением 9,5 до 10,7 % на этом образце наблюдается наибольший рост значения сухих веществ за 144 ч.

Штаммы *S. glutamicum* В-1002 и В-1722 имеют больший по сравнению со штаммом В-2306 прирост по содержанию сухих веществ на всех средах.

Исходя из данных первого опыта видно, что химический состав соевой мелассы для культивирования бактерий *S. glutamicum* является оптимальным, содержание сухих веществ в ней растет во время культивации.

Изменение концентрации соевой мелассы не имеет видимого влияния на обсемененность среды.

Следующим этапом эксперимента является подборка питательной среды из соевой мелассы с добавлением дополнительных источников питания для увеличения роста численности бактерий в среде.

Для данного этапа эксперимента были составлены 4 варианта жидких сред для культивирования выбранных штаммов *S. glutamicum* В-1002 и В-1722. Объем сред 100 мл.

1. Меласса соевая + вода дистиллированная (75/25 %).
2. Меласса соевая + вода дистиллированная (75/25 %) + NaCl 5 г.
3. Меласса соевая + вода дистиллированная (75/25 %) + никотиновая кислота 0,1 мл.
4. Меласса соевая + вода дистиллированная + NaCl + никотиновая кислота (75/25 %) + 5 г + 0,1 мл.

В составленных средах производился замер содержания сухих веществ и pH среды.

Подготовленные среды стерилизовались путем автоклавирования (стерилизация насыщенным паром под давлением) в течении 20 мин, затем среда остужалась до комнатной температуры.

Посевной материал, выращенный на скошенных средах, переносился в жидкую среду в ламинарном боксе, обеспечивающем стерильные условия для исключения контаминации изучаемых образцов. После среды с перенесенной культурой помещается в термостат с постоянной температурой 30 °С. Культивирование проводилось без перемешивания и без дополнительного подсвечивания.

Результаты измерений показателей приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты культивирования *S. glutamicum* на среде из соевой мелассы с добавлением дополнительных источников питания

Образец	СВ в начале культивирования, %	Время культивирования, ч			
		72		144	
		СВ, %	Обсемененность, cell/ml	СВ, %	Обсемененность, cell/ml
<i>Штамм В-1002</i>					
1	22,6	24,8	$2,0 \cdot 10^9$	21,6	$2,0 \cdot 10^9$
2	23,0	23,3	$2,0 \cdot 10^9$	23,4	$2,0 \cdot 10^9$



Образец	СВ в начале культивирования, %	Время культивирования, ч			
		72		144	
		СВ, %	Обсемененность, cell/ml	СВ, %	Обсемененность, cell/ml
3	22,8	22,5	$2,0 \cdot 10^9$	23,4	$2,0 \cdot 10^9$
4	23,1	23,5	$2,0 \cdot 10^9$	19,2	$2,0 \cdot 10^9$
<i>Штамм В-1722</i>					
1	21,4	23,7	$2,0 \cdot 10^9$	24,0	$2,0 \cdot 10^8$
2	21,8	23,4	$2,0 \cdot 10^9$	23,2	$2,0 \cdot 10^9$
3	20,5	24,3	$2,0 \cdot 10^9$	24,8	$2,0 \cdot 10^9$
4	23,0	23,4	$2,0 \cdot 10^9$	24,5	$2,0 \cdot 10^9$

77

В результате полученных данных видно, что на всех жидких средах оба штамма имеют идентичную обсемененность, из чего можно сделать вывод что выбранные дополнительные источники питания значимой роли в развитии бактерий *S. glutamicum* на среде из соевой мелассы, при разбавлении ее дистиллированной водой в соотношении 1 : 3, не играют.

Анализируя изменение концентрации сухих веществ на штамме В-1002, можно увидеть, что в среде без добавления солей и витаминов содержание сухих веществ на третьи сутки выросло на 9,7 % с 22,6 до 24,8 %, но за 144 ч концентрация сухих веществ уменьшилась до 21,6 %. В среде с добавлением NaCl значительных изменений в содержании сухих веществ нет. На третьи сутки содержание сухих веществ выросло на 1,3 %, а за 144 ч на 1,7 % от исходного значения. На среде с добавлением витаминов за 72 ч содержание сухих веществ уменьшилось на 0,99 %, а за 144 ч выросло на 2,6 % от исходного значения. На среде с добавлением солей и витаминов концентрация сухих веществ за 72 ч выросла на 1,7 %, а за 144 ч уменьшилась на 16,9 % от исходного значения. Можно сделать вывод, что внесение дополнительных источников питания на развитие *S. glutamicum* В-1002 в среде из соевой мелассы явного влияния не имеет. Но внесение дополнительных элементов питания влияет на содержание сухих веществ, что может быть связано с концентрацией продуктов метаболизма. Графически данные представлены на рисунке 3.

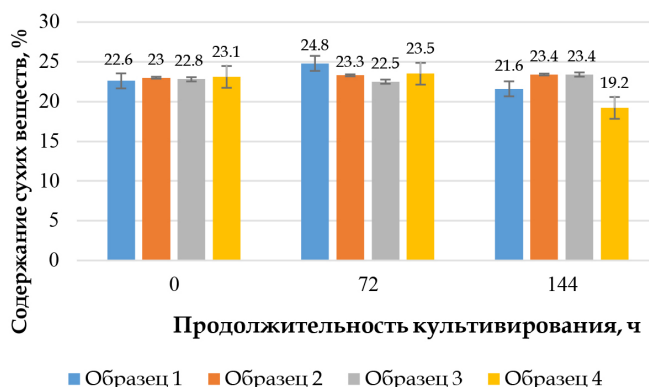


Рис. 3. Зависимость содержания сухих веществ в исследуемых образцах в зависимости от продолжительности культивирования штамма В-1002

При культивировании *S. glutamicum* штамм В-1722 на среде из соевой мелассы разбавленной дистиллированной водой в соотношении 1:2 наблюдается рост содержания сухих веществ за 72 ч на 10,8 %, а за 144 ч 12,2 % от исходного содержания. На среде с добавлением NaCl наблюдался рост сухих веществ на 7,3 % за 72 ч от исходного содержания, и за 144 ч рост от исходного значения составил 6,4 %.

В среде с добавлением витаминов рост сухих веществ составил 18,5 % за 72 ч и 20,9 % за 144 ч по отношению к исходной концентрации. На среде с добавлением NaCl и витамина содержание сухих веществ за 72 ч выросло незначительно, на 1,7 %, а за 144 ч на 6,5 % по отношению к исходной концентрации сухих веществ.

Наибольший рост сухих веществ наблюдается в среде с добавлением витамина. Графически данные представлены на рисунке 4.

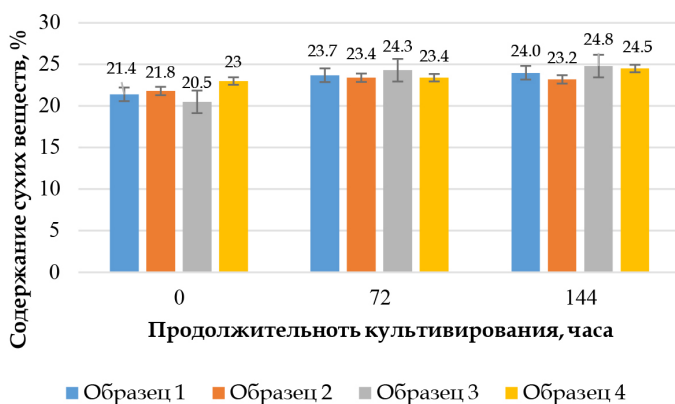


Рис. 4. Зависимость содержания сухих веществ в исследуемых образцах в зависимости от продолжительности культивирования штамма В-1722

Рост содержания сухих веществ в культуральной жидкости свидетельствует о процессах метаболизма, происходящих в результате роста численности бактерий *S. glutamicum*. В зависимости от штамма добавление NaCl и витамина по-разному повлияло на концентрацию сухих веществ в ходе культивирования в течение 72 и 144 ч, что обусловлено особенностью усвоения и переработки веществ выбранными штаммами.

После культивирования микроорганизмов в течение 144 ч был произведен анализ на содержание аминокислот в исследуемых образцах мелассы, разбавленной дистиллированной водой 1:3 без добавления солей и витаминов.

Идентифицировали аминокислоты по временам удерживания. Концентрацию аминокислот рассчитывали по градуировочным графикам зависимости площади пика аминокислот от концентрации.

Градуировочные графики получены на стандартном образце (Sigma Aldrich) смеси аминокислот. Хроматограмма стандартной смеси аминокислот показана на рисунке 5.

Времена удерживания нескольких аминокислот приведены в таблице 4, экспериментальные данные для получения линейных градуировочных зависимостей аминокислот — в таблице 5.



Аминокислота	Концентрация аминокислот, нмоль/мл	Площадь пика, отн. ед.
4. Глицин	50	20700
	100	40348
	100	41024
	150	57304
	200	74614
5. Аланин	200	76018
	100	43605
	100	40240
	150	65432
6. Аргинин	200	91366
	50	17953
	100	35766
	100	35533
	150	49459
7. Лизин	200	65389
	200	70293
	10	7728
	20	14504
	50	36162
7. Лизин	100	68313
	200	137705

Для хроматографического анализа пробы мелассы разбавлялись в 2 раза и центрифугировались для отделения осадка, затем пробы дополнительно отфильтровывались. Хроматограммы культуральной жидкости представлены на рисунке 6 и 7, площади идентифицированных аминокислот — в таблице 6.

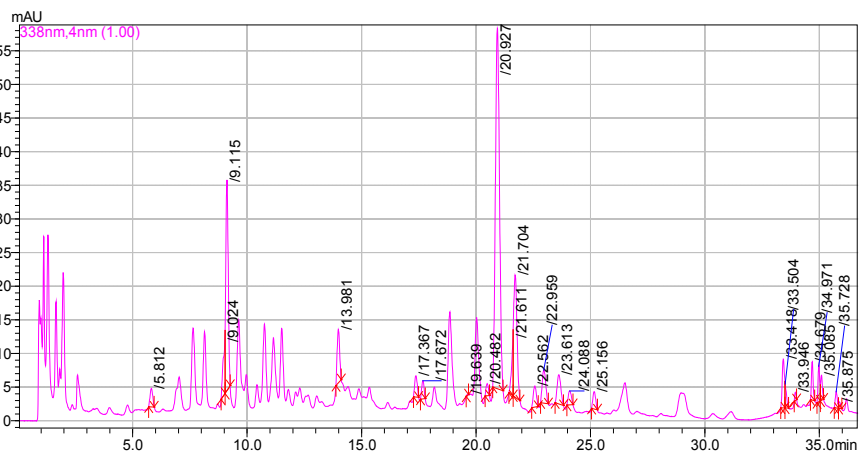


Рис. 6. Хроматограмма выхода аминокислот на соевой мелассе с культивированием *S. glutamicum* штамм В-1001

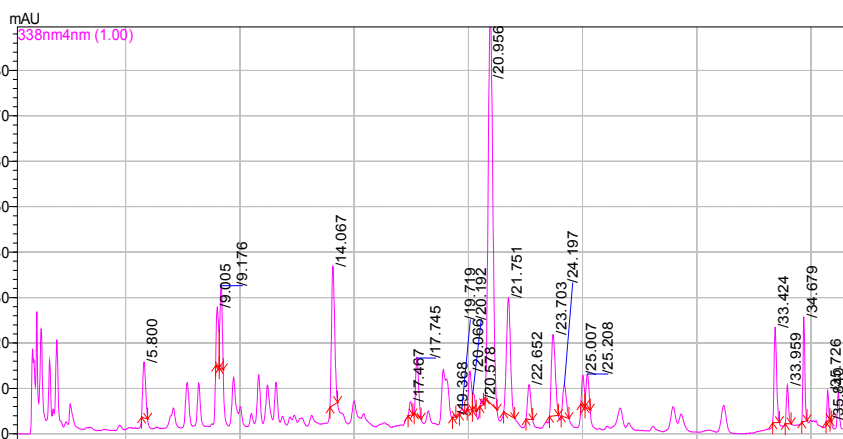


Рис. 7. Хроматограмма выхода аминокислот на соевой мелассе с культивированием *C. glutamicum* штамм В-1722

Таблица 6

Площади пиков аминокислот в пробах соевой мелассы

Аминокислота	Площадь пика аминокислоты в мелассе, отн. ед.	
	<i>C. glutamicum</i> В-1001	<i>C. glutamicum</i> В-1722
1. Аспарагиновая кислота	21 951	104 685
2. Глутаминовая кислота	49 587	93 839
3. Серин	60 495	287 394
4. Глицин	19 374	111 726
5. Аланин	48 833	212 109
6. Аргинин	19 577	76 508

Исходя из данных, полученных путем определения содержания аминокислот методом жидкостной хроматографии, было установлено, что бактерии *C. glutamicum* способны синтезировать аминокислоты на субстрате, состоящем из соевой мелассы.

Используя уравнения, полученные при помощи построения градуировочных графиков, на основе данных контрольного образца были рассчитаны концентрации, содержащиеся в культуральной жидкости с площадями пика по каждому штамму (табл. 7).

Таблица 7

Расчетные значения концентрации аминокислот в культуральной жидкости, продуцируемые штаммами *C. glutamicum* В-1002 и В-1722

Аминокислота	Площадь пика аминокислоты в мелассе, отн. ед.		Расчетное значение концентрации аминокислоты, нмоль/мл	
	В-1002	В-1722	В-1002	В-1722
1. Аспарагиновая кислота	21951	104685	69,25	295,72
2. Глутаминовая кислота	49587	93839	138,10	256,64



Аминокислота	Площадь пика аминокислоты в мелассе, отн. ед.		Расчетное значение концентрации аминокислоты, нмоль/мл	
	В-1002	В-1722	В-1002	В-1722
3. Серин	60495	287394	1,54	7,77
4. Глицин	19374	111726	43,08	301,18
5. Аланин	48833	212109	112,01	462,98
6. Аргинин	19577	76508	53,38	227,42
7. Лизин	1716	14203	0,99	19,30

82

Исходя из данных, представленных в таблице 7, можно сделать вывод о том, что для штамма В-1001 наибольшую концентрацию из определенных аминокислот составила глутаминовая кислота (равна 138,1 нмоль/л), а наименьшая концентрация серина – 1,54 нмоль/л. Для штамма В-1722 наибольшую концентрацию составила аминокислота аланин (462,98 нмоль/л), а наименьшая концентрация аминокислоты серин равна 7,77 нмоль/л.

По концентрации синтезированных аминокислот видно, что штамм *S. glutamicum* В-1722, культивируемый на одинаковых средах, в одинаковых условиях имеет более высокую продуктивность, чем штамм *S. glutamicum* В-1002.

Так, содержание аспаргиновой кислоты для штамма В-1722 по сравнению со штаммом В-1002 больше в 4,3 раза, глутаминовой кислоты – в 1,9 раз, серина – в 5 раз, глицина – в 7 раз, аланина – в 4,1 раза, аргинина – в 4,3 раза, лизина – в 19 раз. Следовательно, культивирование *S. glutamicum* штамм В-1722 может быть экономически выгодно при получении аминокислот. Для проведения оценки полученного количества аминокислот были проведены расчеты, результаты которых представлены в таблице 8.

Таблица 8

**Расчетное значение аминокислот в культуральных жидкостях,
продуцируемых *S. glutamicum* штаммами В-1001 и В-1722**

Аминокислота	Штамм <i>S. glutamicum</i> В-1001, мкг/мл	Штамм <i>S. glutamicum</i> В-1722, мкг/мл
1. Аспарагиновая кислота	18,434	78,720
2. Глутаминовая кислота	40,619	75,503
3. Серин	16,184	81,657
4. Глицин	6,470	45,238
5. Треонин	следы	8,383
6. Аланин	19,960	82,502
7. Аргинин	18,596	79,233
8. Тирозин	21,503	49,928
9. Метионин	5,067	
10. Валин	2,787	10,290
11. Триптофан	38,473	118,049



Аминокислота	Штамм <i>C. glutamicum</i> В-1001, мкг/мл	Штамм <i>C. glutamicum</i> В-1722, мкг/мл
12. Фенилаланин	23,284	95,555
13. Изолейцин	24,268	
14. Лейцин	13,090	
15. Лизин	5,640	28,706

По анализу данных аминокислот, идентифицированных хроматографическим методом, можно сделать вывод, что бактерии рода *C. glutamicum* способны синтезировать широкий спектр аминокислот на среде, состоящей из соевой мелассы.

Далее для эксперимента были приняты следующие разведения: соевая меласса + дистиллированная вода в соотношении 2:8 и соевая меласса + дистиллированная вода в соотношении 1:9. Данные разведения соответствуют требованиям технологии культивирования *C. glutamicum* по содержанию сухих веществ в среде в диапазоне 6–15 %.

В среды дополнительно вводился 2 % раствор гидроксида натрия для установления различных уровней рН в исходных средах. Оптимальный уровень рН при культивировании бактерий рода *C. glutamicum* находился в диапазоне 6–7 ед.

На данном этапе проверялась теория влияния рН среды на потребление сухих веществ бактериями и их влияния на изменение рН в культуральной жидкости в начале культивирования.

Исходные показатели питательных сред из соевой мелассы представлены в таблице 9.

Таблица 9

Исходные показатели питательных сред из соевой мелассы

Среда	Содержание сухих веществ, %	Исходное значение рН	Количество добавленного 2 %-ного NaOH, мл	рН после добавления 2 %-ного NaOH
<i>Разведение 1:9</i>				
Образец 1: соевая меласса + дистиллированная вода	10,7	5,7	–	5,7
Образец 2: соевая меласса + дистиллированная вода	10,6		4,0	6,5
Образец 3: соевая меласса + дистиллированная вода	10,6		5,0	7,0
<i>Разведение 2:8</i>				
Образец 4: соевая меласса + дистиллированная вода	15,3	5,6	–	5,6
Образец 5: соевая меласса + дистиллированная вода	15,5		6,2	6,5
Образец 6: соевая меласса + дистиллированная вода	15,4		7,0	7,0



Подготовленные среды стерилизуются путем автоклавирования (стерилизация насыщенным паром под давлением) в течение 20 мин, затем среда остывает до комнатной температуры.

Посевной материал, выращенный на скошенных средах, переносится в жидкую среду в ламинарном боксе, обеспечивающем стерильные условия для исключения контаминации изучаемых образцов. После среды с перенесенной культурой он помещается в термостат с постоянной температурой 30 °С. Культивирование проводится без перемешивания и без дополнительного подсвечивания. Контрольные измерения СВ и pH производились через 72 и 144 ч, результаты измерений представлены в таблицах 10 и 11.

Таблица 10

Значения показателей СВ и pH в культуральной жидкости при разведении соевой мелассы 1:9

Среда	72 ч		144 ч	
	СВ, %	pH	СВ, %	pH
Образец 1: соевая меласса + дистиллированная вода	8,4	4,4	9,6	4,5
Образец 2: соевая меласса + дистиллированная вода	10,2	4,5	10,1	4,5
Образец 3: соевая меласса + дистиллированная вода	9,0	4,5	9,0	4,6

Таблица 11

Значения измеряемых показателей в культуральной жидкости при разведении соевой мелассы 2:8

Среда	72 ч	144 ч	72 ч	144 ч
	СВ, %		pH	
Образец 4: соевая меласса + дистиллированная вода	16,6	4,6	16,6	4,7
Образец 5: соевая меласса + дистиллированная вода	14,5	4,8	15,3	4,7
Образец 6: соевая меласса + дистиллированная вода	12,5	4,9	15,0	4,9

Анализ табличных данных показал, что на образце 1 отмечается уменьшение сухих веществ при культивировании в течение 72 ч, их содержание уменьшилось на 21,5 % по отношению к исходному, с 10,7 до 8,4 %, рост концентрации сухих веществ наблюдается с 72 ч к 144 ч, и составляет 14,3 % от значения за 72 ч.

