

ISSN 2500-3208

ВЕСТНИК
БАЛТИЙСКОГО
ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
им. И. КАНТА

Серия
Естественные и медицинские
науки

№ 1

Калининград
Издательство Балтийского федерального университета
им. Иммануила Канта
2020

Редакционная коллегия

Г. М. Федоров, д-р геогр. наук, проф., Институт природопользования, пространственного развития и градостроительства, БФУ им. И. Канта (главный редактор); *С. В. Корнев*, д-р мед. наук, проф., Медицинский институт, БФУ им. И. Канта (зам. главного редактора); *Б. Я. Алексеев*, д-р мед. наук, проф., Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П. А. Герцена; *Р. С. Богачев*, д-р мед. наук, проф., Медицинский институт, БФУ им. И. Канта; *В. А. Гриценко*, д-р физ.-мат. наук, проф., Институт природопользования, пространственного развития и градостроительства, БФУ им. И. Канта; *И. С. Гуменюк*, канд. геогр. наук, доц., Институт природопользования, пространственного развития и градостроительства, БФУ им. И. Канта; *А. Г. Дружинин*, д-р геогр. наук, проф., Северо-Кавказский научно-исследовательский институт экономических и социальных проблем, ЮФУ; *Л. Л. Емельянова*, канд. геогр. наук, Институт региональных исследований, Балтийский федеральный университет им. И. Канта (ответственный редактор); *Ю. М. Зверев*, канд. геогр. наук, доц., Институт природопользования, пространственного развития и градостроительства, БФУ им. И. Канта; *В. А. Изранов*, д-р мед. наук, проф., Медицинский институт, БФУ им. И. Канта (ответственный редактор); *Е. В. Краснов*, д-р геол.-минерал. наук, проф., Институт природопользования, пространственного развития и градостроительства, БФУ им. И. Канта; *А. Г. Манаков*, д-р геогр. наук, проф., естественно-географический факультет, Псковский государственный университет; *Т. Пальмовский*, д-р географии, проф., кафедра географии регионального развития, Гданьский университет; *А. И. Пашов*, д-р мед. наук, проф., Медицинский институт, БФУ им. И. Канта; *А. Разбадаускас*, проф., факультет наук о здоровье, Клайпедский университет; *В. В. Сивков*, канд. геол.-минерал. наук, Атлантическое отделение, Институт океанологии РАН; *Э. Спиряевас*, проф., Центр трансграничных исследований, Клайпедский университет; *М. Фрюауф*, проф., Институт географических наук и географии, Университет им. Мартина Лютера г. Галле; *П. К. Яблонский*, д-р мед. наук, проф., Санкт-Петербургский НИИ фтизиопульмонологии

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.

Адрес редакции:

236016, Россия, Калининград, ул. А. Невского, 14

СОДЕРЖАНИЕ

Экономическая, социальная и политическая география

<i>Михайлов А. С., Михайлова А. А., Хвалей Д. В.</i> География знания: кластеризация национальных центров компетенций в России	5
<i>Виноградова О. Л.</i> Динамика сельскохозяйственного землепользования Северо-Запада России и стран Балтии	18
<i>Гуменюк И. С., Сибирева Н. И., Федоров Д. Г.</i> Занятость в Калининградской области в сравнении с ближайшими регионами России и со среднероссийским уровнем	30

Физическая география, геоэкология и океанология

<i>Стурман В. И.</i> Пространственное распределение электромагнитных полей промышленной частоты в центральной части Калининграда	43
<i>Володина А. А., Герб М. А.</i> Влияние масштабных гидротехнических работ на растительный покров реки Преголи в Калининграде	55
<i>Михневич Г. С.</i> Гляциодислокации в толще четвертичных отложений на территории Калининградской области	65
<i>Стонт Ж. И., Буканова Т. В., Крек Е. В.</i> Изменчивость климатических характеристик прибрежной части Юго-Восточной Балтики в начале XXI века	81

Химия и биология

<i>Зозуля А. С., Мазова О. В.</i> Реакции аминирования дибензотиазином производных хинонов на «медной пленке»	95
---	----

Вопросы медицины

<i>Изранов В. А., Казанцева Н. В., Степанян И. А., Мартинович М. В., Гордова В. С., Бут-Гусаим В. И.</i> Диапазон нормальных значений жесткости печени у здоровых лиц	106
---	-----

CONTENTS

Economic, social and political geography

Mikhaylov A. S., Mikhaylova A. A., Hvalev D. V. Geography of knowledge: clustering national competence centres of Russia	5
Vinogradova O. L. The dynamics of agricultural land use in the North-West of Russia and the Baltic countries	18
Gumenyuk L. G., Sibireva N. I., Fedorov D. G. Employment in the Kaliningrad region in comparison with the nearest regions of Russia and with the average Russian level.....	30

Physical Geography, Geo-ecology and Oceanology

Sturman V. I. The pattern of electromagnetic fields of industrial frequency in the central area of Kaliningrad city	43
Volodina A. A., Gerb M. A. Construction works impact on the vegetation in the coastal zone of the Pregolya river in Kaliningrad	55
Mikhnevich G. S. Glacioidislocations in the quaternary deposits of the Kaliningrad region.....	65
Stont Z. I., Bukanova T. V., Krek E. V Variability of climatic characteristics over the South-East Baltic coastal waters in the early XXI century	81

Chemistry and Biology

Zozulya A. S., Mazova O. V. Reactions of dibenzothiazine amination of quinone derivatives on a «copper film»	95
--	----

Medical issues

Izranov V. A., Kazantseva N. V., Stepanyan I. A., Martinovich M. V., Gordova V. S., But-Gusaim V. I. Normal range of liver stiffness measurement in healthy people	106
--	-----

УДК 911.372.3

А. С. Михайлов, А. А. Михайлова, Д. В. Хвалей

**ГЕОГРАФИЯ ЗНАНИЯ: КЛАСТЕРИЗАЦИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ КОМПЕТЕНЦИЙ В РОССИИ**

5

В условиях перехода к инновационной экономике города выступают важнейшими центрами концентрации интеллектуального капитала. Однако их распределение на территории страны неоднородно. Кроме того, существуют значительные различия между системами воспроизводства новых научных знаний отдельных российских городов. В статье исследуются территориальные закономерности концентрации национальных центров компетенций на мезоуровне. Представлена типология научных центров по способности к созданию научных знаний, проведена оценка их плотности в субъектах РФ. Выявлены важнейшие кластеры научных центров в России.

While transiting to an innovation economy, cities are the most important centres of concentration of intellectual capital. However, their distribution around the territory of the country is not even. Various Russian cities also demonstrate significant differences between the systems of new scientific knowledge reproduction. The article focuses on the mesoscale study of spatial patterns in concentration of national centres of competence. The scientific centres are classified according to their ability to produce scientific knowledge and their number in the Russian Federation regions is assessed. The most important clusters of research centres in Russia have been identified.

Ключевые слова: география знания, научный центр, типология городов, наукометрия, научное пространство, интеллектуальный капитал, генерация знания.

Keywords: knowledge geography, science centre, knowledge city typology, spatial scientometrics, knowledge domain, intellectual capital, knowledge generation.

Введение

В фокусе исследований общественной географии в XXI в. вновь находятся вопросы территориального размещения и локализации, несмотря на усиливающуюся глобализацию и расширившиеся транспортные возможности, стремительное развитие информационно-коммуникационных технологий, распространение и повышение доступности интернета и мобильных сетей связи. Особенностью современного географического пространства в сравнении с «веком великих географических открытий» стала его переориентация на человека и становление «человекоизмерительного» подхода к районированию [3], в основе



которого лежит оценка нематериального измерения территориального капитала — новой индустриальной атмосферы, креативных полей, инновационной среды, кластеров превосходств [42]. Данные метаморфозы возникли в ответ на смещение главного детерминанта экономического роста и устойчивости с промышленности, сохранявшей пальму первенства с эпохи индустриальной революции, в пользу знания и инноваций. На сегодняшний день можно говорить о формировании нового типа социальности — «общества знания» — и нового типа экономики — «экономики знания» [9].

6

Становление географии знания как самостоятельного направления экономгеографических исследований является следствием стремления государств к инновационной высокотехнологичной экономике на фоне неоднородности территориального распределения интеллектуального капитала, что характерно и для России [1]. Востребованность исследований в данной области обусловлена необходимостью выявления закономерностей в процессе создания, распространения и накопления нового знания, выступающего важнейшим фактором конкурентоспособности, ввиду отсутствия прямой зависимости между показателями интеллектуального потенциала и социально-экономического, в том числе инновационного, развития, а также практической потребностью в выработке инструментов оценки и управления знаниями. Как отмечают М. Фельдман и Д. Аудреч [22], знания имеют ограниченный масштаб распространения. Они встроены в локальную среду, а процесс их кодификации и диффузии неизбежно сопряжен с сокращением целостности — информационным распадом [17; 27]. В то время как информация относительно глобальна, знания характеризуются значительной пространственной укорененностью [18]. Своевременная осведомленность о прорывных интеллектуальных разработках достигается за счет близкого расположения и связности в контексте локальной территориальной общности [5; 25], что создает предпосылки к усилению дивергенции в территориальном распределении интеллектуального капитала.

В данной статье мы сосредотачиваем свои усилия на выявлении закономерностей во взаимном расположении городов, выступающих научными центрами, в региональном пространстве. Выбор объекта исследования обусловлен тем, что города и агломерации, будучи естественными полюсами роста и привлекая население качественными услугами, культурно-досуговыми объектами, удобной инфраструктурой и широкими возможностями самореализации [26], характеризуются ярко выраженными свойствами устойчивых территориальных общностей [6] со своими традициями, нормами поведения, неформальными правилами, которые, по мнению Дж. Доси [21] и М. Сторпера [38; 39], координируют столь значимые в экономике знания, неторговые взаимозависимости и неденежный обмен. Наша цель — выявить возможные модели территориальных научных систем, сложившиеся в субъектах РФ, и оценить их способность к генерации нового научного знания. Особый упор делается на определении крупных региональных кластеров научных центров в России.



Теоретический базис исследования

В условиях глобальной экономики факторы устойчивого конкурентного преимущества все больше сводятся к локализации центров компетенций и системы межорганизационных отношений с многочисленными каналами обмена неявным знанием [36]. Глобализация скорее усилила, чем обесценила значимость территориального фактора. Современные научные исследования [14] показывают, что экономическое пространство становится все более «липким» и «густым», притягивая и аккумулируя в городах капитал, товары, людей и идеи, даже несмотря на их постоянное передвижение. Пространственная концентрация, плотность и разнообразие обеспечивают развитие: чем они сильнее, тем выше эффект для территории [12; 24; 31]. Концентрация способствует формированию концентрических кругов, отражающих ареалы научно-исследовательской кооперации [11]. Центрально-периферические паттерны пространственного развития усиливаются, поскольку вновь формируемые центры компетенций стремятся «подключиться» к «ядрам», еще больше укрепляя превосходство и расширяя зону влияния последних [10; 32; 41]. В результате структура интеллектуального пространства страны представлена несколькими высокосвязанными хабами и множеством узлов с небольшим количеством или отсутствием связей между ними. Как отмечает М. Менцель [32], первоначальные центры компетенций, сформированные на ранней стадии развития национальной инновационной системы, сохраняют и усиливают свое лидерство на более поздних этапах, продолжая доминировать в интеллектуальном пространстве за счет эффекта колеи по вовлечению внешних ресурсов роста – межгородских, региональных, национальных.

В предложенном Всемирным банком инструменте развития 3-D фактор близости отмечается как один из ключевых аспектов развития наряду с плотностью и специализацией [40]. Усложнение инновационного процесса повышает необходимость интеграции с большим числом стейкхолдеров, принадлежащих к различным институциональным сферам, а также усиливает значимость пространственной близости [7; 23; 29]. Принадлежность к единой территориальной общности обеспечивает сходство по всей совокупности характеристик (организационных, институциональных, культурных, технологических, когнитивных и пр.) и согласованность действий [6]. Вовлеченность и интегрированность в сформированную среду позволяет воспринять циркулирующую информацию и знания [13; 35]. По мнению Б. Лундвалля, «почти все нововведения отражают уже существующие знания, объединенные по-новому» [30, р. 8]. Кластеризация способствует восприятию и обмену неявного знания, обучению в процессе взаимодействия и совместной работы, в частности в рамках научно-исследовательской коллаборации [15]. К. Морган обращает внимание на частое заблуждение, от-



мечая, что если «информация быстро распространяется через организационные и территориальные границы, ошибочно предполагать, что ее понимание так же легко» [33, р. 3]. Эффективность центров генерации знания не зависит от показателей экономического развития [37]. Интеллектуальный капитал территории пополняется за счет интеграционных процессов обучения и кооперации, усиливаемых пространственной близостью [16].

Изучение пространственных аспектов создания, трансфера и дальнейшего применения знания формирует политический интерес к непосредственной географии знания, фокусирующейся на факторах, условиях и закономерностях территориального распределения научно-исследовательской деятельности, профессиональных навыков, высокотехнологичной инфраструктуры и других элементов интеллектуального капитала территорий [2]. Аналогично тому как не существует единого и универсального набора политических инструментов инновационного развития, который подходил бы для всех типов регионов [28], развитие интеллектуального капитала требует учета местной специфики, в том числе сложившейся траектории развития [8; 17]. Для перехода к новой модели экономического развития, основанной на знаниях, необходимо преодолеть определенный рубеж, при котором интеллектуальные ресурсы достигают минимального порогового уровня концентрации [4]. Формирование эффективной среды, способствующей проявлению эффектов синергии и эмерджентных свойств территориальных центров компетенций, достигается за счет открытого сетевого взаимодействия в контексте нелинейного инновационного процесса [7; 17; 19]. Пространственная концентрация научно-технической, образовательной, исследовательской и инновационной активности порождает кластерно-сетевые взаимодействия фирм, общественных организаций, отдельных индивидов [4]. Следует разделять подсистему коммерциализации знаний, в которой ключевую роль играет коммерческий сектор, и подсистему генерации знаний, функции которой преимущественно реализуются государственными учреждениями академического сектора [28; 34]. Инновационная эффективность зависит не только от знаний, накопленных в регионе, но и от того, как различные типы организаций, обладающих этими знаниями, взаимодействуют друг с другом и как эти знания распространяются в сложившейся среде [20].

Методология исследования

Объектом исследования стали 83 субъекта РФ и расположенные в них 440 городов, выступающих научными центрами разного уровня. Принадлежность города к научному центру определялась по наличию публикаций, проиндексированных в международной реферативной базе данных научного цитирования «Скопус» (Scopus). Критерий отнесения — наличие минимум одной статьи за период 2013–2017 гг. Предметом исследования являлись территориальные особенности концент-



рации научных центров в России на мезоуровне. Данная статья – часть более масштабного исследования, направленного на решение проблемы районирования территории России по степени генерации, использования, диффузии и накопления различных типов нового знания. На предыдущем этапе была разработана типология городов РФ по их способности к генерации нового научного знания с выделением трех основных типов: группа 1 «передовые», группа 2 «переходные» и группа 3 «локальные», а также их подтипов (табл. 1).

Таблица 1

Типология городов РФ по способности к генерации нового научного знания

9

Тип и подтип	Количество городов	Характеристика
1. Передовые	58	Научная продуктивность выше среднероссийского и среднемирового уровня
1.1	24	Значительная доля публикаций в журналах Топ-10 % Scopus и высокий показатель взвешенного по области знания цитирования. Интегрированность в национальные и международные научные сети
1.2	34	Мировая востребованность результатов исследований ниже, чем у подгруппы 1.1. Недостаток публикаций в журналах из Топ-10% Scopus
2. Переходные	11	Научная продуктивность между среднемировым и среднероссийским уровнем. Показатели общего и взвешенного по области знания цитирования, доля публикаций в журналах Топ-10 % Scopus, уровень интеграции в национальные и международные научные сети сотрудничества невелики
3. Локальные	371	Научная продуктивность ниже среднероссийского и среднемирового уровня
3.1	27	Публикация в год 1–2 (реже 10–12) статей в журналах, индексируемых в Scopus, ряд из которых входит в Топ-10 % и востребован мировым сообществом. Доминирование международного направления научного сотрудничества
3.2	156	Отсутствие или очень малое количество статей в журналах Топ-10 % Scopus, наличие отдельных научных связей с другими национальными или иностранными научными организациями
3.3	188	Малый публикационный опыт, низкая востребованность мировым сообществом результатов исследований, обособленность в научном пространстве



Типологизация производилась на основе комплексного анализа шести наукометрических показателей, характеризующих:

а) востребованность результатов научных исследований, представленных в статьях (через отношение количества полученных цитирований к числу публикаций 2013–2017 гг.);

б) силу влияния и качество исследования (через взвешенное по области знания цитирование);

в) интегрированность в международные научные сети (через долю публикаций, подготовленных в соавторстве с иностранными учеными);

г) национальную вовлеченность в научное сотрудничество (через долю публикаций, подготовленных совместно с авторами из различных учреждений страны);

д) конкурентоспособность в глобальном научном пространстве (через долю статей, опубликованных в Топ-10 % Scopus на основе показателя CiteScore);

е) научную продуктивность (через отношение совокупного объема публикаций к среднегодовой численности населения города).

Мерой сравнения по каждому показателю являлись среднемировые и среднероссийские значения. Дальнейшая оценка кластеризации научных центров производилась на уровне субъектов РФ путем изучения распределения данных центров по таким критериям, как их общее количество, выделенные на первом этапе исследования типы и плотность относительно численности авторов. Москва и Московская область, Санкт-Петербург и Ленинградская область рассматривались как единые научные агломерации. Севастополь и Республика Крым не были включены в исследование в связи с трудностями в сборе данных из зарубежных источников за исследуемый период.

Результаты исследования

Выявлено следующее распределение центров по созданию нового знания в научном пространстве России: 26 регионов с 1–2 научными центрами, 23 региона с 3–4 центрами; 15 регионов с 5–6 центрами и 15 регионов с 7–15 центрами (рис.). Лидирующие позиции занимают Московская агломерация и Свердловская область, в которых сконцентрировано соответственно 56 и 20 научных центров.