При исследовании образца 2 прослеживается уменьшение сухих веществ за 72 ч на 4 % от исходного значения, с 10,6 %, до 10,2 %, и продолжается к 144 ч, составив 10,1 % сухих веществ.

При исследовании образца 3 потребление сухих веществ за 72 ч составило 16 % от исходного значения и изменилось с 10,6 до 9,0 %. При замере показаний через 144 ч содержание сухих веществ не изменилось. Графические данные представлены на рисунке 8.



Во всех образцах наблюдается изменения показателя рН в сторону кислой среды.

Из табличных данных видно, что в образце 4 содержание сухих веществ выросло за 72 ч на 8,5 %, с 15,3 до 16,6 %. При продолжении опыта через 144 ч содержание сухих веществ осталось на уровне, соответствующем 72 ч.

В пробе с образцом 5 наблюдается потребление микроорганизмами сухих веществ через 72 ч, их содержание уменьшилось на 6,5 % относительно первоначального значения, с 15,5 до 14,5 %. Через 144 ч наблюдается увеличение содержания сухих веществ по отношению к данным за 72 ч на 5,5 %, с 14,5 до 15,3 % сухих веществ, но относительно исходного значения сухих веществ их значение уменьшилось на 1,3 %.

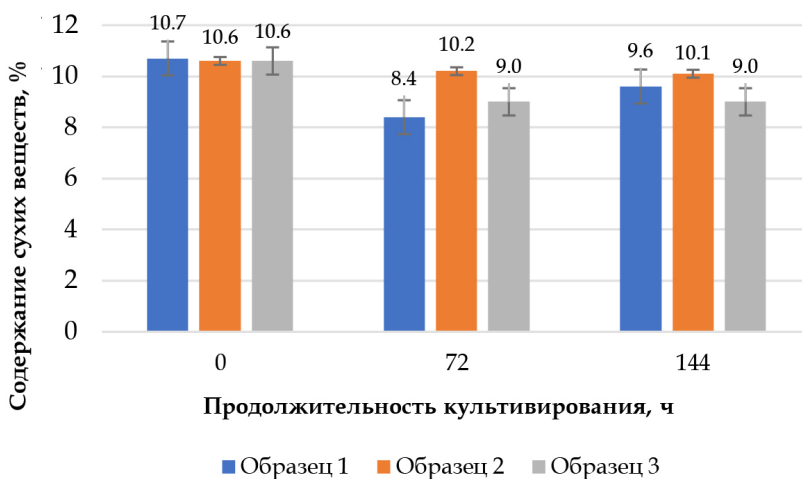


Рис. 8. Зависимость содержания сухих веществ в исследуемых образцах при разведении 1:9 с разным исходным значением рН в зависимости от продолжительности культивирования

В образце 6 наблюдается уменьшение содержания сухих веществ через 72 ч на 18,8 %, с 15,4 до 12,5 %. Через 144 ч содержание сухих веществ увеличилось на 12 % относительно значения, соответствующего 72 ч, а относительно исходных данных содержание сухих веществ уменьшилось на 2,6 %, с 15,4 до 15,0 % сухих веществ в пробе. Графические данные представлены на рисунке 9.

Во все пробах показатель рН сдвинулся в кислую сторону. Наибольшее изменение рН среды наблюдается в образце 6 — изменилось с нейтральной на кислую.

На основе из анализа данных можно сделать вывод, что наибольшие изменения в концентрации сухих веществ наблюдались для образцов 1 и 6.

Значения оптической плотности анализируемых образцов представлены в таблице 12. Длина волны для анализа составляла 1000 нм.

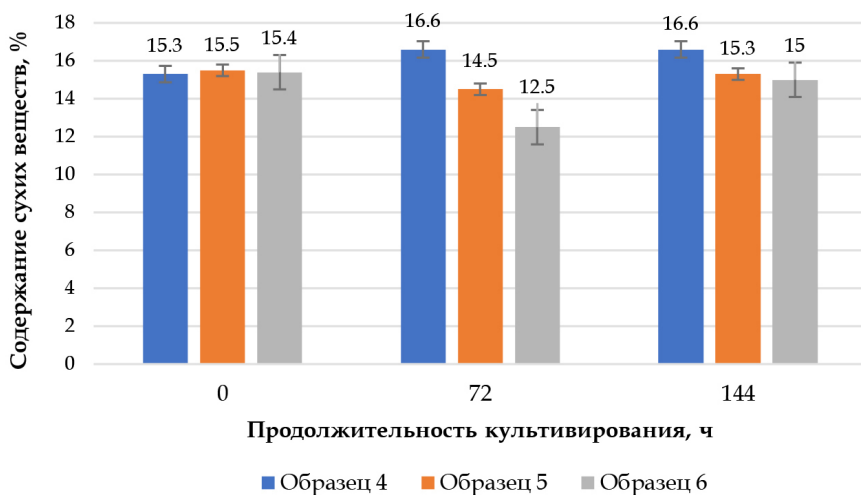


Рис. 9. Зависимость содержания сухих веществ в исследуемых образцах при разведении 2:8 с разным исходным значением рН в зависимости от продолжительности культивирования

Таблица 12

Значения оптической плотности анализируемых образцов культуральных жидкостей

Образец	Оптическая плотность		
	0 ч	72 ч	144 ч
<i>Разведение 1:9</i>			
Образец 1	1,12	1,44	1,76
Образец 2		1,50	1,76
Образец 3		1,61	1,82
<i>Разведение 2:8</i>			
Образец 4	1,15	1,36	1,56
Образец 5		1,67	2,00
Образец 6		1,39	1,67

Из полученных данных видно, что оптическая плотность в образцах увеличивалась в течение культивирования, что может свидетельствовать об увеличении количества бактерий в культуральной жидкости. В образце 1 оптическая плотность увеличилась на 28,6 % за 72 ч по отношению к исходному значению, и за 144 ч на 57,0 % к исходному значению. Оптическая плотность образцов, культивируемых 72 ч, увеличилась на 22 % через 144 ч культивирования.

В образце 2 за 72 ч оптическая плотность увеличилась на 31,6 % от исходного значения, а за 144 ч — на 57,0 %. Относительно культивирования в течение 72 ч к 144 ч оптическая плотность увеличилась на 17,3 %.

В образце 3 за 72 ч оптическая плотность увеличилась на 43,8 % от исходного значения, а за 144 ч — на 62,5 %. Относительно культивирования в течение 72 ч к 144 ч оптическая плотность увеличилась на 13,0 %.



В образце 4 за 72 ч оптическая плотность увеличилась на 18,3 % от исходного значения, а за 144 ч — на 35,7 %. Относительно культивирования в течение 72 ч к 144 ч оптическая плотность увеличилась на 14,7 %.

В образце 5 за 72 ч оптическая плотность увеличилась на 45,2 % от исходного значения, а за 144 ч — на 73,9 %. Относительно культивирования в течение 72 ч к 144 ч оптическая плотность увеличилась на 19,7 %.

В образце 6 за 72 ч оптическая плотность увеличилась на 20,9 % от исходного значения, а за 144 ч — на 45,2 %. Относительно культивирования в течение 72 ч к 144 ч оптическая плотность увеличилась на 20,1 %.

После продолжительности культивирования 144 ч производился анализ содержания аминокислот в исследуемых образцах хроматографическим методом. Для хроматографического анализа пробы мелассы разбавлялись в 2 раза и центрифугировались для отделения осадка, затем пробы дополнительно отфильтровались. Идентифицировали аминокислоты по временам удерживания. Концентрацию аминокислот рассчитывали по градуировочным графикам зависимости площади пика аминокислот от концентрации. Градуировочные графики были получены на стандартном образце (Sigma Aldrich) смеси аминокислот. Результаты расчетов содержания аминокислот в культуральной жидкости представлены в таблицах 13 и 14.

Таблица 13

Содержание аминокислот в исследуемых образцах при разведении 1:9

Время выхода, мин	Аминокислота, мкг/мл	Образец 1	Образец 2	Образец 3
2,3	Аспарагиновая кислота	52,92	80,86	81,89
4,2	Глутаминовая кислота	109,20	153,32	118,03
9,5	Серин	94,26	133,22	105,36
12,4	Глицин и гистидин	33,02	34,62	31,42
12,9	Треонин	19,57	28,85	26,73
15,9	Аланин	13,46	12,99	21,70
24,5	Метионин	36,21	46,07	42,02
25,5	Фенилаланин	11,60	21,50	16,44
27,0	Лейцин и изолейцин	54,86	52,03	40,93
35,3	Лизин	10,25	6,71	7,89

Таблица 14

Содержание аминокислот в исследуемых образцах при разведении 2:8

Время выхода, мин	Аминокислота, мкг/мл	Образец 4	Образец 5	Образец 6
	Аспарагиновая кислота	Не обнаружен		
2,3			62,17	25,52
4,2	Глутаминовая кислота	102,00	70,76	123,15
9,5	Серин	37,02	84,27	50,30
12,4	Глицин и гистидин	23,56	30,79	22,43
12,9	Треонин	6,40	21,35	8,98
15,9	Аланин	7,58	5,70	0,76
24,5	Метионин	21,72	42,14	18,06
25,5	Фенилаланин	7,42	13,27	4,18
27,0	Лейцин и изолейцин	36,52	50,17	18,06
35,3	Лизин	9,42	9,70	6,48



Сравнивая данные по аминокислотам в исходном образце соевой мелассы и после культивирования бактерии *S. glutamicum* штамма В-1722 на средах из соевой мелассы при исходном содержании сухих веществ 10,6 %, можно заметить, что в образце 1 содержание почти всех аминокислот по отношению к исходному значению концентраций в соевой мелассе выросло. Концентрации таких аминокислот, как аланин и фенилаланин, уменьшились, на 46,2 и 55,7 % соответственно. Содержание лизина увеличилось на 153,0 % — с 4,05 мкг/мл до 10,25 мкг/мл. Максимальное увеличение в ходе культивирования бактерии отмечается для серина, его концентрация в культуральной жидкости увеличилась на 385,9 % — с 19,4 мкг/мл до 94,26 мкг/мл.

В образце 2 содержание аминокислот, кроме аланина и фенилаланина, увеличилось. Концентрация аланина уменьшилась на 48,1 %, а фенилаланина — на 17,9 %. Содержание лизина относительно исходной концентрации увеличилось на 65,8 % — с 4,05 мкг/мл до 6,71 мкг/мл. Максимальное увеличение в ходе культивирования бактерии отмечается для серина, его концентрация в культуральной жидкости увеличилась — на 586,7 % и аспарагиновой кислоты, на 557,4 %.

В образце 3 также отмечается увеличение концентрации аминокислот, за исключением аланина и фенилаланина. Концентрация аланина уменьшилась на 13,3 %, а фенилаланина — на 37,2 %. Содержание лизина в образце 3 увеличилось на 94,9 % — до 7,89 мкг/мл с 4,05 мкг/мл. Максимальное увеличение в ходе культивирования бактерии отмечается для аспарагиновой кислоты, концентрация относительно контрольного образца увеличилась на 568,5 % — с 12,3 мкг/мл до 81,89 мкг/мл.

Сравнивая данные по аминокислотам в исходном образце соевой мелассы и данным по результатам культивирования бактерии *S. glutamicum* штамма В-1722 на средах из соевой мелассы при исходном содержании сухих веществ 15,4 % ± 0,1, можно заметить, что в образце 4 аспарагиновая кислота не обнаружена. Концентрация треонина, аланина и фенилаланина уменьшалась относительно значения в исходном образце мелассы на 18,1, 29,7 и 71,7 %, соответственно. Концентрация остальных аминокислот увеличилась. Наибольшее увеличение концентрации наблюдалось для лизина, его концентрация увеличилась на 132,6 % — с 4,05 мкг/мл до 9,42 мкг/мл.

В образце 5 наблюдалось увеличение концентрации аминокислот относительно контрольного образца, кроме аланина и фенилаланина. Концентрация аланина уменьшилась на 77,2 %, а фенилаланина — на 49,4 % от исходных значений. Наибольшее увеличение концентрации отмечается для аспарагиновой кислоты — с 12,3 мкг/мл до 62,7 мкг/мл, составив 405,5 %. Концентрация лизина увеличилась на 139,4 % — с 4,05 мкг/мл до 9,70 мкг/мл.

В образце 6 уменьшилась концентрация аланина на 97,0 %, фенилаланина — на 84,1 %, лейцина и изолейцина на 5,0 % от концентрации в исходном образце соевой мелассы. Содержание остальных аминокислот увеличилось. Наибольшее увеличение концентрации отмечено для серина — на 159,3 %, с 19,4 мкг/мл в исходном образце до 50,30 мкг/мл в культуральной жидкости. Концентрация лизина увеличилась — на 60 %, с 4,05 мкг/мл до 6,48 мкг/мл.



Заключение

В ходе исследований были проанализированы отечественные и зарубежные источники по изучаемому вопросу и определены основные аспекты культивирования *Corynebacterium glutamicum* на среде, состоящей из соевой мелассы для получения кормовых аминокислот. Были рассмотрены различные позиции подготовки соевой мелассы для использования в качестве субстрата. Проанализированы полученные данные о возможности культивирования на различных концентрациях сред из соевой мелассы и необходимость добавления дополнительных элементов питания в среды.

При культивировании на среде из соевой мелассы штаммов *C. glutamicum* В-1002, В-1722, В-2306 выявлено что наименьшей способностью усваивать компоненты соевой мелассы обладает штамм В-2306.

Установлено, что добавление в качестве факторов роста никотиновой кислоты и NaCl не оказывало влияния на накопление биомассы штаммов В-1002 и В-1722.

При культивировании коринебактерий на соевой мелассе с различных технологических позиций был сделан вывод, что наилучшим вариантом является меласса, отобранная из концентратора, прошедшая весь технологический процесс. Она содержит максимальное количество необходимых компонентов.

В зависимости от исходных условий культивирования (рН и содержания сухих веществ) наблюдается рост концентрации кормовых аминокислот.

Для получения треонина наилучший вариант культивирования на среде из соевой мелассы с исходным содержанием сухих веществ 15,5 %, рН 6,5 при температуре 30 °С в течение 144 ч.

Для получения метионина наилучший вариант культивирования на среде из соевой мелассы с исходным содержанием сухих веществ 15,5 %, рН 6,5 при температуре 30 °С в течение 144 ч.

Для получения лизина наилучший вариант культивирования на среде из соевой мелассы с исходным содержанием сухих веществ 15,5 %, рН 5,6 при температуре 30 °С в течение 144 ч.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-316-60002 \ 19 от 22.08.2019).

Список литературы

1. Niwinska B., Witaszek K., Niedbala G., Pilarski K. Seeds of n-GM Soybean Varieties Cultivated in Poland and Their Processing Products as High-Protein Feeds in Cattle Nutrition // Agriculture. 2020. №10. <https://doi.org/10.3390/agriculture10050174>.
2. Niedbala G., Kurasiak-Popowska D., Piekutowska M. et al. Application of Artificial Neural Network Sensitivity Analysis to Identify Key Determinants of Harvesting Date and Yield of Soybean (*Glycine max* [L.]/Merrill) Cultivar Augusta // Agriculture. 2022. №12. P. 754. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060754>.
3. Kumawat K., Waraich I., Nagpal S. et al. Co-inoculation of indigenous *Pseudomonas oryzae* and *Bradyrhizobium* sp. modulates the growth, symbiotic efficacy, nutrient acquisition and grain yield in soybean // Pedosphere. 2022. №32. P. 438–451. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(21\)60085-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(21)60085-1).



4. CEN EN ISO 6883 – 2017 Animal and vegetable fats and oils – Determination of conventional mass per volume (litre weight in air) (ISO 6883:2017) – Жиры и масла животные и растительные. Определение условной массы на объем (вес литра в воздухе).

5. Janocha A., Milczarek A., Pietrusiak D. et al. Efficiency of Soybean Products in Broiler Chicken Nutrition // *Animals*. 2022. №12. <https://doi.org/10.3390/ani12030294>.

6. Świątkiewicz M., Witaszek K., Sosin E. et al. The Nutritional Value and Safety of Genetically Unmodified Soybeans and Soybean Feed Products in the Nutrition of Farm Animals // *Agronomy*. 2021. №11. P. 1105. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061105>.

7. Тильба В. А., Тишкова Н. М. Биология сои: возможности оптимизации отдельных продукционных процессов Тильба // *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2016. №3 (167). С. 78 – 87.

8. Официальный сайт группы компаний «Содружество». URL: <http://www.sodruzhestvo.ru/QiaTa> (дата обращения 15.07.2022).

9. Hasanuzzaman M., Parvin K., Anee T. et al. Salt Stress Responses and Tolerance in Soybean // *Plant Stress Physiology. Perspectives in Agriculture*. IntechOpen. 2022. <https://doi.org/10.5772/intechopen.102835>.

10. Serafin-Andrzejewska M., Helios W., Jama-Rodzeńska A. et al. Effect of Sowing Date on Soybean Development in South-Western Poland // *Agriculture*. 2021. №11. P. 413 – 424. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050413>.

11. Xiong R., Liu S., Considine M. et al. Root system architecture, physiological and transcriptional traits of soybean (*Glycine max* L.) in response to water deficit: A review // *Physiologia Plantarum*. 2021. №172. P. 405 – 418. <https://doi.org/10.1111/ppl.13201>.

12. Rakita S., Banjac V., Djuragic O. et al. Soybean Molasses in Animal Nutrition // *Animals*. 2021. №11. P. 514. <https://doi.org/10.3390/ani11020514>.

13. Pinotti L., Manoni M., Fumagalli F. et al. Reduce, reuse, recycle for food waste: A second life for fresh-cut leafy salad crops in animal diets // *Animals*. 2020. №10. P. 1 – 14. <https://doi.org/10.3390/ani10061082>.

14. Luciano A., Tretola M., Ottoboni M. et al. Potentials and challenges of former food products (food leftover) as alternative feed ingredients // *Animals*. 2020. №10. P. 125. <https://doi.org/10.3390/ani10010125>.

15. Van Cleef F., van Cleef E., Almeida M. et al. PSI-13 In vitro digestibility and gas production of diets containing different levels of soybean molasses for feedlot sheep // *J. Anim. Sci.* 2018. №96 (S3). P. 63. <https://doi.org/10.1093/jas/sky404.139>.

16. Campuzano S., Pelling A. Scaffolds for 3D Cell Culture and Cellular Agriculture Applications Derived From Non-animal Sources // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2019. №3. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00038>.

17. Takahashi M., Aoyagi H. Practices of shake-flask culture and advances in monitoring CO₂ and O₂ // *Applied microbiology and biotechnology*. 2018. P. 102. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-8922-8>.

18. Takahashi M., Sawada Y., Aoyagi H. Development of a circulation direct sampling and monitoring system for O₂ and CO₂ concentrations in the gas-liquid phases of shake-flask systems during microbial cell culture // *AMB Express*. 2017. №7. P. 163. <https://doi.org/10.1186/s13568-017-0464-4>.



Об авторах

Мария Игоревна Зимина – канд. техн. наук, научный сотрудник, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: mariia.zimina@list.ru

Светлана Юрьевна Носкова – канд. техн. наук, старший научный сотрудник, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: s_noskova2022@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1198-1951>

Елена Викторовна Ульрих – д-р техн. наук, заместитель директора Института агроинженерии и пищевых систем по научной и международной деятельности, Калининградский государственный технический университет, Россия.

E-mail: elen.ulrich@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4107-7277>

Кристина Сергеевна Афанасьева – младший научный сотрудник, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: udgen73@mail.ru

Наталья Сергеевна Федотовских – ЗАО «Содружество-Соя», Россия.

Ольга Владимировна Кригер – д-р техн. наук, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: olgakrigr58@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1489-0716>

**M. I. Zimina¹, S. Yu. Noskova¹, E. V. Ulrich²
K. S. Afanasyeva¹, N. S. Fedotovskikh³, O. V. Krieger¹**

PECULIARITIES OF OBTAINING FODDER AMINO ACIDS WHEN CULTURING CORYNEBACTERIUM ON SOYBEAN MOLASSE

¹ Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

² Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

³ Closed Joint Stock Company Sodruzhestvo-Soya, Svetly, Russia

Received 02 August 2022

Accepted 29 August 2022

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-5

To cite this article: Zimina M. I., Noskova S. Yu., Ulrich E. V., Afanasyeva K. S., Fedotovskikh N. S., Krieger O. V. 2022, Peculiarities of obtaining fodder amino acids when culturing *Corynebacterium* on soybean melasse, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 68–92. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-5.



Currently, soybeans and soybean derivatives are widely used for food and animal feed. A significant content of carbohydrates in soy molasses makes it possible to use it as a component of a nutrient medium for cultivating microorganisms that produce feed amino acids. The aim of this work was to study the process of biosynthesis of feed amino acids on a soy molasses medium using bacterial strains of the genus *Corynebacterium glutamicum*. The following research methods were used: microscopy, spectrometry, refractometry, pH-metry and high-performance liquid chromatography. It has been established that when cultivating on soy molasses, the strains *C. glutamicum* B-1002 and *C. glutamicum* B-1722 have the greatest ability to assimilate the components of the medium. The addition of such growth components as nicotinic acid and NaCl had no significant effect on the accumulation of *C. glutamicum* B-1002 and *C. glutamicum* B-1722 biomass. It has been proven that the best medium for cultivation of *C. glutamicum* is molasse that has gone through the entire technological process and contains the maximum amount of components necessary for the cultivation of *C. glutamicum* and the production of feed amino acids. The production of feed amino acids by *C. glutamicum* is influenced by such factors as dry matter content and active acidity of the medium. It was found that the best producers of feed acids are *C. glutamicum* B-1002 and *C. glutamicum* B-1722 strains cultivated on media composed of soy molasses and distilled water at a dilution of 1:9.

Keywords: soy molasses, *C. glutamicum* B-1002, *C. glutamicum* B-1722, *C. glutamicum* B-2306, feed amino acids, chromatogram, cultivation, metabolites

The authors

Dr Maria I. Zimina, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.
E-mail: mariia.zimina@list.ru

Dr Svetlana Y. Noskova, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.
E-mail: s_noskova2022@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1198-1951>

Prof Elena V. Ulrich, Kaliningrad State Technical University, Russia.
E-mail: elen.ulrich@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4107-7277>

Kristina S. Afanasyeva, Junior Researcher, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.
E-mail: udgen73@mail.ru

Natalia S. Fedotovskikh, Closed Joint Stock Company Sodruzhestvo-Soya, Russia.

Prof Olga V. Krieger, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.
E-mail: olgakrigger58@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1489-0716>

УДК 616.24+613.81

М. А. Иванова¹, А. А. Пунин², С. В. Ваулин²

**КОГНИТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХРОНИЧЕСКОЙ
ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ ЛЕГКИХ У ПАЦИЕНТОВ
С АЛКОГОЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ**

93

¹ОГБУЗ «Клиническая больница №1», Смоленск, Россия

²ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет»

Минздрава России, Смоленск, Россия

Поступила в редакцию 18.06.2022 г.

Принята к публикации 15.07.2022 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-6

Для цитирования: Иванова М.А., Пунин А.А., Ваулин С.В. Когнитивные особенности хронической обструктивной болезни легких у пациентов с алкогольной зависимостью // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2022. №3. С. 93–105. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-6.

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) представляет значительную проблему в здравоохранении в связи с ее широким распространением. Она становится медико-социальным бременем как для общества, так и для пациента. В какой степени сопутствующий алкоголизм способен влиять на особенности клинического течения ХОБЛ, остается открытым вопросом. Цель исследования – изучение влияния алкоголизма на уровень субъективных симптомов и выбор терапевтических подходов хронической обструктивной болезни легких у лиц с разным уровнем кооперации. Обследовано 147 мужчин с диагнозом ХОБЛ в возрасте от 40 до 88 лет. Проведена спирометрия, определены наличие и стадия алкогольной зависимости, уровень одышки по шкале Modified Medical Research Council Scale, уровень бытового дискомфорта (по шкале COPD assessment test), толерантность к физической нагрузке в ходе шаговой пробы, уровень комплаенса по отечественному тесту приверженности терапии. Объем терапии уточнен в ходе сбора анамнеза, отмечены эпизодические и системные пропуски. Установлено, что лица с алкогольной зависимостью II, III стадий и умеренным ограничением воздушного потока сообщили о меньшем уровне одышки и влияния ХОБЛ на повседневную жизнь. Пациенты с ХОБЛ III и IV степени имели выраженную клиническую симптоматику вне зависимости от сопутствующего алкоголизма. Уровень комплаенса не сказался на отношении пациентов к симптомам ХОБЛ. Это свидетельствовало об отсутствии влияния заявленного высокого комплаенса на восприятие своего состояния этой категорией пациентов. Вне зависимости от сопутствующего алкоголизма системные пропуски ингаляций реже наблюдались у пациентов, получающих ингаляторы с меньшей кратностью дозирования. В результате исследования продемонстрировано снижение информативности шкал объективизации одышки и бытового дискомфорта при работе с пациентами хронической обструктивной болезнью легких I и II степе-



ни тяжести и сопутствующим алкоголизмом II и III стадии. Тенденция сохранялась при заявленном высоком комплаенсе. При выборе лечения отмечена большая приверженность к терапии в обеих группах при применении препарата с меньшей кратностью дозирования в течение дня.

Ключевые слова: ХОБЛ, когнитивные особенности, субъективно воспринимаемая одышка, уровень бытового дискомфорта, САТ-тест, режим дозирования

Введение

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) представляет значительную проблему в здравоохранении в связи с ее широким распространением — она стала медико-социальным бременем как для общества, так и для пациента [1]. Современные принципы оказания помощи в значительной степени предусматривают индивидуальный подход к пациенту. Налицо важность рассмотрения субъективной симптоматики ХОБЛ — одышки и влияния симптомов ХОБЛ на повседневную жизнь, поскольку эти факторы являются критериями подбора терапии [2]. Для оценки вызванных снижением легочной вентиляции проявлений одышки и ограничения бытовой деятельности пациенту предлагается самостоятельно заполнить соответствующие шкалы. Полученные результаты используются для определения классификационной страты ХОБЛ, что лежит в основе формирования лечебно-диагностического плана. Понимание, критическое восприятие своих симптомов, готовность к кооперации с врачом напрямую зависят от особенностей когнитивного функционирования и во многом определяют конечный результат обследования больного.

Синдром алкогольной зависимости (САЗ), в свою очередь, является расстройством с генерализованным поражением внутренних органов, в том числе центральной нервной системы [3; 4]. Как следствие, закономерно его влияние на клинические проявления ХОБЛ в рамках субъективных симптомов пациента, психологического восприятия его болезни, искажения объективности ответов пациента на поставленные вопросы, связанные с одышкой и толерантностью к нагрузке. Принимая во внимание, что распространенность ХОБЛ в РФ составляет 668,4 на 100 000 населения, а алкоголизма — 1344,11 на 100 000 населения, вероятность сочетания этих заболеваний у одного пациента достаточно высока [1; 5]. В какой степени сопутствующий алкоголизм способен влиять на особенности клинического течения ХОБЛ остается открытым вопросом. В связи с этим нами предпринята работа по оценке когнитивных особенностей у пациентов с ХОБЛ при наличии синдрома алкогольной зависимости по данным ответов на опросники о самовосприятии симптомов болезни (одышки и бытового дискомфорта, связанного с ХОБЛ) и приверженности лечению (комплаентности).

Цель исследования: изучить уровень комплаентности и оценку субъективных симптомов ХОБЛ у больных с сопутствующим алкоголизмом.

Задачи исследования:

1. Провести сравнительную оценку клинических проявлений одышки, бытового дискомфорта и толерантности к нагрузке у пациентов с ХОБЛ в зависимости от наличия у них синдрома алкогольной зависимости.



2. Оценить уровень субъективно воспринимаемой одышки и уровень бытового дискомфорта, влияющего на привычную жизнь у больных ХОБЛ с сопутствующим алкоголизмом.

3. Оценить уровень приверженности к разным режимам терапии пациентов с хронической обструктивной болезнью легких при наличии синдрома алкогольной зависимости.

Материал и методы исследования. Проведено обследование 147 мужчин с диагнозом ХОБЛ в возрасте от 40 до 88 лет (ME=62 [57; 69] года), проживающих в Смоленской области за исключением города Смоленска. Все участники оформили добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Работа рассмотрена этическим комитетом Смоленской государственной медицинской академии (протокол от 06.12.2013 г, замечания этического характера отсутствуют).

Методы исследования

1. Методом опроса психиатром-наркологом у всех пациентов была проведена диагностика хронической алкогольной зависимости — выявлена стадия алкогольной болезни либо установлен факт ее отсутствия. Распределение пациентов по стадиям синдрома алкогольной зависимости (саз) проведено с использованием международной классификации болезней 10-го пересмотра [5].

2. Уровень субъективно воспринимаемой одышки был оценен с помощью модифицированной шкалы британского медицинского исследовательского совета *Modified Medical Research Council Scale (mMRC)* [2].

3. Уровень бытового дискомфорта (бремя болезни) определен с помощью опросника влияния симптомов хобл на привычную жизнь *Copd Assessment Test (cat-тест)* [2]. Данный опросник позволяет оценить субъективно воспринимаемое бремя болезни.

4. Уровень комплаенса оценен с помощью отечественного теста приверженности терапии (отпт) по Т. В. Фофановой и др. [6]. Пациентам предложено 4 вопроса с вариантами ответов, оцениваемых исследователем от 0 до 3 баллов, где 0 — наиболее вероятное несоблюдение режима терапии, 3 — максимально точное следование рекомендациям.

5. Толерантность к физической нагрузке оценена с помощью теста шестиминутной ходьбы (6mwt), результат шаговой пробы использован в качестве объективного показателя состояния здоровья [2].

6. В ходе клинического интервью у всех участников исследования проведена оценка соблюдения рекомендаций по приему ингаляционных препаратов при первичном визите. Ошибки в реализации назначений условно разделены на две категории. Первая предполагала редкие («ситуативные») пропуски, обусловленные непредвиденными обстоятельствами, при этом большую часть времени режим терапии соблюдался. Вторая предполагала систематическое несоблюдение предписаний по любым причинам.

С точки зрения наличия или отсутствия САЗ были выделены две категории больных: первая — пациенты с отсутствием алкогольной зависимости либо ее I стадией, демонстрировавших отсутствие либо наличие минимальных психопатологических изменений (в общей выборке



их число составило 91 человек, 61,9 %, средний возраст 63,00 [58,00; 71,00] года); вторая — больные с сопутствующим САЗ II и III стадии, с широким спектром соматических, социальных, психоневрологических маркеров алкоголизма (в общей совокупности — 56 человек, 38,1 %, средний возраст 58,00 [52,00; 63,50] лет).

Для решения первой задачи — оценки особенностей субъективного восприятия симптомов ХОБЛ у пациентов с сопутствующим алкоголизмом — пациенты были разделены на 2 подгруппы в зависимости от уровня объема форсированного выдоха за одну секунду (Forced Expiratory Volume in one second — FEV1, %), в каждой из которых выделена подгруппа лиц с САЗ II, III стадии и контрольная, с САЗ 0-I [2]. В первую подгруппу вошли 102 человека, средний возраст 60 [56,00; 67,00] лет, с легким течением ХОБЛ ($FEV1 \geq 50\%$), из них с развернутой клинической картиной алкогольной болезни (САЗ II и III стадии) — 43 пациента (42 %); 59 человек (58 %) составили контрольную группу (САЗ 0-I стадии). Вторая подгруппа состояла из 45 мужчин, средний возраст 63,00 [58,00; 69,00] года, с тяжелым и крайне тяжелым течением ХОБЛ ($FEV1 < 50\%$). Из них 13 пациентов (29 %) страдали запущенной формой алкогольной зависимости (САЗ II и III стадии) и 32 человека (71 %) с САЗ 0-I стадии составили контрольную группу.

Для решения второй задачи все пациенты были распределены на 2 подгруппы: первая — лица с отсутствием или низкой приверженностью терапии — ОТПТ=0—6,81 человек, 55,1 %; вторая — достаточно комплаентные больные — ОТПТ=6—12, 66 человек, 44,9 %. В каждой из подгрупп проведена оценка субъективной картины болезни и приверженности ингаляционной терапии у лиц с отсутствием алкоголизма и его I стадией и у пациентов с II и III стадией САЗ.

Для решения третьей задачи у всех пациентов были получены анамнестические сведения о заболевании с уточнением режима и уровня приверженности предшествующей терапии. Обнаружено, что 28 человек принимали короткодействующие препараты с четырехкратным режимом дозирования, 67 пациентов использовали ингаляторы, предназначенные для двукратного приема, и 42 пациента — препарат для однократного приема, 10 пациентов не принимали ингаляционной терапии. В группах, выделенных согласно кратности приема ингаляционных препаратов, проведена оценка систематических и эпизодических нарушений режима лечения у лиц с отсутствием алкоголизма и его I стадией и у пациентов с II и III стадией САЗ.

Статистическая обработка произведена с помощью лицензионной программы *SPSS 17*. Для проверки гипотезы соответствия выборочных данных нормальному закону распределения использовался критерий χ^2 (Пирсона). В нашем случае все распределения носили ненормальный характер, поэтому для описания центральных тенденций вычислялась медиана (ME) и интерквартильный размах в виде 25 и 75 %. При оценке долей биномиальных признаков (Д) в совокупности применен непараметрический биномиальный критерий. Для сравнения двух независимых выборок применялся непараметрический критерий Манна — Уитни, для оценки значимости различий частот — критерий χ^2 Пирсона (критерий Фишера) с поправкой Йетсена.



Результаты и их обсуждение

Объем форсированного выдоха за первую секунду (FEV1) равный или выше 50 % имели 102 пациента (69,3 %, средний возраст 60 [56,00; 67,00] лет); FEV1 < 50 % – 45 мужчин, средний возраст 63,00 [58,00; 69,00] года.

Для оценки влияния САЗ на субъективное восприятие ХОБЛ проведен сравнительный анализ доли больных с малосимптомным и полисимптомным течением заболевания (mMRC < 2, CAT < 11 и mMRC > 1, CAT > 10 соответственно) в группе с тяжелым алкоголизмом и контрольной страте. Результаты представлены на рисунке 1.

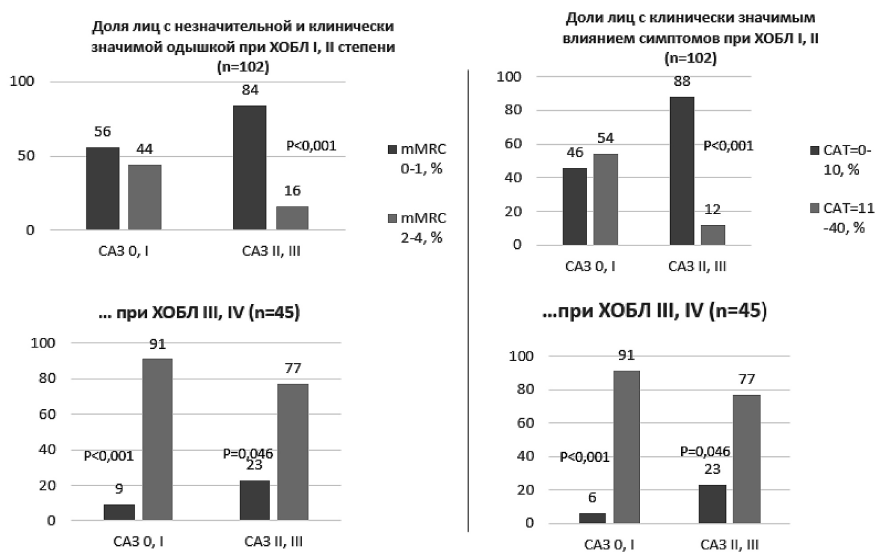


Рис. 1. Уровень субъективно воспринимаемой одышки по опроснику mMRC и бытового дискомфорта по САТ-тесту пациентами с ХОБЛ и сопутствующим САЗ

У пациентов с FEV1 ≥ 50 % тяжелый алкоголизм преимущественно ассоциировался с незначительной одышкой либо ее отсутствием: среди лиц с САЗ II-III значимо преобладали больные с минимальным проявлением диспноэ, и их доля превышала таковую в контрольной группе САЗ 0-I ($\chi^2_{mMRC} = 8,78, p = 0,005$). Большинство обследованных с тяжелым и крайне тяжелым течением ХОБЛ демонстрировали выраженную одышку вне зависимости от наличия и стадии алкогольной зависимости. Аналогично большинство пациентов с FEV1 ≥ 50 % и САЗ II, III стадии отрицали влияние симптомов ХОБЛ на повседневную жизнь, в отличие от больных контрольной группы, где «полисимптомные» и «малосимптомные» больные распределились практически эквивалентно. Также доля лиц с САТ = 0 – 10 была значительно выше среди пациентов с САЗ II-III по сравнению с группой контроля ($\chi^2 = 19,54, p < 0,001$). В случае падения FEV1 ниже 50 % большинство участников заявили о значительном ограничении бытовой активности вне зависимости от уровня алкоголизации.

Методами объективизации симптоматики послужили шкала mMRC, шкала влияния ХОБЛ на повседневную жизнь (САТ-тест), а также расстояние, пройденное за 6 мин, как интегральный показатель состояния здоровья пациента. Поскольку характерной особенностью нашей выборки явилось выявление тяжелых форм САЗ у относительно молодых пациентов, возраст также учитывался как возможный фактор модификации субъективного статуса.

Результаты анализа возраста, баллов по шкале mMRC и САТ-тесту, толерантности к физической нагрузке на фоне САЗ представлены в таблице.

Возраст, балльная оценка по mMRC, САТ-тестам и толерантность к физической нагрузке у пациентов с ХОБЛ на фоне алкоголизма, n = 147

Параметры ME [25 %; 75 %]	FEV1 ≥ 50 %, n = 102		p	FEV1 < 50 %, n = 45		p
	САЗ 0-I (n = 59)	САЗ II–III (n = 43)		САЗ 0-I (n = 32)	САЗ II–III (n = 13)	
mMRC, баллов	1,00 [1,00; 2,00]	1,00 [0,00; 1,00]	0,001	3,00 [2,00; 3,00]	2,00 [2,00; 3,00]	> 0,05
САТ-тест, баллов	12,00 [7,00; 22,00]	8,00 [3,00; 9,00]	< 0,001	22,50 [18,00; 34,00]	24,00 [10,00; 36,00]	> 0,05
6MWT, м	253,00 [178,45; 335,25]	286,20 [217,25; 327,15]	> 0,05	165,20 [79,62; 230,50]	112,40 [96,20; 308,00]	> 0,05
Возраст, лет	63,00 [58,00; 70,50]	58,00 [51,50; 62,50]	0,034	63,50 [60,00; 72,00]	60,00 [52,00; 66,00]	0,013

Пациенты с умеренной бронхиальной обструкцией (FEV1 ≥ 50 %) при наличии САЗ II–III демонстрировали меньшую балльную оценку выраженности одышки, чем пациенты с САЗ 0–I. Однако при оценке дистанции, пройденной в ходе шаговой пробы, пациенты с САЗ II–III показали схожую с пациентами САЗ 0–I толерантность к физической нагрузке, несмотря на более молодой возраст и ожидаемое превосходство по переносимости нагрузочного теста. В большей степени тенденция прослеживалась при работе с САТ-тестом. Таким образом, положительная субъективная оценка состояния здоровья у пациентов с САЗ II и III стадии не соответствует объективному показателю. Поскольку на сегодняшний день описаны разносторонние нарушения когнитивного функционирования, вызванные токсическим действием этанола, полученные ответы являются, вероятно, следствием изменения восприятия и осмысления вопросов в стандартных анкетах.