Невысокая концентрация научных центров типична для большинства (79 %) российских субъектов, из которых у 47 % интеллектуальный капитал формируется вокруг 3–6 городов, задающих внутрирегиональную динамику перетока знаний. Еще у 32 % регионов (преимущественно южных, северо-восточных и восточносибирских) генерация новых научных знаний происходит в одном или двух городах. С одной стороны, это свидетельствует о высокой поляризации научного пространства страны и распространенности моно- и биполярной моделей построения территориальных научных систем, а с другой – указывает на наличие в этих регионах обширных периферийных зон, не вовлеченных в процесс развития интеллектуального капитала.

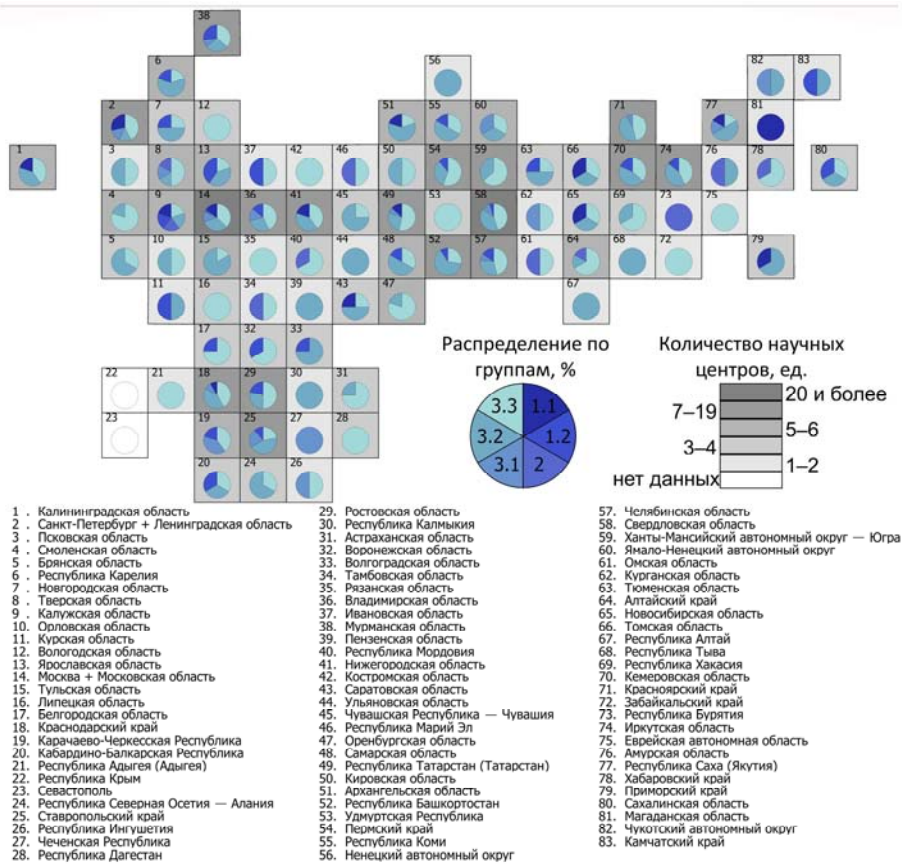


Рис. Распределение научных центров России по типам и регионам, 2013–2017 гг.

Источник: разработано авторами.

Дополнительная оценка распределения научных центров по типам подкрепляет вывод о поляризованном и центр-периферийном характере обширной части научного пространства России, вывечивая интересные закономерности в их конфигурации. Во-первых, как правило, одиночность научного центра в регионе свидетельствует о его локальной значимости, слабой продуктивности и обособленности относительно национальных и международных научных сетей. У 7 из 9 регионов такой научный центр отнесен к группе 3, исключениями стали Магаданская область (группа 1.1) и Республика Бурятия (группа 2). Во-вторых, в случаях би-, трех- и четырехполярных моделей формируются территориальные научные системы, состоящие из сильного ядра и менее развитых городов-спутников из третьей группы. Лишь у 29 % субъектов РФ с 2 научными центрами и у 13 % с 3–4 не было выявлено ярко выраженного города-аттрактора, а их научный ландшафт создавался несколькими сходными в научном развитии локальными центрами (из групп 3.2 и 3.3), как правило не имеющими сильных связей друг с другом. В-третьих, с повышением количества научных центров в регионе



до 5–6 наблюдается формирование многоядерных моделей территориальных научных систем с 2 или даже 3 сильными в научном плане городами (как, например, в Калужской и Ярославской областях).

В 21 % регионов России отмечена тенденция к концентрации и последующей кластеризации научных центров (см. рис.). Для 8 из них характерна модель построения территориальной научной системы с наличием нескольких (от 2 до 9) сильных научных центров из групп 1.1 и 1.2, вокруг которых расположены научные центры меньшего порядка (Московская и Санкт-Петербургская агломерации, Республика Татарстан, Ростовская, Челябинская, Нижегородская, Кемеровская, Мурманская области). Еще в 7 регионах (Свердловская, Владимирская, Иркутская области, Красноярский, Пермский, Ставропольский края, Республика Башкортостан) сформировалась модель с одним аттрактором. Лишь в 2 регионах (Краснодарский край и Ханты-Мансийский автономный округ – Югра) наличие большого количества научных центров не привело к выделению из них сильных лидеров.

В таблице 2 представлена характеристика регионов с 7 и более научными центрами по важнейшим наукометрическим показателям, характеризующим концентрацию авторов и объем генерации новых научных знаний, научную эффективность и нагрузку на научный центр в масштабах региона. Отметим, что на них приходится почти 74 % всех российских авторов и 73 % российских статей в базе «Скопус» за 2013–2017 гг.

Таблица 2

Характеристика региональных кластеров научных центров России, 2013–2017 гг.

Регион	Количество авторов на 1 научный центр	Количество публикаций на 1 научный центр за 5 лет	Количество публикаций у 1 автора за 5 лет	Нагрузка на 1 научный центр, тыс. чел. населения
Московская агломерация	3175	3562	1,1	355
Свердловская область	287	565	2,0	216
Республика Татарстан	388	983	2,5	259
Ростовская область	215	440	2,0	302
Краснодарский край	126	156	1,2	430
Челябинская область	172	355	2,1	269
Красноярский край	206	443	2,2	240
Республика Башкортостан	151	445	2,9	370
Кемеровская область	694	258	0,4	246
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	33	73	2,2	150
Мурманская область	160	134	0,8	69
Нижегородская область	1633	925	0,6	324
Ставропольский край	82	177	2,2	311
Пермский край	166	498	3,0	292
Санкт-Петербургская агломерация	12 284	8182	0,7	1017
Иркутская область	2233	794	0,4	344
Владимирская область	53	152	2,9	198

Источник: рассчитано авторами по данным базы «Скопус».



Согласно рассчитанным показателям, могут быть выделены два крупнейших научных кластера России, расположенных в Московской и Санкт-Петербургской агломерациях. Они характеризуются наивысшим уровнем локализации ученых, публикующихся в журналах из базы «Скопус», а также концентрацией научных статей. Их средняя публикационная эффективность колеблется от 0,7 до 1,1 статьи на ученого, то есть 1 автор за 5 лет генерирует примерно 1 статью, что ниже, чем в целом по группе (1,7). Отметим, что Московская и Санкт-Петербургская агломерации имеют одну из самых высоких нагрузок на свои научные центры относительно численности населения (в сравнении с другими регионами из таблицы 2). При этом если для Московской агломерации характерна преимущественная концентрация небольших научных центров вокруг гипертрофированного ядра, то в случае Санкт-Петербургской агломерации ядро не так сильно раздуто и притягивает к себе меньшее число более крупных, чем у Москвы, спутников.

13

Вторую группу региональных кластеров научных центров образуют Иркутская, Нижегородская и Кемеровская области. Сложившиеся в них территориальные научные системы существенно отстают по своим размерам от столичных, однако также имеют высокие показатели концентрации публикующихся авторов: от 694 до 2233 человек на один научный центр. При этом их публикационная эффективность является наиболее низкой среди всех рассматриваемых регионов (табл. 2). Средний период генерации 1 автором 1 статьи занимает 10 лет. Можно предположить, что большинство публикаций в этих регионах — коллективные, с большим количеством авторов.

Третья группа региональных кластеров научных центров включает четыре субъекта РФ: Ростовскую область с трехъядерной моделью территориальной научной системы, Республику Татарстан — с двухъядерной, Свердловскую область и Красноярский край — с одноядерными. Для них характерна средняя концентрация авторов на уровне 270 человек в одном научном центре. Научные кластеры этих регионов характеризуются одними из самых высоких показателей эффективности: каждый автор в пятилетний период генерирует 2 и более статьи.

В четвертую группу вошли восемь региональных кластеров научных центров, расположенных в Челябинской, Мурманской, Владимирской областях, Пермском, Краснодарском, Ставропольском крае, Республике Башкортостан и Ханты-Мансийском автономном округе — Югра. В большинстве из них сформирована модель территориальной научной системы с одним ядром-аттрактором. При сравнительно небольшой концентрации авторов в научных центрах этих кластеров (менее 200 человек), для них характерна достаточно высокая публикационная эффективность (табл. 2).