ХОБЛ III и IV степени сопровождалась выраженной клинической симптоматикой вне зависимости от наличия САЗ. Учитывая, что готовность к сотрудничеству с медицинским работником – необходимое условие реализации лечебно-диагностического плана, предпринято рассмотрение уровня субъективных симптомов ХОБЛ у лиц с разным уровнем комплаенса и стадией алкогольной зависимости. Результаты тестиро-



вания с оценкой комплаенса по шкале ОТПТ показали преобладание в исследуемой выборке некомплаентных пациентов с ОТПТ = 0–6 баллов (81 человек, 55 %). Усредненные показатели приверженности терапии составили 0,00 [0,00; 6,00] в группе с САЗ II и III стадии, и 9,00 [6,00; 12,00] баллов в контрольной группе ($p < 0,001$). Среди лиц с САЗ II, III стадии ($n = 56$), демонстрировавших широкий спектр клинических симптомов алкоголизации, доля пациентов с низким уровнем кооперации (ОТПТ = 0–2 балла) значительно превышала таковую в контрольной группе пациентов с САЗ I стадии либо не страдавших алкоголизмом (77 и 42 % соответственно, $\chi^2 = 17,19$, $p < 0,001$).

Высокий комплаенс, в частности, важен для качественной диагностики, в связи с чем предпринято рассмотрение уровня субъективно воспринимаемых симптомов ХОБЛ у лиц с разным значением оценки приверженности терапии и стадией алкогольной болезни. Значения баллов mMRC, САТ-теста проанализированы среди пациентов с разным уровнем алкоголизации в группе лиц с низким комплаенсом (ОТПТ = 0–6 баллов, $n = 81$) и с высоким комплаенсом (ОТПТ = 6–12 баллов, $n = 66$). Результаты представлены на рисунке 2.

99



Рис. 2. Уровень субъективно воспринимаемой одышки и степени бытового дискомфорта при ХОБЛ у пациентов в зависимости от степени синдрома алкогольной зависимости и уровня комплаентности, оцененной с помощью отечественного теста приверженности терапии (ОТПТ), $n = 147$

При низком комплаенсе (ОТПТ = 0–6 баллов) наблюдалось снижение уровня одышки и привычной активности на фоне тяжелого алкоголизма: в группе контроля более половины пациентов демонстрировали наличие одышки ($mMRC_{САЗ0-I} > 1$ балла) и ограничение бытовой активности ($САТ_{САЗ0-I} > 10$), тогда как большинство лиц с САЗ II, III стадии не придавали большого значения бремени болезни ХОБЛ.

При заявленной готовности придерживаться рекомендаций (ОТПТ = 6–12 баллов) прослеживалась аналогичная закономерность — лица с тяжелым алкоголизмом демонстрировали меньший уровень симптомов при анкетировании — медианы САТ-теста составили 18 и 9 баллов, уровня одышки по шкале mMRC — 2 и 1 балл соответственно в группе контроля и в группе лиц с САЗ II, III стадии.

Таким образом, когнитивный дефицит, характерный для лиц с тяжелой формой алкогольной зависимости, затрудняет оценку комплаенса. Высокая готовность к кооперации с врачом, заявленная пациентами этой группы, не является предиктором к критическому восприятию симптомов ограничения вентиляции.

При первичном визите в ходе интервью проведена оценка соблюдения рекомендаций по приему ингаляционных препаратов.

Пациенты с отсутствием алкогольной зависимости или ее I стадией принимали следующие препараты: 7 человек пользовались короткодействующими препаратами (Ipratropium bromide, Ipratropium bromide+Fenoterol) 4 раза в день, 55 человек – препаратами для двукратного приема (Salmeterol+Fluticasone, Beclometasone), и 19 пациентов – ингаляторами с однократным режимом дозирования (tiotropium bromide). В исследуемой группе больных с сопутствующим САЗ II, III стадии распределение составило 21, 12 и 23 человека соответственно. Приверженность к соблюдению данных рекомендаций представлена на рисунке 3.

100

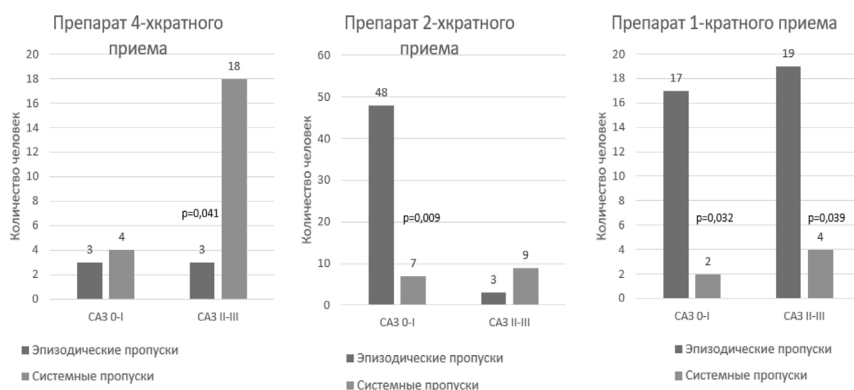


Рис. 3. Соблюдение режима терапии больными с алкоголизмом разной степени тяжести в зависимости от кратности приема ингалятора, n = 137.

Отмечено, что как пациенты контрольной группы, так и лица с II и III стадией алкогольной зависимости проявили большую приверженность к соблюдению предписаний в случае назначения препарата с меньшей кратностью дозирования.

На сегодняшний день накоплены данные о негативных последствиях алкоголизма на респираторный тракт курильщиков [5; 7]. В нашем исследовании первичный анализ анкетных данных демонстрировал тенденцию к положительной оценке картины болезни лицами с ХОБЛ I, II степени и сопутствующим САЗ II-III. Большинство обследованных этой страты заявили как о минимальном уровне одышки (mMRC = 0–1 балл в 84 % случаев), так и об отсутствии значимого ограничения бытового дискомфорта (CAT = 0–10 баллов в 88 % случаев). Доля лиц с отсутствием симптомов по каждой шкале превышала аналогичные показатели в кон-



трольной группе: mMRC = 0–1 балл у 84 % и 56 % пациентов, САТ = 0–10 баллов у 88 % и 46 % пациентов соответственно. Указанное соотношение формирует картину более благоприятного течения ХОБЛ на фоне САЗ, что соотносится с отдельными научными наблюдениями [8; 9].

При этом оценка толерантности к физической нагрузке не показала увеличения пройденного за 6 мин расстояния на фоне тяжелого алкоголизма, ожидаемого в связи с молодым возрастом и отсутствием симптомов ХОБЛ — медианы дистанции в 6МWT составили 286,20 м для группы с САЗ II–III, и 253,00 м для группы с САЗ 0-I. Таким образом, можно предполагать ухудшение соматического статуса лиц с алкогольной зависимостью, что соответствует выводам большинства крупных анализов [10].

Несоответствие объективных показателей и субъективной картины болезни, полученное в нашем исследовании, связано с когнитивной дисфункцией, характерной для лиц с тяжелым алкоголизмом. Особенности восприятия, связанные с нарушением когнитивных функций, — недооценка тяжести своего состояния, снижение порога критического осмысления угрозы здоровью и жизни, — зафиксированы в ряде работ, посвященных токсическому воздействию метаболитов этанола на центральную нервную систему [11; 14]. Описаны расстройства памяти, мышления, внимания, критичности в восприятии, в том числе своего физического статуса [4; 12]. Данные о структурно-функциональных основах изменений и соответствующих им модификациях поведения и восприятия, связанных с алкоголем, постоянно пополняются. Изучаются особенности церебрального кровоснабжения, аспектов алюминий-ассоциированной нейродегенерации, обмена тиамина и аммониевых соединений [13]. Характерные клинические проявления варьируют от умеренной когнитивной дисфункции при становлении зависимости до деградации личности на терминальной стадии САЗ, в том числе у молодых лиц [14]. Также нельзя исключить, что причиной полученного результата является не только изолированное токсическое воздействие продуктов метаболизма этанола на головной мозг, но и сочетание его с когнитивными нарушениями, характерными для ХОБЛ.

Доказано, что лица с ХОБЛ чаще демонстрируют высокий уровень тревожности, снижение интеллектуальной активности, нарушение памяти и внимания, в основном в связи с нарушением газового состава крови [15]. Указанные явления — важная часть клинической картины, так как они имеют как медицинские последствия в виде высокого риска деменции, так и социальные — в связи с поведенческими девиациями [16]. В аспекте диагностики ХОБЛ эти факторы напрямую связаны с вероятностью получения релевантных анкетных данных.

Таким образом, обе нозологии вносят вклад в когнитивные нарушения, что потенциально способно привести к недооценке тяжести состояния, наблюдаемого в нашем исследовании.

Относительно пациентов с FEV1 < 50 % алкоголизация не сказалась на результатах анкетирования: как в группе с САЗ II–III, так и в контрольной группе преобладали лица с выраженной одышкой, mMRC > 1 (77 и 91 % соответственно) и значительным ограничением бытовой активности с САТ > 10 (77 и 94 %, соответственно). По всей вероятности, бронхиальная обструкция явилась ключевым фактором, определившим



тяжесть состояния и характер субъективной картины болезни пациентов. Сопоставимые данные анкетирования и шаговой пробы при значительно более молодом возрасте пациентов с ХОБЛ III, IV степени и САЗ II–III стадии по сравнению с контрольной группой косвенно свидетельствовали в пользу ухудшения соматического статуса на фоне прогресса алкоголизма, что также соответствует имеющимся научным данным [17].

Получено, что независимо от степени приверженности к лечению пациенты с САЗ II, III стадии демонстрировали меньший уровень диспноэ и бытового дискомфорта, связанного с ХОБЛ. Вне зависимости от уровня комплаенса лица с тяжелой алкоголизацией имели результаты по САТ-тесту на 6–9 баллов, по mMRC — на 1 балл меньше по сравнению с контрольной группой. Ранее в ходе исследования получена тенденция к недооценке субъективных симптомов ХОБЛ больными с сопутствующим тяжелым алкоголизмом. Высокий уровень комплаенса не сказался на восприятии своего состояния этой категорией пациентов.

При анализе отклонений от предписанной терапии получено, что при назначении препаратов с кратностью приема 1 раз в сутки меньше пациентов демонстрировали системные пропуски. Тенденция имела место как среди пациентов контрольной группы, так и среди лиц с II и III стадией алкогольной зависимости.

Полученный результат соотносится с имеющимися литературными данными: назначение комбинированных препаратов для однократного приема связано с высоким комплаенсом и лучшими результатами терапии [7; 8; 12].

Выводы

1. Выявлено несоответствие между самооценкой картины болезни у пациентов с симптомами нарушения вентиляции I и II степени и алкоголизмом II и III стадии и наблюдаемыми врачом симптомами болезни.
2. Более позитивная оценка одышки и степени бытового дискомфорта пациентами с сопутствующим тяжелым алкоголизмом сопровождалась демонстрацией более высокого уровня комплаенса, выявленного при анкетировании.
3. Назначение препаратов с однократным режимом дозирования приводило к увеличению комплаентности пациентов вне зависимости от стадии сопутствующей алкогольной зависимости.

Список литературы

1. *Khaltayev N.* GARD, a new way to battle with chronic respiratory diseases, from disease oriented programmes to global partnership // *J. Thorac. Dis.* 2017. Vol. 9, №11. P. 4676–4689. doi: 10.21037/jtd.2017.11.91.
2. *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) guideline: Global Strategy for the Diagnosis, management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease* [Internet] 2019. Dec. URL: <http://www.goldcopd.com> (дата обращения: 11.02.2019).
3. *Iranpour A., Nakhaee N.* A review of alcohol-related harms: a recent update // *Addict Health.* 2019. Vol. 11, №2. P. 129–137. doi: 10.22122/ahj.v11i2.225.



4. Kuźma E., Llewellyn D. J., Langa K. M. *et al.* History of alcohol use disorders and risk of severe cognitive impairment: a 19-year prospective cohort study // *Am. J. Geriatr. Psychiatry*. 2014. Vol. 22, №10. P. 1047–1054. doi: 10.1016/j.jagp.2014.06.001.

5. *Международная классификация болезней 10-го пересмотра (МКБ-10). Класс V МКБ-10 «Психические расстройства и расстройства поведения» (F00–F99), адаптированная для использования в Российской Федерации.* М. 1998. URL: https://psychiatr.ru/download/1998?view=1&name=%D0%9C%D0%9A%D0%91-10_%D1%81_%D0%B3%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%B8.pdf (дата обращения: 12.06.2022).

6. Фофанова Т. В., Агеев Ф. Т., Смирнова М. Д. и др. Отечественный опросник приверженности терапии: апробация и применение в амбулаторной практике // *Системные гипертензии*. 2014. №2. С. 13–16.

7. Wetherbee E. E., Niewoehner D. E., Sisson J. H., Lindberg S. M. Self-reported alcohol intake and risk of acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: a prospective cohort study // *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 2015. Vol. 10. P. 1363–70. doi: 10.2147/COPD.S86572.

8. Kaluza J., Harris H. R., Linden A., Wolk A. Alcohol consumption and risk of chronic obstructive pulmonary disease: a prospective cohort study of men // *Am. J. Epidemiol.* 2019. Vol. 188, №5. P. 907–916. doi: 10.1093/aje/kwz020.

9. Beulens J. W. J., Fransen H. P., Struijk E. A., Boer J. M. A. *et al.* Moderate alcohol consumption is associated with lower chronic disease burden expressed in disability-adjusted life years: a prospective cohort study // *Eur. J. Epidemiol.* 2017. Vol. 32, №4. P. 317–326. doi: 10.1007/s10654-017-0247-x.

10. Scoditti E., Massaro M., Garbarino S., Toraldo D. M. Role of diet in chronic obstructive pulmonary disease prevention and treatment [электронный ресурс] // *Nutrients*. 2019. Vol. 11, №6. doi: 10.3390/nu11061357.

11. Davis B. C., Bajaj J. S. Effects of alcohol on the brain in cirrhosis: beyond hepatic encephalopathy // *Alcoholism Clin. Exp. Res.* 2018. Vol. 42, №4. P. 660–667. doi: 10.1111/acer.13605.

12. Tembo C., Burns S., Kalembo F. The association between levels of alcohol consumption and mental health problems and academic performance among young university students // *PLoS One*. 2017. Vol. 12, №6. doi: 10.1371/journal.pone.0178142.

13. Ritz L., Segobin S., Lanuzel C., Laniepe A. *et al.* Cerebellar hypermetabolism in alcohol use disorder: compensatory mechanism or maladaptive plasticity? // *Alcoholism Clin. Exp. Res.* 2019. Vol. 43, №10. P. 2212–2221. doi: 10.1111/acer.14158.

14. Kim S., Kim Y., Park S. M. Association between alcohol drinking behaviour and cognitive function: results from a nationwide longitudinal study of South Korea // *BMJ Open*. 2016. Vol. 6, №4. doi: 10.1136/bmjopen-2015-010494.

15. Franssen F. M. E., Smid D. E., Deeg D. J. H., Huisman M. *et al.* The physical, mental, and social impact of COPD in a population-based sample: results from the Longitudinal Aging Study Amsterdam // *NPJ Prim. Care Respir. Med.* 2018. Vol. 28. doi: 10.1038/s41533-018-0097-3.

16. Wang Y., Li X., Wei B., Tung T. *et al.* Association between chronic obstructive pulmonary disease and dementia: systematic review and meta-analysis of cohort studies // *Dement. Geriatr. Cogn. Dis. Extra*. 2019. Vol. 9, №2. P. 250–259. doi: 10.1159/000496475.

17. Tanabe J., Yamamoto D. J., Sutton B., Brown M. S. *et al.* Effects of alcohol and acetate on cerebral blood flow: a pilot study // *Alcohol. Clin. Exp. Res.* 2019. Vol. 43, №10. P. 2070–2078. doi: 10.1111/acer.14173.



Об авторах

Марина Андреевна Иванова — врач-пульмонолог, центр респираторной медицины, ОГБУЗ «Клиническая больница №1», Смоленск, Россия.

E-mail: zamedikus@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2388-4174>

Александр Алексеевич Пунин — д-р мед. наук, проф., Смоленский государственный медицинский университет Минздрава России, Смоленск, Россия.

E-mail: 001e316@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9883-8378>

104

Сергей Викторович Ваулин — д-р мед. наук, проф., Смоленский государственный медицинский университет Минздрава России, Смоленск, Россия.

E-mail: sv_vaulin@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6944-6372>

M. A. Ivanova¹, A. A. Punin², S. V. Vaulin²

COGNITIVE FEATURES OF CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE IN PATIENTS WITH ALCOHOL ADDICTION

¹«State Clinical Hospital №1», Smolensk, Russia

²Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia

Received 18 June 2022

Accepted 15 July 2022

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-6

To cite this article: Ivanova M. A., Punin A. A., Vaulin S. V. 2022, Cognitive features of chronic obstructive pulmonary disease in patients with alcohol dependence, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 93 – 105. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-6.

Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is a significant public health problem due to its widespread prevalence. It becomes a medical and social burden for both society and the patient. To what extent comorbid alcoholism is able to influence the features of the clinical course of COPD remains an open issue. The study aimed to reveal the impact of alcoholism on the level of COPD subjective symptoms in patients with different compliance. Materials and methods. 147 men with COPD in the age of 40–88 years were examined. The study relied on spirometry criteria, mMRC, CAT, domestic questionnaire of adherence to therapy, 6-minutes walking tests. It also established the stage of alcohol disease. The inhalation therapy was clarified during the interview, the episodic and systemic omissions fixed. Results and discussion. We observed the trend to subjective COPD symptoms underestimation in patients with the II, III stages of alcohol disease. Alcohol disease did not affect subjective symptoms in patients with stages III, IV of COPD. The compliance level and subjective symptoms severity showed no interrelation in patients suffering from alcoholism. This emphasized the absent association between the high level of compliance and critical self-state perception in patients with con-



comitant diseases. Regardless of the concomitant dependence, systemic omissions were rarely observed in patients receiving inhalers with a lower dosage frequency. **Conclusion.** The poor informativity of mMRC dyspnea scale and CAT-test was demonstrated in patients with mild and moderate COPD and severe alcoholism. The high level of compliance showed no impact on this tendency. Using single dose per day regimen was associated with a better compliance to recommendations, regardless of alcohol adherence.

Keywords: Chronic Obstructive Pulmonary Disease, cognitive features, subjectively perceived dyspnea, daily life burden, CAT-test, dosing regimen

The authors

Marina A. Ivanova — pulmonologist of the center of respiratory medicine «State Clinical Hospital №1», Smolensk, Russia.

E-mail: zamedikus@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2388-4174>

Aleksandr A. Punin — MD, Professor, Head of the Department of Faculty Therapy of Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia.

E-mail: 001e316@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9883-8378>

Sergey V. Vaulin — MD, professor of the Department of Psychiatry, Narcology and Psychotherapy of the Faculty of Additional Professional Education of Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia.

E-mail: sv_vaulin@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6944-6372>

К. А. Юрова¹, Д. Д. Лигатюк¹, Д. А. Семенова², Л. С. Литвинова¹

ЦИТОКИН-ИНДУЦИРОВАННАЯ РЕГУЛЯЦИЯ СОЗРЕВАНИЯ, ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ И АПОПТОТИЧЕСКОЙ ГИБЕЛИ Т-ЛИМФОЦИТОВ ИММУННОЙ ПАМЯТИ

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

²Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский
университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

Поступила в редакцию 19.04.2022 г.

Принята к публикации 05.06.2022 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-7

106

Для цитирования: Юрова К. А., Лигатюк Д. Д., Семенова Д. А., Литвинова Л. С. Цитокин-индуцированная регуляция созревания, дифференцировки и апоптотической гибели Т-лимфоцитов иммунной памяти // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2022. №3. С. 106–119. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-7.

Поддержание иммунной системы в состоянии физиологического равновесия требует строгой регуляции процессов клеточной пролиферации и апоптотической гибели для предотвращения развития аутоиммунных и неопластических реакций. В связи с этим Т-лимфоциты иммунной памяти находятся под постоянным контролем со стороны иммунной системы.

В проведенном исследовании оценена роль $\gamma\delta$ -цитокинов (IL-2, IL-7 и IL-15) в регуляции процессов созревания, пролиферации, дифференцировки и апоптотической гибели Т-лимфоцитов памяти в условиях культивирования in vitro.

Выявлено, что $\gamma\delta$ -цитокины способны увеличивать количество CD3+HLA-DR+CD95+ Т-клеток в популяции эффекторных цитотоксических лимфоцитов иммунной памяти. Описанные особенности воздействия цитокинов могут свидетельствовать об участии IL-2, IL-7 и IL-15 в процессах клеточного созревания и дифференцировки. Также отмечается, что CD3+CD4+CD45RO+ Т-клетки могут иметь относительную резистентность к влиянию исследуемых цитокинов по сравнению с популяцией цитотоксических CD45RO+ Т-клеток.

Таким образом, поддержание гомеостатических концентраций $\gamma\delta$ -цитокинов играет важнейшую роль в сохранении нормального функционирования иммунной системы путем поддержания баланса клеточной пролиферации и апоптоза. Установлено, что нарушение цитокинового баланса инициирует рост поверхностной экспрессии молекул поздней активации (HLA-DR) и апоптоза (CD95), что является необходимым для регуляции повышенной пролиферации лимфоцитов и в конечном итоге препятствует срыву механизмов иммунной толерантности и развитию гиперпролиферативных патологий иммунной системы.

Ключевые слова: Т-лимфоциты памяти, $\gamma\delta$ -цитокины, апоптоз, дифференцировка, созревание



Введение

В научной литературе широко используются данные, свидетельствующие о регуляции гомеостатических механизмов клеточной генерации, созревания и пролиферации, опосредованной цитокинами, в том числе плейотропными цитокинами с общей γ -цепью — IL-2, IL-7 и IL-15 [8]. Гомеостатическая пролиферация является определяющей для поддержания эффективной иммунологической памяти за счет сохранения пула Т-клеток памяти [18]. Исследования показали, что Т-лимфоциты пролиферируют в ответ на цитокины с общей γ -цепью независимо от активации Т-клеточного рецептора (TCR). Важно отметить, что пролиферативный процесс должен быть сбалансирован клеточной гибелью. Способность некоторых цитокинов ингибировать апоптоз приводит к дисрегуляции гомеостатической пролиферации Т-клеток и развитию аутоиммунных и гиперпролиферативных заболеваний [21].

Целью настоящей работы было выяснение роли цитокинов с общей γ -цепью (IL-2, IL-7 и IL-15) в контроле созревания, дифференцировки и апоптотической гибели Т-лимфоцитов иммунной памяти в условиях их культивирования *in vitro*.

Материалы и методы

Настоящее исследование было проведено в соответствии с протоколом Конвенции Совета Европы о правах человека и биомедицине (1999) и Хельсинской декларацией ВМА (2000). На проведение экспериментальных работ было получено разрешение в ЛЭК Балтийского федерального университета им. И. Канта (г. Калининград) №5 от 05.11.2013 г.

В исследовании были использованы популяции Т-клеток памяти (CD45RO⁺). Т-лимфоциты иммунной памяти получали из мононуклеарных лейкоцитов венозной крови условно здоровых доноров в возрасте от 22 до 35 лет (29 мужчин и 29 женщин). Мононуклеарные лейкоциты были выделены из венозной крови здоровых доноров с использованием метода центрифугирования в градиенте плотности фиколл-урографина (1,077 г/см³; Pharmacia, Швеция).

Выделение фракции Т-лимфоцитов иммунной памяти проводили методом иммуномагнитной сепарации. Сепарация производилась с использованием моноклональных антител (МАТ) CD45RO⁺, конъюгированных с магнитными частицами (MicroBeads human, Miltenyi Biotec, Германия) в соответствии с протоколом производителя, при помощи автоматического магнитного сепаратора AutoMACS Pro Separator Instrument (Miltenyi Biotec, Германия). Оценка чистоты популяции CD45RO⁺-клеток проводилась с применением МАТ, которые были конъюгированы с фикоэритрином (PE) или флюоресцеинизотиоцианатом (FITC) (Abcam, Cambridge, Великобритания). Отсутствие В-лимфоцитов (CD19⁺) и моноцитов (CD14⁺) в культурах CD45RO⁺-клеток до и после культивирования подтверждалось методом проточной цитофлуориметрии с применением МАТ (e-Bioscience, США). Оценка поверхностных молекул была проведена на проточном цитофлуориметре MACS Quant (Miltenyi Biotec, Германия) согласно протоколу производителя. В проведенном исследовании были использованы культуры клеток, в которых



содержание CD3+CD45RO+CD14-CD19- лимфоцитов составило в среднем $98,5 \pm 1,5$ %. Присутствие целевой фракции CD45RO+-лимфоцитов в исследуемых образцах составляло более 95 %.

В исследование не включали людей младше 18 и старше 35 лет, а также людей с обострениями хронических воспалительных заболеваний, с аутоиммунными и эндокринными нарушениями, инфекционными и онкологическими патологиями.

Клетки с фенотипом CD45RO+ (1×10^6 кл./мл) культивировали в 48-луночной планшете в бессывороточной среде Искова (Sigma, США), при добавлении 0,5 % сывороточного альбумина человека (Микроген, Россия), 5×10^{-5} М β -меркаптоэтанола (Acros Organics, США) и 30 мкг/мл гентамицина в присутствии рекомбинантных форм цитокинов IL-2, IL-7, IL-15 (Miltenyi Biotec, Германия) в исследуемых концентрациях или без цитокинов (контрольные пробы) в течение 48 ч при 37°C, во влажной атмосфере, содержащей 5 % CO₂.

Варианты культивирования:

- 1) контрольные пробы без добавления цитокинов;
- 2) пробы с добавлением rIL-2 в исследуемых концентрациях (0,1 нг/мл; 0,5 нг/мл; 1,0 нг/мл);
- 3) пробы с добавлением rIL-7 в исследуемых концентрациях (0,1 нг/мл; 0,5 нг/мл; 1,0 нг/мл);
- 4) пробы с добавлением rIL-15 в исследуемых концентрациях (0,1 нг/мл; 0,5 нг/мл; 1,0 нг/мл).

По истечении времени культивирования (48 ч) проводили оценку количества лимфоцитов и процентное содержание жизнеспособных клеток в исследуемых культурах с использованием ViaCount Reagent (Millipore, США) методом проточной лазерной цитометрии на проточном цитометре «Guava EasyCite Plus» (Millipore, США), в соответствии с протоколом производителя.

Количество CD45RO+-лимфоцитов, экспрессирующих молекулы CD45RO+, CD3+, CD4+, CD8+, CD62L+, HLA-DR+, CD95+, было определено с использованием проточного цитофлюориметра с применением коктейля МАТ (eBioscience, США; Abcam, Великобритания; Miltenyi Biotec, Германия), приготовленных *ex tempore* в соответствии с протоколом производителя:

CD3-Viablue/CD4-PE/CD8-FITC/CD45RO-APC/CD62L-PerCp.

CD3-Viablue/-CD4-PE/CD8-FITC/CD95-APC/-HLA-DR-PerCp.

Результаты были зарегистрированы с использованием проточного цитофлюориметра MACSQuant (Miltenyi Biotec, Германия). Цитометрический анализ производился с использованием программы KALUZA Analysis Software (Beckman Coulter, США).

Статистический анализ. Анализ полученных результатов осуществляли с использованием пакета статистических программ IBM SPSS Statistics 20 (Statistical Package for the Social Sciences). Для оценки выборок данных использовали гипотезу нормальности распределения (Колмогорова — Смирнова). Полученные выборки не подчинялись нормальному закону распределения. Для каждой выборки вычисляли медиану (Me), первый и третий квартили (Q1, Q3). Статистически достоверных гендерных различий выявлено не было. С целью выявления достоверности различий между выборками был использован критерий Вилкоксона



для зависимых выборок. Для обнаружения связи между исследуемыми показателями был проведен корреляционный анализ Спирмена. Статистически значимыми различия считались при $P < 0,05$.

Результаты

Число CD3+CD45RO+ клеток в контрольных культурах по окончании времени культивирования (48 ч) составило в среднем $1,08 \pm 0,09 \times 10^6$ кл/мл, число жизнеспособных Т-клеток было равно $87,56 \pm 7,98$ %.

Количество Т-хелперов центральной (ТСМ) памяти, экспрессирующей молекулу CD95, составило 25,18 (23,86–26,15)%, тогда как в популяции Т-клеток эффекторной памяти их число достигало 79,53 (74,13–82,26)% (табл. 1).

Таблица 1

Относительное содержание (%) CD3+CD4+CD95+ и CD3+CD8+CD95+ клеток в CD62L+ и CD62L- популяциях CD45RO- культуры, в условиях гомеостатической модели культивирования *in vitro*, с добавлением разных концентраций γ с-цитокинов (rIL-2, rIL-7 и rIL-15)

Вариант культивирования	CD45RO+CD3+CD95+			
	CD4+CD62L-	CD4+CD62L+	CD8+CD62L-	CD8+CD62L+
Контрольная проба	79,53 (74,13–82,26)	25,18 (23,86–26,15)	84,21 (80,18–89,61)	72,54 (69,87–76,98)
IL-2 (0,1 нг/мл)	83,15 (80,04–89,71)	27,96 (26,12–29,46)	87,43 (83,21–89,42)	84,03 (79,02–86,67) $p^0 \leq 0,05$
IL-2 (0,5 нг/мл)	83,26 (79,98–89,53)	26,84 (26,35–29,43)	89,51 (86,47–96,18)	85,21 (79,95–87,34) $p_0 \leq 0,05$ $p_1 \leq 0,05$ $p_3 \leq 0,05$
IL-2 (1,0 нг/мл)	85,41 (81,05–91,17)	31,94 (28,76–31,31)	88,22 (85,33–95,62)	89,82 (83,81–93,14) $p_0 \leq 0,05$ $p_1 \leq 0,05$ $p_2 \leq 0,05$
IL-7 (0,1 нг/мл)	82,68 (78,21–88,74)	30,08 (29,71–32,21)	86,54 (82,15–89,66)	76,45 (75,12–79,76)
IL-7 (0,5 нг/мл)	78,16 (76,29–87,11)	24,81 (24,26–29,78)	84,42 (79,87–87,93)	78,94 (77,36–80,05)
IL-7 (1,0 нг/мл)	82,54 (77,89–89,03)	27,56 (27,12–31,05)	86,41 (82,03–89,54)	86,60 (82,38–92,19) $p_0 \leq 0,05$
IL-15 (0,1 нг/мл)	83,97 (78,08–89,97)	30,84 (30,21–32,14)	85,72 (79,82–90,13)	79,40 (76,23–81,54)
IL-15 (0,5 нг/мл)	85,27 (79,93–91,42)	26,48 (26,35–29,76)	87,31 (81,94–91,22)	77,69 (75,58–80,47)
IL-15 (1,0 нг/мл)	78,41 (76,23–87,91)	27,73 (27,28–29,61)	90,96 (83,24–94,75)	84,56 (81,55–90,53) $p_0 \leq 0,05$



Вариант культивирования	CD45RO+CD3+CD95+			
	CD4+CD62L-	CD4+CD62L+	CD8+CD62L-	CD8+CD62L+
IL-15 (0,1 нг/мл)	83,97 (78,08—89,97)	30,84 (30,21—32,14)	85,72 (79,82—90,13)	79,40 (76,23—81,54)
IL-15 (0,5 нг/мл)	85,27 (79,93—91,42)	26,48 (26,35—29,76)	87,31 (81,94—91,22)	77,69 (75,58—80,47)
IL-15 (1,0 нг/мл)	78,41 (76,23—87,91)	27,73 (27,28—29,61)	90,96 (83,24—94,75)	84,56 (81,55—90,53)
				$p_0 \leq 0,05$

110

Примечание (здесь и в табл. 2, 3): $p_0 \leq 0,05$ — достоверные различия с контрольной пробой;

$p_1 \leq 0,05$ — достоверные различия с пробой при добавлении цитокина в концентрации 0,1 нг/мл;

$p_2 \leq 0,05$ — достоверные различия с пробой при добавлении цитокина в концентрации 0,5 нг/мл;

$p_3 \leq 0,05$ — достоверные различия с пробой при добавлении цитокина в концентрации 1,0 нг/мл.

В культуре цитотоксических Т-лимфоцитов памяти число CD62L+CD95+ и CD62L-CD95+ клеток составило 72,54 (69,87—76,98)% и 84,21 (80,18—89,61)% соответственно. Таким образом, проведенное исследование убедительно доказывает, что цитотоксические лимфоциты памяти и хелперные популяции эффекторной памяти конститутивно экспрессируют на своей поверхности молекулу CD95.

Присутствие в среде культивирования CD3+CD45RO+ Т-клеток рекомбинантного IL-2 приводило к увеличению числа клеток (в среднем на 20 %) во всем диапазоне концентраций. Число CD95+ Т-клеток статистически значимо увеличилось при культивировании с rIL-2 (0,5 нг/мл; 1,0 нг/мл) по сравнению с контрольными значениями ($p \leq 0,05$) (табл. 2).

Стоит отметить, что изменения наблюдались, преимущественно, в цитотоксической популяции CD45RO+лимфоцитов (табл. 2).

Таблица 2

Содержание CD4+ и CD8+ Т-клеток (%)
в культурах CD45RO+ Т-лимфоцитов, экспрессирующих мембранную
молекулу апоптоза — CD95, в условиях инкубации с цитокинами,
имеющими общую γ -цепь рецепторов (rIL-2, rIL-7 и rIL-15),
в гомеостатической модели культивирования *in vitro* (Me (Q1-Q3))

Вариант культивирования	CD45RO+CD3+		
	CD95	CD4/95	CD8/95
Контрольная проба	20,84 (16,22—25,60)	12,01 (10,96—14,67)	7,43 (6,11—9,96)
IL-2 (0,5 нг/мл)	28,02 (25,14—31,54) $p_0 < 0,05$ $p_1 < 0,05$	12,75 (10,24—13,22)	15,56 (13,79—18,09) $p_0 < 0,05$ $p_1 < 0,05$



Вариант культивирования	CD45RO+CD3+		
	CD95	CD4/95	CD8/95
IL-2 (0,5 нг/мл)	28,02 (25,14–31,54) $p_0 < 0,05$ $p_1 < 0,05$	12,75 (10,24–13,22)	15,56 (13,79–18,09) $p_0 < 0,05$ $p_1 < 0,05$
IL-2 (1,0 нг/мл)	31,71 (28,93–35,23) $p_0 < 0,05$ $p_1 < 0,05$	11,33 (9,20–13,71)	18,72 (16,02–22,10) $p_0 < 0,05$ $p_1 < 0,05$
IL-7 (0,1 нг/мл)	18,78 (14,84–19,36)	11,91 (10,63–13,57)	6,53 (4,99–7,33)
IL-7 (0,5 нг/мл)	19,19 (15,23–23,41)	10,47 (8,41–13,47)	7,17 (6,28–9,73)
IL-7 (1,0 нг/мл)	20,96 (18,87–24,18)	12,22 (10,82–14,18)	7,99 (6,27–9,30)
IL-15 (0,1 нг/мл)	18,92 (15,59–23,10)	10,96 (7,72–13,46)	7,16 (5,30–9,18)
IL-15 (0,5 нг/мл)	21,27 (18,98–23,48)	11,25 (10,31–14,96)	9,57 (8,28–12,81)
IL-15 (1,0 нг/мл)	22,05 (20,18–25,35)	15,99 (13,23–18,23)	7,19 (4,48–12,53)

III

Количество Т-лимфоцитов эффекторной памяти CD8+CD62L- Т-лимфоцитов, напротив, повышалось в CD45RO- популяции Т-клеток, тогда как число CD95+лимфоцитов было сопоставимо с контрольными значениями (табл. 1).

Проведенное исследование показало, что rIL-7 не изменял количество и жизнеспособность клеток в CD3+CD45RO+ популяции Т-лимфоцитов. Добавление rIL-15 (1,0 нг/мл) приводило к достоверному увеличению общего числа (в мл) Т-лимфоцитов памяти.

Добавление rIL-7 и rIL-15 в культуру CD3+CD45RO+ Т-лимфоцитов не оказывало достоверного влияния на экспрессию CD95, однако было обнаружено повышение содержания CD8+CD62L+CD95+ клеток при внесении в среду культивирования исследуемых цитокинов в концентрации 1,0 нг/мл, что соответствует максимальной. Этот факт может свидетельствовать о цитокин-индуцированном созревании Т-клеток центральной памяти.

В ходе проведения настоящего исследования было выявлено, что в популяции CD3+CD45RO+ Т-клеток число хелперных HLA-DR+ Т-лимфоцитов было преобладающим. Количество HLA-DR+ клеток в популяции CD8+/CD4+CD62L+ лимфоцитов (TCM) составило 2,44 (2,38–3,15)% и 2,67 (2,64–3,18)% соответственно (табл. 3); в CD8+/CD4+CD62L- популяции (TEM) это процентное распределение было равно 15,57 (14,43–16,98) и 7,28 (7,68–8,78)% соответственно (табл. 3).

Таблица 3

Относительное содержание CD3+CD4+HLA-DR+ и CD3+CD8+HLA-DR+ клеток (%) в CD62L+ и CD62L- популяциях CD45RO+- культуры, в условиях гомеостатической модели культивирования *in vitro* с добавлением разных концентраций γ -цитокинов (rIL-2, rIL-7 и rIL-15)

Вариант культивирования	CD45RO+CD3+CDHLA-DR+			
	CD4+CD62L-	CD4+CD62L+	CD8+CD62L-	CD8+CD62L+
Контрольная проба	7,28 (7,68–8,78)	2,67 (2,64–3,18)	15,57 (14,43–16,98)	2,44 (2,38–3,15)
IL-2 (0,1 нг/мл)	14,02 (13,67–14,91)	3,24 (2,87–3,54)	20,81 (19,21–22,42)	4,01 (3,87–4,45)
IL-2 (0,5 нг/мл)	14,76 (14,11–15,18)	3,69 (3,14–3,94)	24,14 (23,67–26,38)	4,68 (4,41–4,75)
IL-2 (1,0 нг/мл)	17,75 (16,34–18,98) $p_0 \leq 0,05$	3,97 (3,48–4,87)	27,61 (25,43–28,09) $p_0 \leq 0,05$	7,74 (7,51–8,23) $p_0 \leq 0,05$
IL-7 (0,1 нг/мл)	9,36 (8,24–10,38)	2,32 (2,14–2,45)	17,48 (16,82–18,84)	3,25 (3,13–3,75)
IL-7 (0,5 нг/мл)	8,15 (7,96–9,57)	3,86 (3,16–4,21)	23,14 (21,42–23,15)	4,18 (3,76–4,52)
IL-7 (1,0 нг/мл)	9,71 (8,44–10,81)	2,41 (2,21–3,28)	26,01 (24,13–27,55) $p_0 \leq 0,05$	3,76 (3,41–4,28)
IL-15 (0,1 нг/мл)	10,33 (9,65–11,12)	2,41 (2,04–2,76)	19,78 (18,51–22,17)	4,31 (4,01–4,59)
IL-15 (0,5 нг/мл)	12,48 (11,63–13,79)	3,79 (3,13–4,07)	20,34 (19,25–21,88)	3,89 (3,78–4,17)
IL-15 (1,0 нг/мл)	13,97 (13,28–14,67)	3,92 (3,35–4,19)	26,57 (24,79–27,53) $p_0 \leq 0,05$	4,76 (4,65–4,91)

Важно отметить, что в популяции Т-лимфоцитов с фенотипом [CD45RO+CD62L-] более 99% CD3+HLA-DR+ Т-клеток несли на своей поверхности молекулу CD95. Тем не менее не все Т-лимфоциты, экспрессирующие CD95, презентировали на клеточной мембране маркер «поздней активации» HLA-DR+.