Выводы

В фокусе данного исследования находился процесс концентрации научных центров и формирования научных кластеров в национальном научном пространстве России на мезоуровне. По результатам исследо-



вания выявлено, что между субъектами РФ наблюдается сильная дивергенция по плотности научных центров и сформировавшимся моделям территориальных научных систем. Наиболее распространенными являются монополярная модель, когда в регионе всего один научный центр, и модель с одним ядром, когда вокруг города-аттрактора локализовано еще до 5 научных центров. Значительная часть территории страны практически не интегрирована в процесс генерации нового научного знания. Основными регионами с высоким потенциалом для научной кластеризации выступили Московская и Санкт-Петербургская агломерации, а также еще 15 субъектов РФ: Свердловская, Ростовская, Челябинская, Кемеровская, Мурманская, Нижегородская, Иркутская, Владимирская области, Республики Татарстан и Башкортостан, Краснодарский, Красноярский, Ставропольский, Пермский края, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, в каждом из которых локализовано более 7 научных центров разных типов.

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта №19-77-00053 «География знания: кластеризация и сетевые связи национальных центров компетенций».

Список литературы

1. Бабурин В. Л., Земцов С. П. Инновационный потенциал регионов России : монография. М., 2017.
2. Беляев Д. О., Мойсбургер П. География знания как одно из передовых направлений современной географической науки // Известия Российской академии наук. Сер. географическая. 2011. №2. С. 7–16.
3. Гладкий А. В. География в постнеклассическом мире: новые концепции и идеи географического пространства // Псковский региологический журнал. 2015. №21. С. 3–16.
4. Жук Н. П. Взаимодействие как фактор инновационного развития: агломерационные эффекты // Инновации. 2014. №1 (183). С. 32–36.
5. Михайлов А. С. Границы территориальной общности // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2017. №1. С. 5–20.
6. Михайлов А. С. Локальные миры территориальной общности // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2017. №4. С. 5–18.
7. Михайлова А. А. Инновационный процесс: история и современные тенденции моделирования // Инновационный Вестник Регион. 2014. №3. С. 22–29.
8. Михайлова А. А. Поиск инновационной траектории развития Калининградской области // Балтийский регион. 2019. Т. 11, №3. С. 92–106.
9. Эннс И. А. Дискуссионные вопросы концепции «обучающегося региона» // Вестник Томского государственного университета. 2014. №387. С. 69–74.
10. Albert R., Barabasi A. L. Statistical Mechanics of Complex Networks // Reviews of Modern Physics. 2002. №74 (1). P. 47–97.
11. Aroca P., Azzoni C., Sarrias M. Regional concentration and national economic growth in Brazil and Chile // Letters in Spatial and Resource Sciences. 2018. №11 (3). P. 343–359.



12. Baldwin R.E., Martin P. Agglomeration and regional growth // Henderson J.V., Thisse J.F. (eds.). Handbook of regional and urban economics. Vol. 4 : Cities and geography. North Holland, 2004.

13. Balland P.-A., Belso-Martínez J.A., Morrison A. The Dynamics of Technical and Business Knowledge Networks in Industrial Clusters: Embeddedness, Status, or Proximity? // Economic Geography. 2015. №92 (1). P. 35–60. doi: 10.1080/00130095.2015.1094370.

14. Barca F., McCann P., Rodríguez-Pose A. The case for regional development intervention: Place-based versus place-neutral approaches // Journal of Regional Science. 2012. №52 (1). P. 134–152.

15. Bathelt H., Malmberg A., Maskell P. Clusters and knowledge: Local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation // Progress in Human Geography. 2004. №28 (1). P. 31–56. doi: 10.1191/0309132504ph4690a.

16. Caragliu A., Nijkamp P. Space and knowledge spillovers in european regions: The impact of different forms of proximity on spatial knowledge diffusion // Journal of Economic Geography. 2016. №16 (3). P. 749–774. doi: 10.1093/jeg/lbv042.

17. Coenen L., Asheim B., Bugge M.M., Herstad S.J. Advancing regional innovation systems: What does evolutionary economic geography bring to the policy table? // Environment and Planning C: Politics and Space. 2017. №35 (4). P. 600–620. doi: 10.1177/0263774X16646583.

18. Cooke P., Boekholt P., Todtling F. The Governance of Innovation in Europe. Regional Perspectives on Global Competitiveness. L., 2000.

19. Cooke P.N., Heidenreich M., Braczyk H.-J. Regional Innovation Systems: The role of governance in a globalized world. Oxford, 2004.

20. Doloreux D., Porto-Gomez I.P. A review of (almost) 20 years of regional innovation systems research // European Planning Studies. 2017. №25 (3). P. 371–387. doi: 10.1080/09654313.2016.1244516.

21. Dosi G. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation // Journal of Economic Literature. 1988. №26 (3). P. 1120–1171.

22. Feldman M.P., Audretsch D.B. Innovation in cities: Science-based diversity, specialization and localized competition // European Economic Review. 1999. №43 (2). P. 409–429. doi: 10.1016/S0014-2921(98)00047-6.

23. Freel M.S. Sectoral patterns of small firm innovation, networking and proximity // Research Policy. 2003. №32 (5). P. 751–770. doi: 10.1016/S0048-7333(02)00084-7.

24. Fujita M., Thisse J. Does geographical agglomeration foster economic growth? and who gains and loses from it? // Japanese Economic Review. 2003. №54 (2). P. 121–145. doi: 10.1111/1468-5876.00250.

25. Glaeser E.L., Kallal H.D., Scheinkman J.A., Shleifer A. Growth in cities // Journal of Political Economy. 1992. №100 (6). P. 1126–1152.

26. He C., Chen T., Mao X., Zhou Y. Economic transition, urbanization and population redistribution in China // Habitat International. 2016. №51. P. 39–47.

27. Henderson J.V. Ways to think about urban concentration: Neoclassical urban systems versus the new economic geography // International Regional Science Review. 1996. №19 (2). P. 31–36. doi: 10.1177/016001769601900203.

28. Isaksen A. Building Regional Innovation Systems: Is Endogenous Industrial Development Possible in the Global Economy? // Canadian Journal of Regional Science. 2001. №XXIV (1). P. 101–120.

29. Johnson, B., Lundvall B. Catching-up and institutional learning under post-socialism // Hausner J., Jessop B., Neilsen K. (eds.). Institutional Frameworks of Market Economies. Aldershot, 1993. P. 68–86.



30. *Lundvall B.* National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. L., 1995.
31. *Martin P., Ottaviano G.I.P.* Growing locations: Industry location in a model of endogenous growth // *European Economic Review*. 1999. №43 (2). P. 281–302. doi: 10.1016/S0014-2921(98)00031-2.
32. *Menzel M.* Interrelating dynamic proximities by bridging, reducing and producing distances // *Regional Studies*. 2015. №49 (11). P. 1892–1907. doi: 10.1080/00343404.2013.848978.
33. *Morgan K.* The exaggerated death of geography: Learning, proximity and territorial innovation systems // *Journal of Economic Geography*. 2004. №4 (1). P. 3–21. doi: 10.1093/jeg/4.1.3.
34. *Njøs R., Fosse J.K.* Linking the bottom-up and top-down evolution of regional innovation systems to policy: Organizations, support structures and learning processes // *Industry and Innovation*. 2019. №26 (4). P. 419–438. doi: 10.1080/13662716.2018.1438248.
35. *Nooteboom B.* Learning by interaction: Absorptive capacity, cognitive distance and governance // *Journal of Management and Governance*. 2000. №4 (1–2). P. 69–92.
36. *Porter M.E.* Clusters and the new economics of competition // *Harvard Business Review*. 1998. №76 (6). P. 77–90.
37. *Shearmur R., Bonnet N.* Does local technological innovation lead to local development? A policy perspective // *Regional Science Policy and Practice*. 2011. №3 (3). P. 249–272.
38. *Storper M.* *The Regional World*. N. Y., 1997.
39. *Storper M.* The Resurgence of Regional Economies, Ten Years Later: The Region as a Nexus of Untraded Interdependencies // *European Urban and Regional Studies*. 1995. №2 (3). P. 191–221. doi: 10.1177/096977649500200301.
40. *World Development Report 2009: Reshaping Economic Geography* / The World Bank. Washington, 2009. doi: 10.1596/978-0-8213-7640-9.
41. *Watts D.J.* The «New» Science of Networks // *Annual Review of Sociology*. 2004. №30 (1). P. 243–270.
42. *Zemtsov S.P., Baburin V.L., Kidyayeva V.M.* Innovation Clusters and Prospects for Environmental Management in Russia // *Geography and Natural Resources*. 2018. №39 (1). P. 10–15.