В ходе проведения анализа по оценке действия исследуемых цитокинов (rIL-2, rIL-7 и rIL-15) на экспрессию маркера HLA-DR цитотоксическими и хелперными Т-клетками в популяции CD45RO+-лимфоцитов *in vitro* было показано, что rIL-2 в концентрации 1,0 нг/мл способствовал увеличению количества HLA-DR+ Т-клеток как в CD62L+, так и в CD62L- субпопуляциях цитотоксических Т-лимфоцитов. При добавлении rIL-2 (1,0 нг/мл) в среду культивирования отмечалось увеличение содержа-



ния HLA-DR+T-клеток в хелперных субпопуляциях T-лимфоцитов эффекторной памяти (TEM, CD62L-) ($p \leq 0,05$) и достоверно не влияло на T-клетки с центральным фенотипом.

Цитокины rIL-7 и rIL-15 не оказывали статистически достоверного влияния на количество HLA-DR+ лимфоцитов памяти в популяции CD4+ T-клеток. Максимальная концентрация rIL-7 и rIL-15 (1,0 нг/мл) инициировала повышение количества HLA-DR+CD95+ в популяции цитотоксических T-клеток эффекторной памяти.

Обсуждение

Апоптотическая гибель клеток, инициированная активацией Fas (APO-1/CD95)-рецепторного механизма, играет важную роль в регуляции гомеостатической пролиферации T-лимфоцитов иммунной памяти. Взаимодействие CD95 с его лигандом (FasL) в конечном итоге приводит к гибели клеток, однако повышенная экспрессия CD95 на поверхности клетки не является адекватным предиктором восприимчивости клетки к Fas-опосредованному апоптозу [17]. Полученные ранее данные убедительно доказали, что конститутивная экспрессия молекулы CD95 на T-клетках памяти также является маркером их созревания и дифференцировки [2].

T-лимфоциты памяти находятся в G1 фазе клеточного цикла, что способствует более эффективному их переходу в IL-2-зависимую стадию иммунного ответа, в результате чего активируется запуск сигнальных событий, индуцирующих процесс фосфорилирования/дефосфорилирования белка, который завершается ядерной транслокацией факторов транскрипции и в конечном итоге инициирует транскрипцию необходимого гена [24]. Активация рецептора IL-2R инициирует экспрессию FasL с участием IL-2-индуцибельной киназы T-клеток (Itk). Дефицит IL-2, напротив, приводит к формированию аутоиммунной патологии [10].

Вариабельная чувствительность к цитокинам обусловлена дифференциальной экспрессией поверхностных молекул на разных субпопуляциях T-клеток [3]. Таким образом, в поддержании гомеостатического равновесия и инициации функциональной активности разных популяций (CD4+/CD8+) T-лимфоцитов центральной и эффекторной памяти участвуют разные стимулы.

Исследования, касающиеся анализа влияния цитокина IL-2 на гомеостаз цитотоксических CD8+ T-клеток памяти, зачастую носят противоречивый характер. Так, эксперимент с участием трансгенных мышей позволил выявить проапоптотический эффект IL-2. Кроме того, авторы отмечают ингибирующее влияние IL-2 на пролиферативную активность CD8+T-клеток памяти *in vivo* [14]. Е. В. Сазонова (2010) показала, что для инициации апоптозиндуцирующего эффекта IL-2 на T-клетки в условиях *in vitro* важен установленный порог концентрации цитокина [1]. Зарегистрированное в эксперименте снижение уровня клеточной жизнеспособности на фоне роста числа CD8+CD95+ лимфоцитов в культуре CD3+CD45RO+ T-клеток (в том числе в популяциях T-лимфоцитов центральной памяти), обусловленное действием rIL-2, согласуется



с результатами исследования Д. Камимура и др. (2004), в котором было показано, что IL-2 (1,0 нг/мл) значительно усиливает апоптоз цитотоксических Т-лимфоцитов иммунной памяти в отсутствии антигенного стимула в условиях *in vivo* [14].

Сведения, касающиеся роли IL-2 в пролиферативной активности CD4⁺-Т-лимфоцитов, носят весьма разнородный характер [18; 22].

Нами также получены данные о положительном влиянии IL-2 на генерацию IL-7R α клеток памяти [13]. Чувствительная система IL-2/IL-7 регулирует циклы активации и подавления Т-клеточных ответов, что важно для сохранения баланса между реактивностью и толерантностью иммунной системы, так как изменение гомеостатического равновесия может инициировать развитие иммунопатологических состояний [15].

Мембранная экспрессия цепей рецептора IL-7 находится под контролем экзо- и эндогенных факторов. В условиях клеточной активации Т-лимфоцитов наблюдается утрата экспрессии IL-7R α [11]. Клетки, не экспрессирующие рецептор к IL-7, получают сигналы от IFN- γ и TNF- α , вследствие чего снижается их пролиферативная активность и повышается чувствительность к апоптотической гибели. Реэкспрессия IL-7R α наблюдается на Т-лимфоцитах иммунной памяти [11]. Высокий уровень экспрессии CD127 может быть детерминантой выживания CD3⁺CD45RO⁺ Т-лимфоцитов [9].

IL-15 обладает многими биологическими эффектами IL-2 в связи с использованием для трансдукции сигнала общих рецепторных субъединиц, однако у каждого цитокина есть уникальная рецепторная субъединица для высокоаффинного связывания, определяющая значительные различия в биологическом действии указанных медиаторов [4].

CD8⁺-Т-клетки памяти являются чувствительными к IL-15-индуцированной пролиферации, в отличие от CD4⁺-клеток различной степени зрелости [7], что может быть связано с низкой экспрессией молекулы CD122 на клеточной мембране Т-хелперов, а также обусловлено особенностями фундаментальных механизмов регуляции исследуемых субпопуляций Т-лимфоцитов иммунной памяти. Было показано, что делеция IL-15R α способствует уменьшению числа CD8⁺ Т-клеток памяти. Действие IL-15 не только потенцирует пролиферацию CD8⁺ Т-клеток памяти, но и увеличивает их эффекторную функцию путем индукции перфориновой экспрессии и цитотоксических свойств [16]. Исследования выявили связь повышенного уровня IL-15 с аутоиммунными заболеваниями, в том числе с хроническим прогрессирующим рассеянным склерозом, диабетом I типа, системной красной волчанкой [21].

Известно, что в отсутствие IL-7 или IL-15, функционально взаимозаменяемых для Т-лимфоцитов, любой из них может инициировать пролиферацию CD8⁺ Т-клеток иммунной памяти [19]. IL-7 и IL-15 также могут увеличивать в Т-клетках экспрессию антиапоптотических молекул, в частности, Bcl-1 и Bcl-2 – через PI3K/АКТ и JAK/STAT сигнальные пути [23], и дезактивировать апоптогенные факторы – Bad и Bax [6].

Активация рецептора Fas может регулироваться другими поверхностными молекулами, в том числе HLA-DR – маркером поздней и / или длительной активации Т-лимфоцитов. Предполагают, что



CD3+HLA-DR+ клетки *in vivo* могут являться частью нормальной иммунорегуляции [12]. В последнее десятилетие исследователи пересмотрели участие CD3+HLA-DR+ Т-лимфоцитов в механизмах поддержания гомеостатического равновесия на периферии. Вероятно, CD3+HLA-DR+ являются зрелыми регуляторными Т-лимфоцитами, обладающими высокой супрессивной активностью [5; 12], которая обеспечивается контактными межклеточными взаимодействиями, в том числе посредством CTLA-4-сигнализации [5].

Выявлено, что CD3+HLA-DR+ клетки, выделенные из периферической крови здоровых доноров, несут на своей поверхности в основном низкомолекулярную изоформу рецептора CD45-CD45RO (до 78 – 88 %) и характеризуются отсутствием молекул недавней TCR-активации в сравнении с HLA-DR-негативными Т-лимфоцитами [12].

Вероятно, высокая экспрессия поверхностных молекул HLA-DR и CD95 может свидетельствовать о конечной фазе дифференцировки и созревания Т-лимфоцитов [12].

Мы предполагаем, что IL-2-опосредованное повышение содержания CD45RO+CD4+/CD8+HLA-DR+ Т-лимфоцитов в CD62L-негативной субпопуляции, индуцировано пополнением этого пула клеток прекурсорами – CD3+HLA-DR-. Подтверждением этому тезису явилось обнаружение взаимосвязи между содержанием цитотоксических TEM (CD62L-) клеток и CD8+HLA-DR+ лимфоцитов ($r = -0,80$, $p < 0,05$) при действии rIL-2 (1,0 нг/мл).

Увеличение количества CD3+HLA-DR+ цитотоксических лимфоцитов в субпопуляции Т-клеток центральной памяти может быть связано их пролиферацией. Л. Аррувито и др. (2014) показали, что CD8+ Т-клетки пуповинной крови новорожденных и периферической крови взрослых доноров, которые конститутивно экспрессируют молекулу HLA-DR, могут пролиферировать в условиях культивирования *in vitro*, сохраняя свои супрессивные свойства [5].

Мембранная экспрессия молекулы HLA-DR может инициировать один из механизмов реализации апоптотической гибели клеток, в том числе в отношении Т-лимфоцитов, которые могут экспрессировать Fas-антигена. Как отмечалось выше, высокие дозы IL-15 (1,0 нг/мл) могут способствовать развитию аутоиммунных патологий посредством активации пролиферативной активности CD8+ Т-лимфоцитов памяти и усиления их цитотоксических свойств [16]. Таким образом, повышенная мембранная экспрессия молекулы HLA-DR при добавлении нефизиологических концентраций IL-15 может приводить к инициации процесса клеточной гибели, обеспечивая тем самым ограничение иммунного ответа [16].

Таким образом, важно отметить, что поддержание физиологических концентраций γ с-цитокинов играет ключевую роль в сохранении гомеостаза иммунной системы посредством поддержания баланса процессов гомеостатической пролиферации и апоптотической гибели. Так, снижение концентрации IL-2 сопровождается формированием аутоиммунной патологии из-за нарушения функциональной активности Treg [10; 20]. Повышенная продукция цитокинов IL-7 и IL-15 также способствует раз-



витию аутоиммунитета вследствие нарушения механизмов апоптотической гибели. IL-15, в дополнение к антиапоптотическим эффектам, способен индуцировать пролиферативную активность цитотоксических лимфоцитов.

Проведенное исследование позволило установить, что дисбаланс цитокинов инициирует поверхностную экспрессию молекул апоптотической гибели CD95 и поздней активации HLA-DR для ограничения чрезмерной пролиферации лимфоцитов, происходящей без участия антигенного стимула, что необходимо для предотвращения формирования гиперпролиферативных патологий и срыва механизмов иммунной толерантности.

116

Финансирование: Авторы выражают благодарность за финансовую поддержку Программе стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» в БФУ им. И. Канта.

Список литературы

1. Сазонова Е. В. Механизмы реализации регуляторного влияния интерлейкина-2 на апоптоз лимфоцитов крови : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Кемерово, 2010.
2. Юрова К. А., Хазиахматова О. Г., Тодосенко Н. М. и др. Оценка влияния γ -цитокинов (IL-2, IL-7 и IL-15) на экспрессию молекул поздней активации и апоптоза (CD95 и HLA-DR) CD4⁺/CD8⁺ Т-лимфоцитами в популяции CD45RA⁺ Т-клеток *in vitro* // Иммунология. 2018. Vol. 39, №1. P. 20–25.
3. Alves N. L., van Leeuwen E. M., Remmerswaal E. B. et al. A new subset of human naive CD8⁺ T cells defined by low expression of IL-7R alpha // J Immunol. 2007. Vol. 179, №1. P. 221–228. doi: 10.4049/jimmunol.179.1.221.
4. Amsen D., Backer R. A., Helbig C. Decisions on the road to memory // Adv Exp Med Biol. 2013. Vol. 785. P. 107–120.
5. Arruaito L., Payaslián F., Baz P. et al. Identification and clinical relevance of naturally occurring human CD8⁺HLA-DR⁺ regulatory T cells // J Immunol. 2014. Vol. 193, №9. P. 4469–4476. doi: 10.4049/jimmunol.1401490.
6. Cai K., Wei R. Interleukin-7 expression in tears and orbital tissues of patients with Graves' ophthalmopathy // Endocrine. 2013. Vol. 44, №1. P. 140–144. doi: 10.1007/s12020-012-9840-7.
7. Castillo E. F., Schluns K. S. Regulating the immune system via IL-15 transpresentation // Cytokine. 2012. Vol. 59, №3. P. 479–490. doi: 10.1016/j.cyt.2012.06.017.
8. Clénet M.-L., Gagnon F., Moratalla A. C. et al. Peripheral human CD4⁺CD8⁺ T lymphocytes exhibit a memory phenotype and enhanced responses to IL-2, IL-7 and IL-15 // Sci Rep. 2017. Vol. 7. P. 11612.
9. Crawley A. M., Katz T., Parato K. et al. IL-2 receptor gamma chain cytokines differentially regulate human CD8⁺CD127⁺ and CD8⁺CD127⁻ T cell division and susceptibility to apoptosis // Int Immunol. 2009. Vol. 21, №1. P. 29–42. doi: 10.1093/intimm/dxn120.
10. Garg G., Tyler J. R., Yang J. H. et al. Type 1 diabetes-associated IL2RA variation lowers IL-2 signaling and contributes to diminished CD4⁺CD25⁺ regulatory T cell function // J Immunol. 2012. Vol. 188, №9. P. 4644–4653. doi: 10.4049/jimmunol.1100272.



11. Hoyer K. K., Dooms H., Barron L. et al. Interleukin-2 in the development and control of inflammatory disease // *Immunol Rev.* 2008. Vol. 226. P. 19–28. doi: 10.1111/j.1600-065X.2008.00697.x.
12. Imamichi H., Lempicki R. A., Adelsberger J. W. et al. The CD8+ HLA-DR+ T cells expanded in HIV-1 infection are qualitatively identical to those from healthy controls // *Eur J Immunol.* 2012. Vol. 42, №10. P. 2608–2620. doi: 10.1002/eji.201142046.
13. Kameyama K., Nemoto Y., Kanai T. et al. IL-2 is positively involved in the development of colitogenic CD4+ IL-7R alpha high memory T cells in chronic colitis // *Eur J Immunol.* 2010. Vol. 40, №9. P. 2423–2436. doi: 10.1002/eji.200939764.
14. Kamimura D., Ueda N., Sawa Y. et al. Evidence of a novel IL-2/15R beta-targeted cytokine involved in homeostatic proliferation of memory CD8+ T cells // *J Immunol.* 2004. Vol. 173, №10. P. 6041–6049. doi: 10.4049/jimmunol.173.10.6041.
15. Katzman S. D., Hoyer K. K., Dooms H. et al. Opposing functions of IL-2 and IL-7 in the regulation of immune responses // *Cytokine.* 2011. Vol. 56. P. 116–121. doi: 10.1016/j.cyto.2011.07.005.
16. Lenz D. C., Kurz S. K., Lemmens E. et al. IL-7 regulates basal homeostatic proliferation of antiviral CD4+ T cell memory // *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.* 2004. Vol. 101. P. 9357–9362. doi: 10.1073/pnas.0400640101.
17. Managlia E. Z., Landay A., Al-Harthi L. Interleukin-7 signalling is sufficient to phenotypically and functionally prime human CD4 naive T cells // *Immunology.* 2005. Vol. 114, №3. P. 322–335. doi: 10.1111/j.1365-2567.2004.02089.x.
18. McDonald P. W., Read K. A., Baker C. E. et al. Передача сигналов IL-7 подавляет Bcl-6 и программу гена TFH // *Nat Commun.* 2016. Vol. 7. P. 10285.
19. Prlic M., Lefrancois L., Jameson S. C. Multiple Choices: regulation of memory CD8 T cell generation and homeostasis by interleukin (IL)-7 and IL-15 // *J Exp Med.* 2002. Vol. 195, №12. P. F49–52. doi: 10.1084/jem.20020767.
20. Russell S. E., Moore A. C., Fallon P. G. et al. Soluble IL-2R α (sCD25) exacerbates autoimmunity and enhances the development of Th17 responses in mice // *PLoS One.* 2012. Vol. 7, №10. doi: 10.1371/journal.pone.0047748.
21. Saligrama P. T., Fortner K. A., Secinaro M. A. et al. IL-15 maintains T-cell survival via S-nitrosylation-mediated inhibition of caspase-3 // *Cell Death Differ.* 2014. Vol. 21, №6. P. 904–914. doi: 10.1111/j.1524-475X.2009.00459.x.
22. Schluns K. S., Lefrancois L. Cytokine control of memory T-cell development and survival // *Nat Rev Immunol.* 2003. Vol. 3, №4. P. 269–279. doi: 10.1038/nri1052.
23. Shenoy A. R., Kirschnek S., Häcker G. IL-15 regulates Bcl-2 family members Bim and Mcl-1 through JAK/STAT and PI3K/AKT pathways in T cells // *Eur J Immunol.* 2014. Vol. 44, №8. P. 2500–2507. doi: 10.1002/eji.201344238.
24. Zambricki E., Shigeoka A., Kishimoto H. et al. Signaling T-cell survival and death by IL-2 and IL-15 // *Am J Transplant.* 2005. Vol. 5, №11. P. 2623–2631. doi: 10.1111/j.1600-6143.2005.01075.x.

Об авторах

Кристина Алексеевна Юрова — канд. мед. наук, ст. науч. сотр. Центра иммунологии и клеточных биотехнологий БФУ им. И. Канта, Калининград, Россия.

E-mail: kristina_kofanova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6146-3330>

Денис Дмитриевич Лигатюк — инженер Центра иммунологии и клеточных биотехнологий БФУ им. И. Канта, Калининград, Россия.



Дарья Александровна Семенова — студент лечебного факультета, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия.

Лариса Сергеевна Литвинова — д-р мед. наук, директор Центра иммунологии и клеточных биотехнологий БФУ им. И. Канта, Калининград, Россия.

E-mail: larisalitvinova@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5231-6910>

K. A. Yurova¹, D. D. Ligatyuk¹, D. A. Semenova², L. S Litvinova¹

**CYTOKINE-INDUCED REGULATION OF MATURATION,
DIFFERENTIATION, AND APOPTOTIC DEATH OF IMMUNE
MEMORY T-LYMPHOCYTES**

¹Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

²Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia

Received 19 April 2022

Accepted 05 June 2022

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-7

To cite this article: Yurova K. A., Ligatyuk D. D., Semenova D. A., Litvinova L. S. 2022, Cytokine-induced regulation of maturation, differentiation, and apoptotic death of immune memory T-lymphocytes, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 106–119. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-7.

To maintain the normal state of the immune system, the processes of cell proliferation must be strictly regulated and balanced by the processes of apoptotic death to prevent the development of autoimmune and neoplastic reactions. T-lymphocytes of immune memory are under strict control from the immune system.

The role of γ c-cytokines (IL-2, IL-7, and IL-15) in the regulation of maturation, differentiation, and apoptotic death of memory T-lymphocytes under in vitro cultivation conditions was evaluated.

The study revealed the ability of γ c-cytokines to increase the content of CD3+HLA-DR+CD95+ T cells in the effector populations of immune memory cytotoxic lymphocytes, which may indicate the processes of cell differentiation and maturation under the influence of γ c-cytokines.

The authors also showed that in CD3+CD4+CD45RO+ T-lymphocytes have a relative resistance to the action of γ c-cytokines, in comparison with cytotoxic CD45RO+ T-cells.

Thus, maintaining homeostatic concentrations of γ c-cytokines plays an important role in maintaining the normal functioning of the immune system by maintaining the balance of homeostatic proliferation and apoptotic death. We also noted that cytokine imbalance contributes to an increase in the surface expression of late activation molecules (HLA-DR) and apoptosis (CD95), which is necessary to control excessive proliferation of lymphocytes, and, ultimately, prevents the breakdown of immune tolerance mechanisms and the development of hyperproliferative pathologies of the immune system.



Keywords: memory T-lymphocytes, γ c-cytokines, apoptosis, differentiation, maturation

About authors

Kristina A. Yurova – Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher at the Center for Immunology and Cellular Biotechnologies of the IKBFU I. Kant, NTP Factory, Kaliningrad, Russia.

E-mail: kristina_kofanova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6146-3330>

Denis D. Ligatyuk – engineer at the Center for Immunology and Cellular Biotechnologies of the IKBFU. I. Kant, NTP Factory, Kaliningrad, Russia.

119

Daria A. Semenova – student of the medical faculty of the Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russia.

Larisa S. Litvinova - Doctor of Medical Sciences, Director of the Center for Immunology and Cellular Biotechnologies of the IKBFU I. Kant, NTP Factory, Kaliningrad, Russia.

E-mail: larisalitvinova@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5231-6910>

С. В. Морозов, В. А. Изранов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПОДХОДА К ИЗМЕРЕНИЮ РАЗМЕРОВ СЕЛЕЗЕНКИ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ИССЛЕДОВАНИИ

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

Поступила в редакцию 17.08.2022 г.

Принята к публикации 29.08.2022 г.

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-8

120

Для цитирования: Морозов С. В., Изранов В. А. Определение оптимального подхода к измерению размеров селезенки при ультразвуковом исследовании // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2022. №3. С. 120–134. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-8.

Существует большое количество способов измерения размеров селезенки. Методически правильное проведение исследования является залогом верного определения наличия или отсутствия спленомегалии. В статье описаны известные методики определения размеров и объема селезенки, которые применяются в ультразвуковой диагностике, компьютерной и магнитно-резонансной томографии. Целью исследования является выявление наиболее точного способа измерения объема селезенки при ультразвуковом исследовании. Было проведено ультразвуковое исследование селезенки 40 пациентам, измерение проводилось в трех положениях тела пациента, в каждом применялось по три способа измерения и расчета объема органа. В ходе обработки результатов выявлено, что оптимальная визуализация обеспечивалась в положении пациента лежа на спине, ориентирование ультразвукового датчика по длинной оси селезенки. У одного пациента получались разные значения объема – средняя разница составляла 40–70 мл, а в отдельных случаях достигала 150 мл. Это говорит о влиянии дополнительных факторов на визуализацию – к ним можно отнести соматический тип пациента, изменчивость формы селезенки при изменении положения тела, форму селезенки.

Ключевые слова: селезенка, спленомегалия, объем селезенки, ультразвуковая диагностика

Введение

Селезенка является самым крупным вторичным лимфоидным органом [1]. Ее размеры изменяются в широких пределах у одного индивида в зависимости от функциональной активности и особенностей телосложения [2–6]. Опубликованы исследования, описывающие, как изменяются размеры селезенки в зависимости от приема пищи, физической активности, срока беременности, переезда в возвышенную местность [2–7].

Понимание нормальных размеров селезенки необходимо для диагностики спленомегалии. Спленомегалия возникает при активизации функ-



ционирования селезенки, что бывает при заболеваниях печени, системы крови, инфекционных и аутоиммунных заболеваниях, онкологических заболеваниях и болезнях накопления; в ряде случаев спленомегалия является первым и единственным симптомом наличия болезни [8; 9].

Основными способами определения размеров селезенки в клинической практике являются ультразвуковая диагностика (УЗД), компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ). Методом «выбора» обычно является УЗД. Этому методу отдают предпочтение за счет его неинвазивности, безопасности, доступности, однако точность измерений зависит от типа датчика, способа доступа, положения пациента, опыта оператора [10; 11].

Определение размеров селезенки проводят, измеряя ее отдельные линейные размеры, площадь среза или объем.

В 1986 г. Л. Б. Арклес и соавт. определили, что в случае, если длина селезенки менее 13 см, то в 98 % наблюдений у пациентов не возникает никаких симптомов заболеваний селезенки [12].

Распространенным в клинической практике является определение спленомегалии по значению площади среза селезенки, которую определяют при расположении датчика по длинной оси органа. Предлагаются следующие значения:

- < 40 см² — норма;
- 40—60 см² — увеличение селезенки;
- > 60 см² — спленомегалия [13].

В Национальном руководстве по абдоминальной хирургии предлагается определять спленомегалию при значении площади более 50 см² [14].

Исследование Р. В. Басий и соавт. показало, что средние значения площади у лиц юношеского возраста (16—21 год) составляют 40,0—46,5 см² [15].

В литературе отмечается, что для определения спленомегалии измерение объема имеет гораздо большую чувствительность по сравнению с измерением продольного размера или пальпацией (52 % против 33 и 25 % соответственно) [16]. При этом каких-либо подобных сравнений с измерениями площади найти не удастся, что указывает на возможности дальнейших исследований в этом направлении.

В 1981 г. Бриман и соавт. впервые упомянули использование формулы объема эллипсоида вращения для расчета объема селезенки [17]:

$$(\pi/6) * a * b * c \quad (1)$$

Проводилось несколько попыток проверить применимость этой формулы, в результате которых пришли к выводу о целесообразности использования других поправочных коэффициентов в формулах. Т. Дауни и соавт. в 1992 г. применяли эту формулу для расчета объема селезенки, извлеченной из трупов. Исследователи пришли к выводу о том, что наиболее близкая к истинному объему формула получается при применении коэффициента 0,57 [18]. В 2013 г. О. В. Возгомент с соавт. также проводила анализ макропрепаратов селезенки, исследователи пришли к значению коэффициента в формуле 0,589 [19].

Для измерения объема эллипсоида необходимо выбрать три взаимно перпендикулярных измерения (аналог трех осей в трехмерной системе координат), точно так же и для селезенки необходимо определить три ее взаимно перпендикулярных измерения [19].

Предложен ряд способов определения объема селезенки с помощью УЗД, КТ и МРТ, которые отличаются положением пациента, ориентированием ультразвукового датчика (на длинную ось органа или на стандартные анатомические плоскости) либо выбором осей и измерений на томограммах [3; 7; 19–28]. В таблице 1 представлены описанные в литературе методы, которыми измеряют селезенку разные исследователи [29]. Все плоскости выбираются так, чтобы в срезе селезенки были ворота органа.

На рисунках 1–4 изображены способы измерения линейных размеров селезенки, которые приведены в таблице 1.

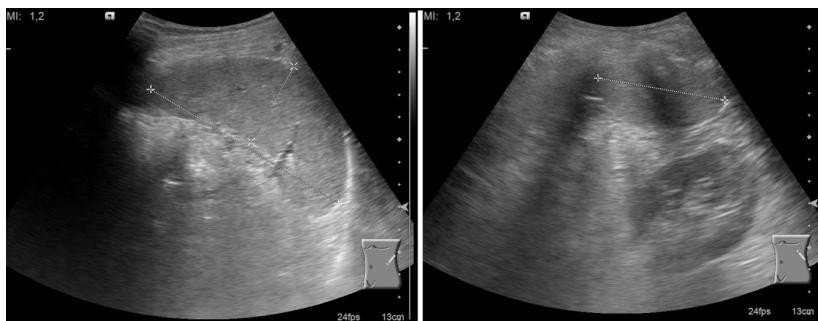


Рис. 1. Способ измерения объема селезенки согласно Возгомент и соавт., Чау и соавт. [19; 20]

Изображение слева: длинный отрезок — “максимальная длина”, или “длина”, короткий отрезок — “толщина” (согласно Возгомент), или “ширина” (согласно Чау).

Изображение справа: сечение органа, перпендикулярное его длинной оси — “передне-заднее измерение” (согласно Чау), или “ширина” (согласно Возгомент).

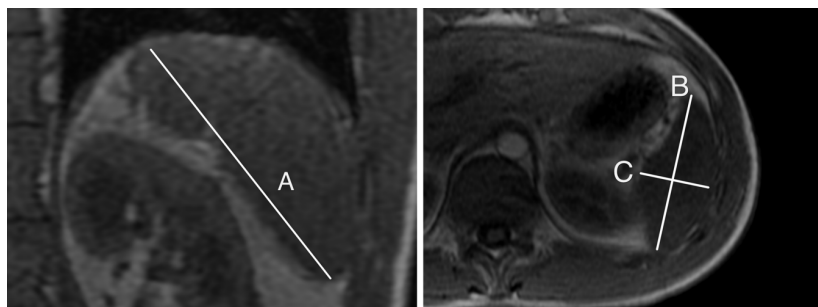


Рис. 2. МРТ изображение селезенки. Методика измерения согласно Джайку и Спилмэн [3; 23]. Томограммы получены на аппарате GE Optima MR450w, 1,5 Тл, режим сканирования LAVA Flex (T1)



Изображение слева: продольное сечение селезенки в фронтальной анатомической плоскости. Отрезок А — “максимальная длина” (согласно Spielmann), или “длина” (согласно Джаику).

Изображение справа: сечение селезенки в горизонтальной анатомической плоскости (поперечное сечение). Отрезок В — “ширина” (согласно Джаику), или “толщина” (согласно Спилмэн). Отрезок С — “глубина” (согласно Джаику), или “ширина” (согласно Спилмэн).

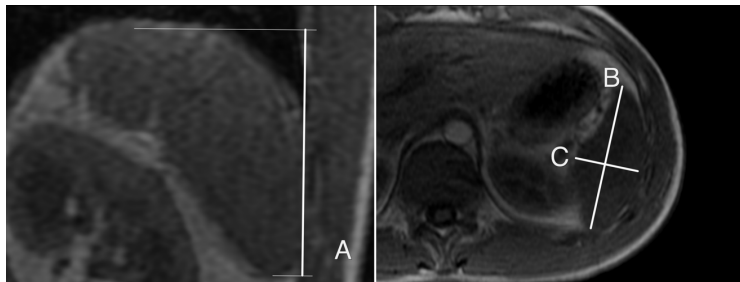


Рис. 3. МРТ изображение селезенки. Методика измерения согласно Сонмезу, Безерре, Харисингхани [7; 27; 28]. Томограммы получены на аппарате GE Optima MR450w, 1,5 Тл, режим сканирования LAVA Flex (T1)

Изображение слева: продольное сечение селезенки в фронтальной анатомической плоскости. Отрезок А — “длина” (согласно Безерре и Сонмезу), или “вертикальное расстояние” (согласно Харисингхани).

Изображение справа: сечение селезенки в горизонтальной анатомической плоскости (поперечное сечение). Отрезок В — “ширина” (согласно Безерре и Сонмезу), или “самый длинный диаметр” (согласно Харисингхани). Отрезок С — “толщина” (согласно Безерре и Сонмезу), или “самый длинный перпендикулярный диаметр” (согласно Харисингхани).

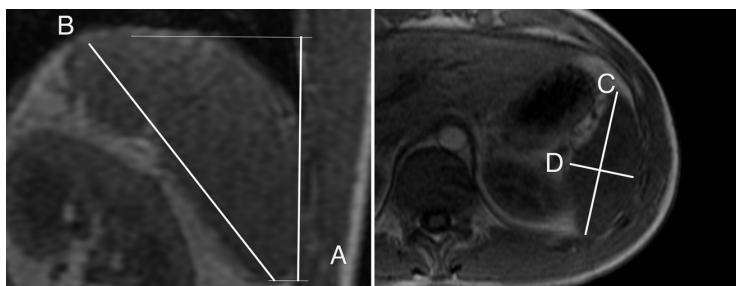


Рис. 4. МРТ изображение селезенки.

Методика измерения согласно Йеттеру [25]. Томограммы получены на аппарате GE Optima MR450w, 1,5 Тл, режим сканирования LAVA Flex (T1)

Изображение слева: продольное сечение селезенки в фронтальной анатомической плоскости. Отрезок А — “краниокаудальная длина”, отрезок В — “максимальная длина”.

Изображение справа: сечение селезенки в горизонтальной анатомической плоскости (поперечное сечение). Отрезок С — “ширина”, отрезок D — “толщина”.

Способы измерения линейных размеров селезенки.
Термины и описания процитированы из источников и переведены на русский язык

Автор	Используемый метод диагностики	Плоскость измерения	Название линейного измерения	Методика измерения
1. Джаик и др. [3]	УЗД	Продольное сечение в фронтальной плоскости («longitudinal plane»)	Длина («length»)	Наибольшее измерение на срезе («maximum distance of spleen in the longitudinal plane»)
		Поперечное сечение селезенки в горизонтальной плоскости («transverse plane»)	Ширина («width») Глубина («depth»)	Наибольшее переднезаднее измерение («maximum anteroposterior dimension») Расстояние от ворот до наружной поверхности («mediolateral distance from hilum to the outer convex surface»)
		Сагиттальная плоскость («sagittal plane»)	Длина («length»)	Наибольшее расстояние между краями («from the dome to the tip of the spleen»)
2. Сонмез и др. [7]	УЗД	Поперечное сечение в горизонтальной плоскости («transverse plane»)	Ширина («width») Толщина («thickness»)	Наибольшее расстояние между медиальным и латеральным краями («the maximum distance between the medial and lateral borders») Между внутренней и наружной поверхностями («between the inner and outer surface»)
		Продольное сечение в косой фронтальной ориентации («sagittal plane in the standard oblique coronal orientation, longitudinal sonogram»)	Длина («maximum length»)	Между наиболее удаленными точками органа на срезе («between the two points farthest from each other»)
3. Спилмэн и др. [23]	УЗД	Поперечное сечение в плоскости, перпендикулярной косой фронтальной («transverse plane, perpendicular to the oblique coronal plane»)	Толщина («anterioroposterior thickness») Ширина («width»)	Наибольшее измерение на срезе («the greatest dimension in the transverse plane») Расстояние от ворот до наружной поверхности («the shortest distance from the hilum to the outer convexity of the spleen»)



Окончание табл. 1

Автор	Используемый метод диагностики	Плоскость измерения	Название линейного измерения	Методика измерения
4. Чау и др. [20]	УЗД	В 10-м межреберном промежутке на уровне задней подмышечной линии («along the posterior axillary line in the 10 th intercostal space») Перпендикулярное 10-му межреберному промежутку на уровне задней подмышечной линии («perpendicular to the 10 th intercostal space along the posterior axillary line»)	Длина («maximum length») Ширина («width»)	Наибольшее измерение на срезе («maximum spleen dimension») Измерение, перпендикулярное длине («dimension, perpendicular to length») Наибольшее измерение на срезе («the greatest overall dimension»)
5. Возгомент и др. [19]	УЗД	Параллельно межреберным промежуткам	Длина Толщина Ширина	Между двумя наиболее удаленными точками на краях селезенки Измерение, перпендикулярное длине, между воротами и диафрагмальной поверхностью Между двумя наиболее удаленными точками на краях селезенки
6. Йеттер и др. [25]	УЗД	При повороте датчика на 90° относительно предыдущего положения Поперечное изображение в горизонтальной плоскости («transverse images») Продольное изображение в фронтальной плоскости («longitudinal images»)	Ширина («width») Толщина («thickness») Максимальная длина («maximum length»)	Наибольшее измерение на срезе («the greatest overall dimension») Кратчайшее расстояние между воротами и наружной поверхностью («the shortest distance between the hilum and the outer convex surface of the spleen») Наибольшее измерение на срезе («the greatest overall dimension»)



			Краниокаудальная длина («cranio-caudal length»)	Расстояние между перпендикулярами на вертикальную ось от самого верхнего до самого нижнего края («distance from the most superior margin to the most inferior margin of the spleen»)
7. Безерра и др. [27]	КТ	Фронтальная плоскость («coronal plane»)	Длина («length»)	Произведение количества срезов, где определяется орган, на толщину среза («was obtained by multiplying the number of sections where the spleen was visualized by the thickness of the sections»)
		Поперечная плоскость («transverse plane»)	Ширина («width»)	Наибольшее измерение на срезе («the greatest overall dimension»)
8. Харисинхани и др. [28]	МРТ	Горизонтальная плоскость («axial plane»)	Толщина («thickness»)	Измерение, перпендикулярное ширине, выбирается наибольшая толщина среди всех срезов («perpendicular to the width, the maximum thickness among all sections — the segment bounded by perpendiculars from the edges of the spleen»)
			Длинный диаметр («longest diameter»)	Наибольшее измерение на срезе («longest diameter of the spleen»)
		Длинный перпендикулярный диаметр («longest perpendicular diameter»)	Наибольшее измерение, перпендикулярное предельному («longest perpendicular diameter on the same trans-axial slice»)	
		Фронтальная плоскость («coronal plane»)	Вертикальная дистанция («vertical distance»)	Расстояние между самым верхним и самым нижним краями («distance between the most superior and most inferior margins»)



Каждый из способов утверждается как оптимальный и достаточный для определения объема. Таким образом, перед нами встает вопрос о стандартизации измерений объема селезенки.

Харисингхани и соавт. установили, что объемы органа, вычисленные с использованием классической формулы эллипсоида и методом планиметрии, очень схожи (коэффициент детерминации $R^2=0,97$). При этом метод планиметрии учитывает все особенности формы органа [28].

Йеттер и соавт. сопоставляли значения объемов, полученных методом планиметрии на КТ и разными формулами эллипсоида на УЗД. Когда в формуле учитывались только значения максимальной длины, разница составляла 10,6%; при учете только краниокаудальной длины разница была 14,4%. При использовании в формуле эллипсоида среднего арифметического максимальной и краниокаудальной длины отличие в объеме составило лишь 1,9%. В исследовании также упомянуто, что формула эллипсоида может использоваться для вычисления объема селезенки по КТ [25].

В ходе обзора литературы мы пришли к выводу о том, что ранее не проводились попытки напрямую сравнить результаты измерения объема селезенки методом УЗД, выполненные разными способами (с разным положением тела пациента и разным ориентированием ультразвукового датчика).

С целью проверки практических выводов из обзора и гипотезы о том, что разные способы измерения объема селезенки приведут к получению одних и тех значений объема, мы решили провести исследование [30].

Цель и задачи

Целью исследования является определение оптимального способа измерения объема селезенки при ультразвуковом исследовании (УЗИ).

Задачи:

- 1) определить положение тела пациента и ультразвукового датчика, при котором обеспечивается наилучшая визуализация селезенки;
- 2) определить разницу в измерениях объема селезенки при разных положениях тела пациента и разном ориентировании датчика;
- 3) определить влияние дополнительных факторов на визуализацию селезенки.

Методика исследования

В одномоментное одноцентровое неконтролируемое исследование включено 40 добровольцев — возраст от 17 до 65 лет, 31 женщина и 9 мужчин.

УЗИ проводилось на ультразвуковом аппарате Mindray DC-60 с использованием конвексного датчика С6-2 (частота сканирования 5,0 МГц).

Критериями включения являлись:

- возраст от 16 до 70 лет;
- отсутствие заболеваний, симптомом которых может быть спленомегалия — болезни системы крови, онкологические заболевания, системные заболевания соединительной ткани, хронические заболевания печени и сердца, хроническая сердечная недостаточность.



Измерение размеров селезенки проводилось:

- в положениях лежа на спине, лежа на боку, лежа на животе;
- вычисление объема селезенки проводилось:
- по стандартной формуле эллипсоида (ориентирование датчика по длинной оси органа) — метод по Возгомент и соавт.;
- по стандартной формуле эллипсоида (ориентирование датчика по анатомическим плоскостям) — метод по Джаику и соавт.;
- по формуле Йеттер с вычислением средней длины, ориентирование датчика по анатомическим плоскостям.

Таким образом, у каждого пациента определялось 9 значений объема органа. УЗИ проводилось опытным оператором (опыт проведения не менее 300 УЗИ селезенки). Анализ полученных результатов проводился с помощью программы *Microsoft Excel 2016*.

Результаты

В таблице 2 указано, у какого процента пациентов удавалось визуализировать селезенку без затруднений (вызванных артефактами, исходящими от воздуха в левом легком или от содержимого желудка и толстого кишечника).

Таблица 2

Пациенты, у которых удавалось визуализировать селезенку без затруднений, количество/%

Условия проведения исследования	Ориентирование датчика	
	на длинную ось органа	на анатомические плоскости
Лежа на спине	40/100	34/85
Лежа на правом боку	27/67,5	21/52,5
Лежа на животе	31/77,5	27/67,5

Из данных, представленных в таблице 2, следует, что в положении пациента лежа на спине и при ориентировании ультразвукового датчика на длинную ось органа визуализировать селезенку без затруднений удалось у всех исследованных; неудачная визуализация органа наблюдалась в положении пациента лежа на правом боку и при ориентировании датчика на стандартные анатомические плоскости — без затруднений это удалось выполнить лишь у 21 пациента (52,5%).