Об авторах

Андрей Сергеевич Михайлов – канд. геогр. наук, ведущ. науч. сотр., зав. лабораторией географии инноваций Института региональных исследований, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: andrmikhailov@kantiana.ru

Анна Алексеевна Михайлова – канд. геогр. наук, ст. науч. сотр., Центр балтийских исследований Института региональных исследований, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: tikhonova.1989@mail.ru

Дмитрий Витальевич Хвалец – лаборант, лаборатория географии инноваций Института региональных исследований, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: DKHvalei1@kantiana.ru



The authors

Dr Andrey S. Mikhaylov, Leading Research Fellow, Head of Innovation geography laboratory, Institute for Regional Studies, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: andrmikhailov@kantiana.ru

Dr Anna A. Mikhaylova, Senior Research Fellow, Center for Baltic studies, Institute for Regional Studies, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: tikhonova.1989@mail.ru

Dmitry V. Hvalei, Research Assistant, Innovation geography laboratory, Institute for Regional Studies, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: DKHvalei1@kantiana.ru

О. Л. Виноградова

ДИНАМИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ И СТРАН БАЛТИИ

18

Динамика сельскохозяйственных земель – один из центральных вопросов землепользования стран Европы и России. Для каждого исторического периода характерна своя модель аграрного землепользования. Представленный в статье анализ динамики аграрного землепользования Северо-Запада России и стран Балтии строился на следующих параметрах: площадь используемых сельскохозяйственных земель и темпы ее изменения, урожайность зерновых культур и ее динамика. Анализ базы данных с 1848 – 1852 гг. до 2015 – 2018 гг. позволил выделить этапы аграрного природопользования. Этапы расширения и сжатия, интенсификации и перехода к экстенсивному сельскохозяйственному производству обусловлены совокупным воздействием природных, социально-экономических и политических факторов. Периоды спада сельскохозяйственного землепользования совпадали с годами экономических и политических кризисов. Наступление периодов подъема связано со сменой государственной политики, общим ростом экономики и подъемом технологического уровня земледелия, изменениями конъюнктуры внутреннего и внешнего рынков. В последнее десятилетие отмечается рост площадей используемых земель в странах Балтии и Калининградской области, во всем регионе растет урожайность зерновых культур. На основе характерных черт динамики аграрного природопользования были выделены субрегионы и определены основные тенденции их развития.

The agricultural land dynamics is one of the central issues of land use in Europe and Russia. Each historical period is characterized by its own model of agricultural land use. The analysis of its dynamics in the North-West of Russia and the Baltic countries was based on the following parameters: the area of cultivated agricultural land and the rate of change, the grain yield and its dynamics. Database analysis from 1848 – 52 until 2015 – 18 allowed to identify the stages of the agricultural land management dynamics. The stages of expansion and contraction, intensification and transition to extensive agricultural production are caused by combined influence of natural, socio-economic and political factors. The periods of decline in agricultural land use coincided with years of economic and political crises. The onset of periods of recovery matches a change in state policy, general economic growth and a rise in the technological level of agriculture, as well as changes in the domestic and foreign markets. Over the past decade, there has been an increase in cultivated land area in the Baltic countries and the Kaliningrad region, and crop yields are growing throughout the region. Given the characteristic features of agricultural land management dynamics, subregions and the main trends in their development were determined.

Ключевые слова: сельскохозяйственное землепользование, историко-географический подход, Северо-Запад России, страны Балтии.

Keywords: agricultural land use, historical and geographical approach, North-West Russia, the Baltic countries.



Глобальный процесс сокращения сельскохозяйственных земель затрагивает все регионы мира, но тенденции изменения систем землепользования могут иметь противоположное направление и интенсивность в условиях конкретных стран и областей. Уменьшение площади сельхозугодий — одна из важнейших составляющих процесса сжатия экономического пространства [13].

Понимание закономерностей динамики аграрного природопользования позволит выработать меры по совершенствованию региональных систем рационального сельскохозяйственного землепользования в целях устойчивого развития. Анализ социально-экономических, политических, природных факторов, влияющих на формирование региональных моделей сельского хозяйства на протяжении длительного периода, дает возможность выявить основные тенденции и возможные сценарии развития землепользования.

Цель данной работы — выделение этапов динамики сельскохозяйственного землепользования и анализ обуславливающих их факторов, а также специфики проявления этих процессов в различных частях региона Северо-Запада России и стран Балтии.

Основные тенденции и факторы динамики аграрного природопользования

Периоды сжатия и расширения аграрного природопользования не раз сменяли друг друга в странах Европы. Ретроспективный анализ изменения площади сельхозугодий в Британии с 1270 по 1870 г. показал, что волны подъема и спада наблюдались на протяжении всего периода сельскохозяйственного использования земель [16]. Общая тенденция в последние десятилетия — снижение площади сельскохозяйственных угодий при интенсификации земледелия в большинстве европейских стран, однако в отдельных регионах могут идти противоположные процессы.

Анализ изменений землепользования в Восточной Европе в период с 1990 по 2006 г. выявил, что в различных регионах одновременно происходят процессы интенсификации и экстенсификации сельского хозяйства [19]. Авторы обнаружили, что в некоторых районах Французских Пиренеев, вопреки глобальным тенденциям забрасывания сельскохозяйственных угодий или интенсификации, в 1980—1990-х гг. наблюдалось расширение пахотных земель [25].

Причинами изменения аграрного природопользования называют комплекс факторов: изменения политической ситуации [6; 26; 27], социально-экономических условий [7; 22; 24; 29] и технологического уровня земледелия [18], природные условия [5].

Только долгосрочный анализ позволяет выяснить изменение влияния на аграрное землепользование таких факторов, как экономическое развитие, институциональные сдвиги, демографические изменения и урбанизация.



Регион исследований

Исследуемый регион включает Мурманскую, Архангельскую область с Ненецким автономным округом, Республики Коми и Карелия, Ленинградскую, Псковскую, Новгородскую, Вологодскую, Калининградскую области Российской Федерации, Эстонскую, Латвийскую и Литовскую Республики. Общая площадь региона составляет около 185,9 млн га. Эта территория обладает определенной общностью природных условий и истории.

20

Протяженность региона с севера на юг превышает 2000 км, что определяет зональную дифференциацию природных условий территории. Основными факторами, ограничивающими развитие земледелия в регионе, являются низкое плодородие почв, необходимость осушительных мелиораций, высокая заболоченность (от 20 до 40 % территории). Лесистость колеблется от 22 % в Калининградской области до 60 % в Архангельской.

Все составные части региона претерпели сходные исторические события — экономические кризисы, войны, появление и разрушение командной экономики и формирование рыночного уклада, демографические процессы и т. д., что обусловило наличие сходных черт динамики сельскохозяйственного землепользования.

Алгоритм и методы исследования динамики аграрного природопользования

Динамика сельскохозяйственного природопользования региона исследовалась в соответствии со следующим алгоритмом.

1. Общее направление сельхозприродопользования — рост или спад сельскохозяйственного производства.

2. Рамочные условия, в которых протекает процесс: природные условия территории, способствующие или препятствующие сельскохозяйственному освоению, а также внешняя и внутренняя политическая и экономическая ситуация.

3. Стадии развития процесса — этапы расширения или сжатия используемых сельскохозяйственных угодий.

4. Характеристика каждого из этапов: начало и окончание, направление изменения и темпы развития сельскохозяйственного землепользования.

5. Характеристика региональных особенностей сельскохозяйственного землепользования каждого из этапов: площадь используемых сельскохозяйственных земель, урожайность культур и т. д.

6. Пространственная дифференциация проявлений процесса — выделение субрегионов по характерным чертам процесса землепользования за исследуемый период.



Для выделения этапов процесса сельскохозяйственного землепользования применялся метод ретроспективного анализа данных, были составлены хроноряды показателей состояния системы, а также социально-экономических и политических ключевых событий, значимых для исследуемого региона.

При проведении исследований соблюдались основные принципы историко-географического анализа: синхронность анализа всего комплекса данных, выявление ведущих взаимосвязей между природой, населением и хозяйством, выделение типичных для каждого исторического этапа состояний изучаемой системы сельского хозяйства [1; 3].

Для характеристики региональных систем аграрного природопользования мы обращались к данным за период с 1848–1852 гг. по 2015–2018 гг. В расчетах использовались статистические данные о площади используемых угодий и урожайности зерновых культур Российской Империи, Восточной Пруссии, СССР, Российской Федерации и стран Балтии [2; 4; 8–10; 14; 20; 21; 23].

Динамика развития аграрного природопользования региона

Анализ массива статистических данных показал, что за исследуемый период (с 1848–1852 по 2015–2018 гг.) наблюдалось несколько волн подъема и спада сельскохозяйственного производства в регионе (рис. 1).

Абсолютный максимум площади используемых сельскохозяйственных угодий на территории всего региона наблюдался в период с 1913 по 1915–1916 гг.: в Псковской области – 47,8 % от общей площади, в Латвии – 61,6 %, Эстонии, Литве и Восточной Пруссии – более 70 %. Второй пик обнаруживается в 1975–1980 гг., однако в этот период сельскохозяйственные угодия занимали площадь на 10–15 % меньшую, чем перед Первой мировой войной, а в Эстонии, Латвии и Литве доля сельскохозяйственных земель была еще ниже – до 25 %.

Самое большое падение произошло в послевоенные годы – в 1920–1927 и 1946–1955 гг. Особенно велика доля залежей в 1946–1955 гг. была в Ленинградской области (до 75 % от предвоенного уровня) и в Калининградской области (более 50 %). В 1920–1927 гг. снижение было не столь глубоким – не обрабатывалось от 20 до 26 % земель. Еще одна волна сжатия сельскохозяйственных земель началась после 1980–1985 гг. и в Вологодской, Псковской, Новгородской и Ленинградской областях продолжается по настоящее время. Этот спад оказался самым глубоким с послевоенного периода: площадь обрабатываемых земель уменьшилась в 4–5 раз по сравнению с 1975–1980 гг. В странах Балтии и Калининградской области этот спад вновь сменился подъемом последнего десятилетия.

В северных районах – Республиках Коми и Карелии, Мурманской и Архангельской областях с Ненецким автономным округом – в силу экстремальных природных условий на всем протяжении рассматриваемого периода площадь сельскохозяйственных угодий не превышала 2 %. Обрабатываемые земли концентрируются вокруг крупных городов.

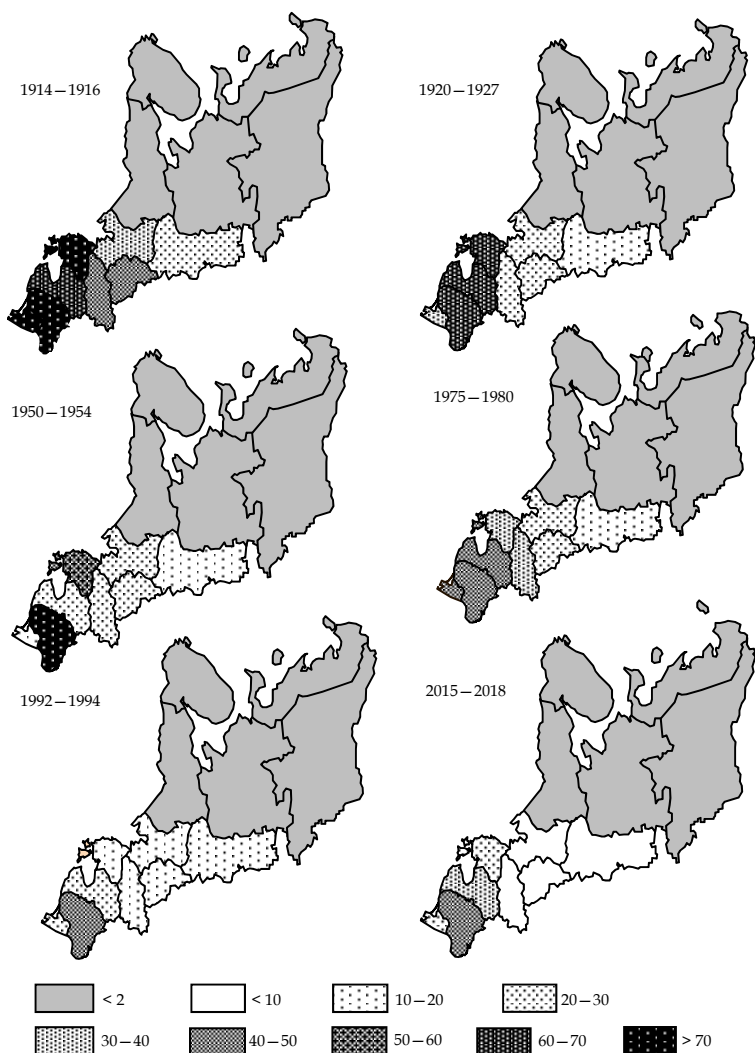


Рис. 1. Площадь обрабатываемых сельскохозяйственных земель, % от общей площади субъекта

Источник: составлено на основе статистических данных [2; 4; 8–10; 14; 20; 21; 23].

Расчеты показали, что самое быстрое сжатие сельскохозяйственных земель в Эстонии, Латвии, Литве и Калининградской области происходило в 1946–1955 гг., а в Вологодской, Псковской, Новгородской, Ленинградской областях – в период с 1917 по 1927 г. (табл.). Темпы падения площади сельскохозяйственных угодий с 1975–1980 гг. до 2015–2018 гг. были существенно ниже (до $-0,94\%$ в год в Ленинградской области и $-1,47\%$ в Эстонии), но за счет большей продолжительности этого этапа (30–40 лет) сжатие сельскохозяйственного производства оказалось весьма значительным.



**Темпы изменения площади используемых сельскохозяйственных угодий
на исторических этапах и в целом за исследуемый период, % в год**

Субъект	1848 – 1914	1914 – 1927	1927 – 1936	1936 – 1954	1954 – 1980	1980 – 1994	1994 – 2016	Итого
Вологодская область	+0,71	-1,35	+0,66	-1,06	+0,21	-0,31	-0,31	-0,24
Новгородская область	+0,41	-1,10	+2,07	-0,99	+0,24	-0,55	-0,56	-0,33
Псковская область	+0,18	-2,02	+1,87	-0,28	+0,22	-0,66	-0,66	-0,42
Ленинградская область	+0,23	-1,25	+1,75	-1,04	+0,58	-0,92	-0,94	-0,28
Эстония	+0,45	-1,29	+4,30	-7,90	+0,17	-0,91	+0,43	-0,51
Латвия	+0,31	-1,40	+1,80	-5,53	+0,12	-1,47	+0,61	-0,26
Литва	+0,49	-0,22	+0,47	-1,08	+0,14	-0,45	+0,73	-0,19
Калининградская область	-0,12	-1,53	+3,19	-6,08	+1,91	-1,38	+2,88	-0,46

Источник: составлено на основе статистических данных [2; 4; 8–10; 14; 20; 21; 23].

Самые высокие темпы расширения сельскохозяйственных земель характерны для периода с 1927 по 1936 г. — до +4,30 % в год в Эстонии, +3,29 в Восточной Пруссии. Ниже они были в Псковской, Новгородской и Ленинградской областях, самые низкие — в Вологодской области. Второй период положительной динамики площади сельскохозяйственных земель приходится на 1954–1980 гг. (от +0,12 до +0,24 % в год), наиболее значительный прирост отмечен в Ленинградской (+0,58) и Калининградской областях (+1,91). В последние годы самый быстрый прирост наблюдается также в Калининградской области (+2,88).

Анализ данных по урожайности зерна выявил, что этот показатель более чем за 150 лет увеличился в 3–4 раза во всем регионе (рис. 2). Рост был относительно медленным и прерывался после Первой и Второй мировых войн. В годы экономического кризиса после распада Советского Союза существенного снижения урожайности не наблюдалось, что, вероятно, связано с повышением уровня технологий земледелия. За весь исследуемый период прослеживается зональный характер роста урожайности зерновых культур с севера на юг региона. На начальном историческом этапе (1848–1914 гг.) разница урожайности в северной и южной частях региона составляла 200–210 %. За этот период урожайность в Псковской, Новгородской и Вологодской областях достигла 6,3–7,2 ц/га, а в Восточной Пруссии — 14,6 ц/га. В 2012–2018 гг. сохранялась такая же разница в урожайности, несмотря на общий рост этого показателя. Урожайность в Литве и Калининградской области

увеличилась почти до 40 ц/га, в северо-западных регионах России — до 26–29 ц/га. Самая низкая урожайность зерновых культур в этот период сохранялась в Вологодской области (19 ц/га).

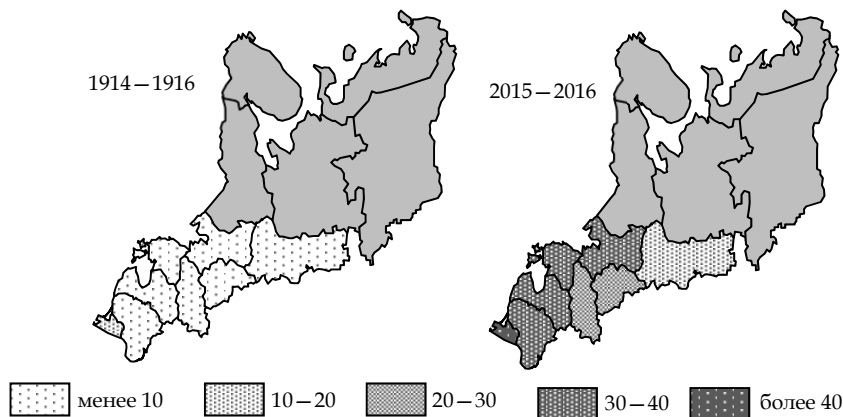


Рис. 2. Динамика урожайности зерновых культур, ц/га

Источник: составлено на основе статистических данных [2; 4; 8–10; 14; 20; 21; 23].

Только в годы глубокого экономического кризиса после Второй мировой войны естественное распределение урожайности в регионе было нарушено. Так, в 1950–1954 гг. урожайность зерна в Вологодской области составляла 5,9 ц/га, тогда как в Новгородской области — всего 3,2 ц/га, в Псковской — 3,9 ц/га.

На протяжении всего исследуемого периода площадь сельскохозяйственных угодий в северном субрегионе была минимальной (не более 2–5%). Однако урожайность зерновых культур увеличилась в 2–2,5 раза: в 1914–1916 гг. она составляла не более 8–10 ц/га, в 2018 г. выросла до 20–24 ц/га.