В таблице 3 представлены данные о том, насколько отличаются объемы селезенки, измеренные в положении лежа на спине, ориентир датчика на длинную ось органа (эти значения условно приняты за точку отсчета), — от объемов (в процентах), измеренных в других положениях.

Тем не менее, исходя из расчетов, представленных в таблице 3, можно сделать вывод о том, что в зависимости от положения пациента и способа ориентирования ультразвукового датчика мы можем получать разные значения объема селезенки у одного пациента. Сравнительно небольшая разница результатов измерений отмечается при расположении пациента лежа на спине (и применении разных подходов к ориентированию ультразвукового датчика), либо при ориентировании датчика на длинную ось органа (независимо от положения тела пациента). На прак-



тике различия в объемах у одного пациента составляли 40–70 мл; наименьшая замеченная нами разница в объемах составляла 25 мл; в отдельных случаях разница достигала 150 мл — в таких случаях затруднительно с уверенностью говорить о наличии или отсутствии спленомегалии у пациента при пограничных значениях объема органа.

Таблица 3

Среднее значение разницы (в процентах) в вычисленных значениях объемов селезенки в зависимости от условий проведения исследования, %

Условия проведения исследования	Ориентирование датчика		
	на длинную ось органа	на анатомические плоскости	на анатомические плоскости, с вычислением средней длины
Лежа на спине	—	-3,6	+7,6
Лежа на правом боку	-6,4	-19,5	-14,9
Лежа на животе	+9,1	+10,5	+10,3

Обсуждение

Данные, указанные в таблице 1 и рисунках 1–4, показывают, что отсутствует единообразие используемой терминологии — разные исследователи используют схожие измерения, при этом называют их по-разному.

Ранее проводились исследования, которые определяли внутриисследовательскую воспроизводимость измерений длины и объемов селезенки; Лэм и соавт. установили, что средняя ошибка линейного ультразвукового измерения составляет 9 % (или 4,9 мм), а при измерении объема — 3,5 % (или 9,2 см³) с использованием метода планиметрии (или суммации объемов) [24]. Хоуси и соавт. получили значения коэффициента внутриклассовой корреляции (ICC) для длины селезенки — 0,895–0,898, для ширины — 0,59–0,87 [31]. В исследовании Ли ICC для внутриисследовательской воспроизводимости длины селезенки составила 0,88 [32]. В исследовании Пикарди и соавт. значения коэффициента Пирсона внутри- и межисследовательской воспроизводимости для измерения объема с помощью УЗД показали значения 0,999 и 0,997 соответственно [16]. Результаты, полученные нами и указанные в таблице 3, превышают эти значения. Следовательно, такую разницу в результатах измерений у одного пациента нельзя объяснить только погрешностью метода УЗД.

Среди факторов, которые также могут объяснить эту разницу, следует выделить следующее.

У разных людей можно наблюдать *разные геометрические формы селезенки*. Мичелс описал следующие формы: клиновидная (44 % наблюдений), четырехгранная (42 % наблюдений) и треугольная (14 % наблюдений) [33]. Очевидно, что классическая формула эллипсоида (1) не учитывает такие вариации формы, хотя является удобным «упрощением».

Причины такой разницы могут скрываться в *соматическом типе пациента* (и связанных с ним особенностях синтопии внутренних органов). В исследовании И. Н. Фатеева и соавт. (2017) установлено, что тол-



щина селезенки была наибольшей у лиц с эпигастральным углом $<90^\circ$ ($54,3 \pm 1,2$ мм) и наименьшей у обследуемых с эпигастральным углом $>90^\circ$ ($45,2 \pm 1,8$ мм). Значения длины и толщины селезенки боли наибольшими у лиц с эпигастральным углом $>90^\circ$ ($136,1 \pm 2,0$ мм и $84,5 \pm 1,3$ мм соответственно) и наименьшими — у лиц с эпигастральным углом $<90^\circ$ ($126,5 \pm 1,9$ мм и $70,9 \pm 1,4$ мм соответственно) [34].

Есть исследования, которые выявили, что форма селезенки может изменяться в зависимости от положения тела пациента. Известно, что длинная ось селезенки в положении лежа на спине направлена параллельно ребрам и межреберным промежуткам [35]. Исследование, проведенное И. А. Левандровской и соавт. в 2020 г., показало, что в положении пациента стоя длинная ось селезенки в 80 % случаев располагалась перпендикулярно ходу ребер [36].

Выводы и заключение

1. Наилучшая визуализация селезенки при УЗИ наблюдается в положении пациента лежа на спине и ориентировании ультразвукового датчика на длинную ось органа.

2. Разные методики определения объема селезенки дают разные значения ее объема. Способы, при которых датчик ориентируют на длинную ось органа, а также при положении пациента лежа на спине, обеспечивают менее вариабельные значения объема.

3. Разница полученных значений объема превышает ошибку измерения одного исследователя, что говорит о влиянии дополнительных факторов на измерения (тип конституции, форма селезенки, изменение ее формы при смене положения тела).

Ограничениями данного исследования являются небольшой объем выборки и отсутствие «контрольного метода исследования» — в таком качестве может выступать МРТ.

Понимая указанные ограничения, мы планируем расширить исследование путем оценки размеров селезенки методами УЗД и МРТ, а также дополнить его соматометрическими данными. Планируется взять большее количество добровольцев и применить большее число способов вычисления объема селезенки (вычислять объем с применением в формулах разных поправочных коэффициентов). Подобное сравнение дает возможность определить оптимальный способ измерения объема селезенки методом УЗД и выявить возможную зависимость между оптимальным способом измерения и соматическим типом пациента. Результаты такого исследования позволят врачам УЗД выполнять более точные измерения объема и снижать частоту ложноположительных и ложноотрицательных заключений о спленомегалии.

Список литературы

1. *Mebius R. E., Kraal G.* Structure and function of the spleen // *Nature Reviews Immunology*. 2005. Vol. 5, №8. doi: 10.1038/nri1669.
2. *Shephard R. J.* Responses of the human spleen to exercise // *J Sports Sci*. 2016. Vol. 34, №10. P. 929–936. doi: 10.1080/02640414.2015.1078488.



3. Jahic D., Kapur E., Radjo I., Zerem E. Changes in Splenic Volume After the Treadmill Exercise at Specific Workloads in Elite Long-Distance Runners and Recreational Runners // *Med Arch*. 2019. Vol. 73, №1. P. 32–34. doi: 10.5455/medarch.2019.73.32-34.

4. Engan H. K., Lodin-Sundström A., Schagatay F., Schagatay E. The effect of climbing Mount Everest on spleen contraction and increase in hemoglobin concentration during breath holding and exercise // *High Alt Med Biol*. 2014. Vol. 15, №1. P. 52–57. doi: 10.1089/ham.2013.1061.

5. Roshdy M. S., Larsson S. A., Kimiaei S., Jacobsson H. Effect of food intake on liver and spleen volume: assessment with single photon emission computed tomography // *Acad Radiol*. 1997. Vol. 4, №3. P. 193–196. doi: 10.1016/s1076-6332(05)80290-9.

6. Maymon R., Zimerman A. L., Strauss S., Gayer G. Maternal spleen size throughout normal pregnancy // *Semin Ultrasound CT MR*. 2007. Vol. 28, №1. P. 64–66. doi: 10.1053/j.sult.2006.10.005.

7. Sonmez G., Ozturk E., Baskim C. C. et al. Effects of altitude on spleen volume: sonographic assessment // *J Clin Ultrasound*. 2007. Vol. 35, №4. P. 182–185. doi: 10.1002/jcu.20346.

8. Linguraru M. G., Sandberg J. K., Jones E. C., Summers R. M. Assessing splenomegaly: automated volumetric analysis of the spleen // *Acad Radiol*. 2013. Vol. 20, №6. P. 675–684. doi: 10.1016/j.acra.2013.01.011.

9. McCorkle R., Thomas B., Suffaletto H., Jehle D. Normative spleen size in tall healthy athletes: implications for safe return to contact sports after infectious mononucleosis // *Clin J Sport Med*. 2010. Vol. 20, №6. P. 413–415. doi: 10.1097/JSM.0b013e3181f35fe5.

10. Poddar U., Jagadisan B. Measuring Liver and Spleen by Ultrasonography // *Indian Pediatrics*. 2010. Vol. 47, №6. P. 475–476.

11. Dhingra B., Sharma S., Mishra D. et al. Normal Values of Liver and Spleen Size by Ultrasonography in Indian Children // *Indian Pediatrics*. 2010. Vol. 47, №6. P. 487–492.

12. Arkles L. B., Gill G. D., Molan M. P. A palpable spleen is not necessarily enlarged or pathologic // *Med J Aust*. 1986. Vol. 145, №1. P. 15–17. doi: 10.5694/j.1326-5377.1986.tb113733.x.

13. Степанова Ю. А. Ультразвуковая диагностика заболеваний селезенки : учеб. пособие / под ред. Л. С. Кокова. М., 2013.

14. Абдоминальная хирургия. Национальное руководство: краткое издание / под ред. И. И. Затевахина, А. И. Кириенко, В. А. Кубышкина. М., 2016.

15. Басий П. В., Васильев В. А., Кулиш А. И., Бешуля О. А. Морфометрические параметры селезенки по данным ультразвукового исследования лиц юношеского возраста Донецкого региона // *Морфологический альманах имени В. Г. Ковешникова*. 2019. Т. 17, №3. С. 28–31.

16. Picardi M., Martinelli V., Ciancia R. et al. Measurement of spleen volume by ultrasound scanning in patients with thrombocytosis: a prospective study // *Blood*. 2002. Vol. 99, №1. P. 4228–4230. doi: 10.1182/blood.v99.11.4228.

17. Breiman R. S., Beck J. W., Korobkin M. et al. Volume determinations using computed tomography // *Am J Roentgenol*. 1982. Vol. 138, №2. P. 329–333. doi: 10.2214/ajr.138.2.329.

18. Downey M. T. Estimation of splenic weight from ultrasonographic measurements // *Can Assoc Radiol J*. 1992. Vol. 43, №4. P. 273–277.

19. Возгомент О. В., Пыков М. И., Зайцева Н. В. Новые подходы к ультразвуковой оценке размеров селезенки у детей // *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2013. №6. С. 56–63.



20. Chow K. U., Luxembourg B., Seifried E., Bonig H. Spleen Size Is Significantly Influenced by Body Height and Sex: Establishment of Normal Values for Spleen Size at US with a Cohort of 1200 Healthy Individuals // *Radiology*. 2016. Vol. 279, №1. P. 306–313. doi: 10.1148/radiol.2015150887.

21. Ветшева Н.Н., Степанова Ю.А. Сравнение топометрических показателей селезенки по данным ультразвукового метода исследования // *Медицинская визуализация*. 2015. №4. С. 56–60.

22. Eze C. U., Agwu K. K., Ezeasor D. N. et al. Sonographic biometry of spleen among school age children in Nsukka, Southeast, Nigeria // *Afr Health Sci*. 2013. Vol. 13, №2. P. 384–392. doi: 10.4314/ahs.v13i2.27.

23. Spielmann A. L., DeLong D. M., Kliewer M. A. Sonographic evaluation of spleen size in tall healthy athletes // *Am J Roentgenol*. 2005. Vol. 184, №1. P. 45–49. doi: 10.2214/ajr.184.1.01840045.

24. Lamb P. M., Lund A., Kanagasabay R. R. et al. Spleen size: how well do linear ultrasound measurements correlate with three-dimensional CT volume assessments? // *Br J Radiol*. 2002. Vol. 75, №895. P. 573–577. doi: 10.1259/bjr.75.895.750573. PMID: 12145129.

25. Yetter E. M., Acosta K. B., Olson M. C., Blundell K. Estimating splenic volume: sonographic measurements correlated with helical CT determination // *Am J Roentgenol*. 2003. Vol. 181, №6. P. 1615–1620. doi: 10.2214/ajr.181.6.1811615.

26. Konus O. L., Ozdemir A., Akkaya A., Erbas G. et al. Normal liver, spleen, and kidney dimensions in neonates, infants, and children: evaluation with sonography // *Am J Roentgenol*. 1998. Vol. 171, №6. P. 1693–1698. doi: 10.2214/ajr.171.6.9843315.

27. Bezerra A. S., D'Ippolito G., Faintuch S. et al. Determination of splenomegaly by CT: Is there a place for a single measurement? // *American Journal of Roentgenology*. 2005. Vol. 184. P. 1510–1513. doi: 10.2214/ajr.184.5.01841510.

28. Harisinghani A., Sharma M., O'Connor M. et al. Comparison of Spleen Volumes Estimated Using Planimetry and Prolate Ellipsoid Methods on MRI in Myelofibrosis Patients // *Blood*. 2018. Vol. 132, №1. P. 5472. doi: 10.1182/blood-2018-99-118402.

29. Morozov S. V., Izranov V. A. Methods of Ultrasound Spleen Morphometry [published online ahead of print, 2021 Nov 30] // *J Ultrasound Med*. 2021. Vol. 10. doi: 10.1002/jum.15901.

30. Научно-практическая конференция «Актуальные вопросы ультразвуковой диагностики». 2-я часть [содержит доклад Морозова С.В. «Спорные вопросы ультразвуковой морфометрии селезенки»] // YouTube. 2020. 27 ноя. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=fqnWm6D6BEg> (дата обращения: 09.07.2022).

31. Hosey R. G., Mattacola C. G., Kriss V. et al. Ultrasound assessment of spleen size in collegiate athletes // *Br J Sports Med*. 2006. Vol. 40, №3. P. 251–254. doi: 10.1136/bjism.2005.022376.

32. Li P. S., Ying M., Chan K. H., Chan P. W., Chu K. L. The reproducibility and short-term and long-term repeatability of sonographic measurement of splenic length // *Ultrasound Med Biol*. 2004. Vol. 30, №7. P. 861–866. doi: 10.1016/j.ultrasmed-bio.2004.05.012.

33. Michels N. A. Blood Supply and Anatomy of the Upper Abdominal Organs, with a Descriptive Atlas. JB Lippincott, 1955.

34. Фатеев И.Н., Жанетова М.М., Урбанский Д.А., Фатеев А.И. Количественные параметры селезенки человека по данным магнитно-резонансной томографии // *Альманах молодой науки*. 2017. №3. С. 38–42.

35. Синельников Р.Д., Синельников Я.Р. Атлас анатомии человека : учеб. пособие : в 4 т. М., 1996. Т. 3.



36) Левандровская И. А., Асеева И. А., Пинчук П. В. Топография селезенки при вертикальном положении тела человека // Судебная медицина. 2020. Т. 6, №1. С. 36–40. <https://doi.org/10.19048/2411-8729-2020-6-1-36-40>.

Об авторах

Сергей Викторович Морозов – асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: sm9310@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8561-4711>

Владимир Александрович Изранов – д-р мед. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: VlZranov@kantiana.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6440-5889>

133

C. V. Morozov, V. A. Izranov

DETERMINATION OF THE OPTIMAL APPROACH TO MEASURING THE SPLEEN SIZES BY SONOGRAPHY

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Received 17 August 2022

Accepted 29 August 2022

doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-8

To cite this article: Morozov C. V., Izranov V. A. 2022, Determination of the optimal approach to measuring the spleen sizes by sonography, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, №3. P. 120–134. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-8.

There is a large number of ways to measure the size of the spleen by ultrasonography. Methodically correct examination is the key to the accurate determination of splenomegaly. The article describes well-known methods for determining its size and volume, which are used in sonography, computed tomography and magnetic resonance imaging. The aim of the study is to identify the most accurate way to measure the volume of the spleen during ultrasound examination. Therefore, the authors performed the ultrasound examination of the spleen of 40 patients, the measurement was carried out in three positions of the patient's body, in each of the positions three methods of measuring and calculating the volume of the organ were used. During the processing of the results, it was revealed that optimal visualization was provided in the patient's supine position, the orientation of the ultrasound transducer along the long axis of the spleen. One patient obtained different volume values – the average difference was 40–70 ml, and in some cases reached 150 ml. This indicates the influence of additional factors on visualization – these include the somatic type of the patient, the variability of the shape of the spleen when changing the position of the body, the shape of the spleen.

Keywords: spleen, splenomegaly, splenic volume, sonography



The authors

Sergey V. Morozov, PhD Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: sm9310@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8561-4711>

Prof. Vladimir A. Izranov, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: Vlzranov@kantiana.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6440-5889>

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

Правила публикации статей в журнале

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 печатных 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.

4. Список литературы должен составлять от 15 до 30 источников, не менее 50 % которых должны представлять современные (не старше 10 лет) публикации в изданиях, рецензируемых ВАК и (или) международных изданиях. Оптимальный уровень самоцитирования автора — не выше 10% от списка использованных источников.

5. Все присланные в редакцию работы проходят процедуру двойного «слепого» рецензирования, а также проверку системой «Антиплагиат», по результатам которых принимается решение о возможности включения статьи в журнал.

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

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

8. Автор имеет право публиковаться в одном выпуске «Вестника Балтийского федерального университета им. И. Канта» один раз; второй раз в соавторстве — в исключительном случае, только по решению редакционной коллегии.

Комплектность и форма представления авторских материалов

1. Статья должна содержать следующие элементы:

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

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

3) аннотацию на русском и английском языках (150–250 слов). Располагается перед ключевыми словами после заглавия;

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

5) список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008;

6) сведения об авторах на русском и английском языках (Ф.И.О. полностью, ученые степени, звания, должность, место работы, e-mail, контактный телефон, ORCID);

7) 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: <http://journals.kantiana.ru/vestnik/monograph/>

Порядок рецензирования рукописей статей

1. Все научные статьи, поступившие в редколлегию Вестника БФУ им. И. Канта, подлежат обязательному рецензированию. Отзыв научного руководителя или консультанта не может заменить рецензии.

2. Ответственный редактор серии 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 серии с учетом создания условий для максимально оперативной публикации статьи.

4. В рецензии освещаются следующие вопросы:

а) соответствует ли содержание статьи заявленной в названии теме;

б) насколько статья соответствует современным достижениям научно-теоретической мысли;

в) доступна ли статья читателям, на которых она рассчитана, с точки зрения языка, стиля, расположения материала, наглядности таблиц, диаграмм, рисунков и формул;

г) целесообразна ли публикация статьи с учетом ранее выпущенной по данному вопросу литературы;

д) в чем конкретно заключаются положительные стороны, а также недостатки статьи, какие исправления и дополнения должны быть внесены автором;

е) рекомендуется (с учетом исправления отмеченных рецензентом недостатков) или не рекомендуется статья к публикации в журнале, входящем в Перечень ведущих периодических изданий ВАК.

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 содержится рекомендация по исправлению и доработке статьи, ответственный редактор серии 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 или через личный кабинет онлайн-редакции журнала.

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

9. После принятия редколлегией серии решения о допуске статьи к публикации ответственный секретарь серии информирует об этом автора и указывает сроки публикации. Текст рецензии направляется автору по электронной почте или через личный кабинет онлайн-редакции журнала.

10. Оригиналы рецензий хранятся в редколлегии серии и редакции «Вестника Балтийского федерального университета им. И. Канта» в течение пяти лет.

Научное издание

ВЕСТНИК
БАЛТИЙСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
им. И. КАНТА

Серия

Естественные и медицинские науки

2022

№3

Редактор *И. О. Дементьев*. Корректор *П. С. Щербаков*
Компьютерная верстка *Е. В. Денисенко*

Подписано в печать 20.12.2022 г.
Формат 70 × 108 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 12,0
Тираж 300 экз. (1-й завод 35 экз.). Цена свободная. Заказ 137
Подписной индекс 94113

Издательство Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта
236001, г. Калининград, ул. Гайдара, 6