Урожайность зерновых росла на протяжении всего периода, темпы прироста составляли от +0,11 ц/га за год в Вологодской области до +0,30–0,32 ц/га в Эстонии и Литве. На всей территории, за исключением современных Вологодской и Калининградской областей, до 1913–1914 гг. наблюдалась стагнация урожайности на уровне 5,9–10,8 ц/га ($\pm 0,01–0,05$ ц/га в год), в Вологодской области эта ситуация продолжалась вплоть до 1955 г. Максимальный уровень урожайности зерновых культур отмечается на всей территории в последние 5–10 лет: меньше всего в Вологодской области (рост с 12,6 до 19,4 ц/га), в наибольшей степени — в Калининградской области (с 21,0 до 40,3 ц/га). Самая низкая урожайность зерновых культур приходится на ранние годы рассматриваемого периода вплоть до конца 1920-х — середины 1930-х гг., а также на военный и послевоенный период (с 1941–1943 по 1955–1958 гг.) и 1995–2000 гг.



Этапы развития аграрного природопользования региона

Сопоставление параллельных хронорядов статистических данных и значимых для региона политических и экономических событий за рассматриваемый период дало возможность выделить следующие этапы и соответствующие им региональные модели сельскохозяйственного землепользования.

1. Подъем сельского хозяйства вплоть до 1913–1916 гг. К концу данного периода по всему региону площадь сельскохозяйственных угодий являлась самой высокой. Этот рост был обусловлен подъемом цен на сельскохозяйственную продукцию на мировом и внутреннем рынке в начале XX в. [11]. Самые высокие темпы прироста угодий наблюдались в Вологодской губернии при самой низкой доле сельскохозяйственных земель. В Эстонии, Литве и Восточной Пруссии их площадь была максимальной для всего региона. Для этого периода характерна стабильно низкая урожайность зерновых, только в Восточной Пруссии она была несколько выше и росла на протяжении всего периода.

2. Период спада сельскохозяйственного производства с 1914–1916 по 1927–1936 гг.: сжатие площадей обрабатываемых угодий и снижение урожайности. Причинами послужили политические события: Первая мировая война, Русская революция, коллективизация в России, мировой экономический кризис. Максимальный упадок наблюдался в Псковской области, Восточной Пруссии, Эстонии, минимальный – в Литве. Самое сильное снижение урожайности отмечено в Псковской, Новгородской, Ленинградской областях.

3. Подъем сельского хозяйства с 1927–1936 по 1940–1943 гг. В годы перед Второй мировой войной наблюдалось повсеместное и быстрое расширение сельскохозяйственных угодий с максимальными темпами в Прибалтике. Этот процесс захватил весь регион за счет повышения технологического уровня земледелия (механизация, мелиорация, химизация). В СССР в условиях командной экономики осуществлялось выполнение пятилетних планов по подъему производительности сельского хозяйства. В Прибалтике и Восточной Пруссии одновременно с расширением сельскохозяйственных угодий наблюдался рост урожайности зерновых культур, а в северо-западных областях РСФСР – экстенсивное расширение (спад урожайности на 5–10 %).

4. Стремительный упадок на всей территории региона в годы Второй мировой войны и послевоенный период (с 1941–1943 по 1954–1958 гг.) с особенно быстрыми темпами в Прибалтике и Восточной Пруссии / Калининградской области. В Калининградской области была разрушена мелиоративная система, посевные площади сократились почти в пять раз, урожайность снизилась до уровня 1870–1880-х гг. Глубокий упадок наблюдался и в Ленинградской, Псковской, Новгородской областях, сильно пострадавших от военных действий, умеренный – в Вологодской области.

5. Следующий подъем начался в 1954–1958 гг., в Прибалтике раньше – в 1952–1953 гг. Относительно медленное расширение сельскохо-



зяйственных угодий сопровождалось ростом урожайности зерновых культур. Перелом в землепользовании в эти годы произошел в результате государственных мер по восстановлению и развитию экономики. Этот период интенсивного развития закончился в 1975–1980 гг.

6. Спад сельскохозяйственного производства начался еще в середине 1970-х гг. вопреки общепринятому мнению о том, что этот процесс был связан исключительно с распадом СССР. Решение об укрупнении сельскохозяйственных угодий, принятое в середине 1950-х гг., привело к забрасыванию небольших по площади или отдаленных угодий. В первой половине этого периода происходило повсеместное медленное сжатие сельскохозяйственных угодий, сопровождавшееся падением урожайности зерновых, вторая часть (с 1995–2000 гг.) характеризуется более высокими темпами сжатия сельскохозяйственного землепользования. В Ленинградской, Вологодской, Псковской и Новгородской областях этот кризис продолжается до сих пор. В странах Балтии и Калининградской области в 2003–2013 гг. вновь началось увеличение площади обрабатываемых земель, наиболее активное в Калининградской области. Эти процессы обусловлены прежде всего государственными и региональными мерами поддержки сельского хозяйства в Российской Федерации, особенно успешно реализуемыми в Калининградской области, изменениями конъюнктуры рынка на зерно, освоением передовых технологий [12].

В каждой конкретной части исследуемого региона наблюдаются индивидуальные черты динамики землепользования, проявляющиеся в изменениях продолжительности этапов, темпов спада / подъема сельскохозяйственного производства, его интенсивности, характеристики региональных моделей землепользования. Причиной таких различий служит степень влияния комплекса факторов в данном субъекте или государстве. Так, наибольшие усилия в послевоенный период были направлены на возрождение сельского хозяйства Прибалтики и Калининградской области.

Типология субъектов исследуемого региона

Учитывая особенности динамики землепользования за период с 1848–1852 гг. по 2015–2018 гг., можно выделить следующие субрегионы:

1. Северные области Северо-Запада Российской Федерации, не специализирующиеся на сельском хозяйстве: Республики Карелия и Коми, Архангельская и Мурманская области, Ненецкий автономный округ. Сельскохозяйственные земли на протяжении всего периода составляли не более 2 % площади земель.

2. Ленинградская и Вологодская области, где сельскохозяйственные угодья даже в годы максимального расширения не превышали 27–32 %. Сейчас они имеют очень низкую долю обрабатываемых сельскохозяйственных угодий (не более 4,5 % от общей площади земель), которая продолжает снижаться.

3. Бывшие сельскохозяйственные области – Псковская и Новгородская, где также наблюдается прогрессирующее сжатие сельхозугодий. Однако наряду с этой тенденцией отмечается подъем урожайности сельскохозяйственных культур.



4. Страны Балтии и Калининградская область, имевшие самую высокую в регионе площадь сельскохозяйственных угодий, но в результате кризиса 1990-х гг. потерявшие до 30 % обрабатываемых земель. В последние годы в них наблюдается расширение обрабатываемых угодий, сопровождающееся сменой специализации и быстрой интенсификацией.

Прогнозы развития аграрного природопользования региона

Прогнозы дальнейших изменений сельскохозяйственного землепользования часто диаметрально противоположны. В период с 2010 по 2060 г., как полагает М. Розер, площадь сельскохозяйственных земель будет снижаться [28], а исследования Комиссии ФАО ЮНЕСКО показывают, что произойдет незначительное увеличение площади сельскохозяйственных угодий в глобальном масштабе [17]. Ряд исследователей утверждают, что пик расширения сельскохозяйственных земель уже достигнут и площадь пахотных земель в мире не меняется с 1990-х гг. [15].

Земли, вышедшие из сельскохозяйственного севооборота, могут иметь в дальнейшем разную судьбу. Они могут быть заняты городской застройкой, особенно вблизи крупных городов, таких как Санкт-Петербург. Однако в большинстве случаев расширение застройки идет на землях, входящих в городскую черту. Другой возможный путь трансформации сельскохозяйственных угодий — их использование под садовые и огородные общества. И наконец, наиболее распространенный вариант — переход сельскохозяйственных угодий в залежные земли. Залежи — типичный признак кризисных периодов, связанных с политическими или экономическими переломными моментами.

Если темпы расширения сельскохозяйственного землепользования в странах Балтии и Калининградской области сохранятся, то через 8—12 лет площадь обрабатываемых угодий достигнет докризисного уровня. Сохранение той же тенденции в Псковской, Новгородской и Вологодской областях приведет через 8—10 лет к исчезновению обрабатываемых сельскохозяйственных земель. Однако такой сценарий маловероятен, так как в этих областях предпринимаются меры по развитию аграрного сектора экономики.

Выводы

1. Природные особенности региона задают рамочные условия развития сельскохозяйственного природопользования и выступают на первый план в периоды экономических и политических кризисов.

2. Изменения политической и экономической ситуации (Первая и Вторая мировые войны, мировой экономический кризис, распад СССР, вступление стран Балтии в Европейский союз, действие государственных и региональных программ поддержки сельского хозяйства), а также уровня технологий являются причинами спада или подъема сельскохозяйственного землепользования в регионе.



3. Наблюдается асинхронность наступления и завершения каждого из этапов процесса аграрного природопользования в различных районах исследуемого региона, что объясняется различной скоростью реагирования систем земледелия в каждом из субъектов региона.

4. По индивидуальным чертам динамики сельскохозяйственного землепользования выделены следующие субрегионы: несельскохозяйственные северные области и республики Российской Федерации; Ленинградская и Вологодская области, где сельское хозяйство представляет собой второстепенный вид землепользования; Псковская и Новгородская области, потерявшие сельскохозяйственную специализацию в результате кризиса; страны Балтии и Калининградская область, в которых сельское хозяйство является одним из ведущих видов хозяйственной деятельности и наблюдается его подъем.

Список литературы

1. *Вампилова Л.Б.* Теория регионального историко-географического анализа // Псковский регионологический журнал. 2010. №10. С. 129–140.
2. *Военно-статистическое обозрение Российской Империи.* Т. 2–4 : 1850–1853 гг. URL: <http://elib.shpl.ru/ru/nodes/12-t-2-severo-vostochnye-gubernii-ch-1-4-1850-1853> (дата обращения: 20.07.2019).
3. *Жекулин В.С.* Историческая география: предмет и методы. Л., 1982.
4. *Итоги десятилетия Советской власти в цифрах, 1917–1927 гг.* М., 1928.
5. *Красовская Т.М.* Природопользование Севера России. М., 2008.
6. *Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А. и др.* Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постаграрное восстановление растительности и почв. М., 2010.
7. *Макенова С.К., Степанов А.Ф.* Динамика формирования структуры землепользования в северной зоне Омской области // Омский научный вестник. 2013. №1 (118). С. 252–256.
8. *Народное хозяйство в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.* : стат. сб. / Госкомстат СССР. М., 1990.
9. *Народное хозяйство РСФСР в 1958 году* : стат. ежегодник. М., 1959.
10. *Народное хозяйство СССР в 1990 г.* : стат. сб. М., 1991.
11. *Обухов В.М.* Движение урожаев зерновых культур в Европейской части России в период 1883–1915 гг. // Исторические материалы : [сайт]. URL: <http://istmat.info/node/21585> (дата обращения: 17.08.2019).
12. *Растяльников В.Т., Дерюгина И.В.* Урожайность хлебов в России. 1795–2007. М., 2009.
13. *Романова Е.А., Виноградова О.Л., Фризина И.В.* Эффект сжатия социально-экономического пространства в условиях приграничья (на примере СЗФО) // Балтийский регион. 2015. Вып. 3 (25). С. 38–61.
14. *Регионы России. Социально-экономические показатели.* 2016 : стат. сб. М., 2016. URL: <http://www.gks.ru/bgd/regl/B15-14p> (дата обращения: 23.04.2019).
15. *Ausubel J.H., Vernick I.K., Waggoner P.E.* Peak farmland and the Prospect for Land Sparing // Population and Development Review. 2013. Vol. 38, iss. Supplement S1. P. 221–242.
16. *Broadberry St., Campbell B., Klein A. et al.* British Economic Growth, 1270–1870: an output-based approach. University of Kent, 2011. URL: <ftp://ukc.ac.uk/pub/ejr/RePEc/ukc/ukcdep/1203/pdf> (дата обращения: 01.05.2019).



17. *Bruinsma J.* The resource outlook to 2050: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2015? / Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2015. URL: <ftp://fao.org/docrep/fao/012/ak971e00/pdf> (дата обращения: 05.05.2019).

18. *Estel S., Kuemmerle T., Alcantara et al.* Mapping farmland abandonment and recultivation across Europe using MODIS NDVI time series // *Remote Sensing of Environment*. 2015. Vol. 163. P. 312–325.

19. *Feranec J., Soukup T., Taff G.N. et al.* Overview of Changes in Land Use and Land Cover in Eastern Europe // *Gutman G., Radeloff V. (eds.). Land-Cover and Land-Use Changes in Eastern Europe after the Collapse of the Soviet Union in 1991.* Springer, 2016. P. 13–33.

20. *Hansen J.* Einleitung zum Güteradressbuch der Provinz Ostpreussen. S.I., 1922. URL: <https://www.ahnen-spuren.de/ostpreussen/gueteradressbuecher/1922/einleitung-zum-gueteradressbuch-der-provinz-ostpreussen-1922> (дата обращения: 25.05.2019).

21. *Jahrbuch für der Amtliche statistik des Preussischen Staates* / hrsg. vom Königlichen Statistischen Bureau. I–V. Jahrg. Berlin, 1863–1883. URL: <https://www.worldcat.org/title/jahrbuch-fur-die-amtliche-statistik-des-preussischen-staates-i-v-jahrg/oclc/68185615> (дата обращения: 18.11.2019).

22. *Jepsen M.R., Kuemmerle T., Müller D. et al.* Transitions in European land-management regimes between 1800 and 2010 // *Land Use Policy*. 2015. Vol. 49. P. 53–64.

23. *Land cover, land use and landscape* // Eurostat. *Statistic Explained*. 2018. URL: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Land_cover,_land_use_and_landscape (дата обращения: 25.05.2019).

24. *Kuemmerle T., Levers Ch., Erb K. et al.* Hotspots of land use change in Europe // *Environmental Research Letters*. 2016. Vol. 11, no. 6.

25. *Mottet A., Ladet S., Coqué N., Gibon A.* Agricultural land-use change and its drivers in mountain landscapes: A case study in the Pyrenees // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2005. Vol. 114, iss. 2–4. P. 296–310.

26. *Müller D., Lietão P.J., Sicor Th.* Comparing the determinants of cropland abandonment in Albania and Romania using boosted regression trees // *Agricultural systems*. 2005. Vol. 117. P. 66–77.

27. *Munteanu C., Kuemmerle T., Boltziar M. et al.* Forest and agricultural land change in the Carpathian region – A meta-analysis of long-term patterns and drivers of change // *Land Use Policy*. 2014. Vol. 38. P. 685–697.

28. *Roser M.* Land Use in Agriculture. 2016. URL: <https://ourworldindata.org/land-use-in-agriculture/> (дата обращения: 03.10.2019).

29. *Vliet J. van, Groot H.L.F. de, Rietveld P., Verburg P.H.* Manifestations and underlying drivers of agricultural land use change in Europe // *Landscape and Urban Planning*. 2015. Vol. 133. P. 24–35.

Об авторе

Ольга Леонидовна Виноградова — канд. геогр. наук, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: OLVinogr69@mail.ru

The author

Dr Olga L. Vinogradova, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: OLVinogr69@mail.ru

И. С. Гуменюк, Н. И. Сибирева, Д. Г. Федоров

ЗАНЯТОСТЬ В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В СРАВНЕНИИ С БЛИЖАЙШИМИ РЕГИОНАМИ РОССИИ И СО СРЕДНЕРОССИЙСКИМ УРОВНЕМ

30

Проблемы занятости населения и безработицы имеют большое значение при оценке социально-экономической ситуации в регионах. В статье на основе анализа опубликованных статистических данных проведено сравнение показателей занятости населения Калининградской области с их среднероссийским уровнем и характеристиками ее ближайших российских соседей – Псковской и Смоленской областей. Показано, что, хотя в Калининградской области экономико-демографическая обстановка благоприятнее, чем в большинстве российских регионов, тем не менее существуют диспропорции между наличием и качеством трудовых ресурсов, с одной стороны, и потребностями экономики региона – с другой. Отмечено, что одним из условий снижения диспропорции является внедрение разработанной компанией «Нетрика» Программы развития человеческого капитала, основанной на использовании возможностей геоинформационной системы.

The issues of employment have a certain importance while assessing the socio-economic situation throughout the country. The published statistical data analysis presents a good background for comparing employment indicators of the Kaliningrad region with the national average as well as with the indicators of its closest neighbours among the Russian regions – the Pskov and the Smolensk regions. Despite the fact that economic and demographic situation in the Kaliningrad region is more favorable than in the majority of other Russian regions, disparities between availability and quality of labor resources, and the needs of the region's economy have been established. The authors also note that one of the prerequisites to reduce disparity is the implementation of Human Capital Development Program, based on the use of the capabilities of the Geographic Information System, and created by «Netrika» company.

Ключевые слова: Калининградская область, Псковская область, Смоленская область, Российская Федерация, занятость, безработица, добавленная стоимость, человеческий капитал.

Keywords: the Kaliningrad region, the Pskov region, the Smolensk Region, the Russian Federation, employment, unemployment, value added, human capital.

Введение

Проблемы занятости населения в России в последние годы изучаются все более активно. Рассматриваются и общие для страны вопросы [1; 4; 7; 8; 15] и все чаще региональная экономико-демографическая специфика [3; 5; 9; 11; 18; 19; 21]. Разработаны методики расчета современного и перспективного баланса трудовых ресурсов [12; 13]. На правительственном уровне акцентируется внимание на несоответствии системы образования рынку труда [2].



Калининградская область — один из относительно благополучных в экономико-демографическом отношении регионов. Он относится к числу 26 субъектов Российской Федерации, где численность населения к 2019 г. по сравнению с 1989 г. возросла, и входит в число 12 регионов, в которых увеличилась численность занятых в экономике. Ситуация с воспроизводством трудовых ресурсов здесь более благоприятная, чем в среднем по стране, в том числе за счет интенсивного миграционного притока населения. В среднем за год в 2010–2017 гг. миграционный прирост составлял 0,8 % против 0,2 % в среднем по стране.

Тем не менее большинство проблем, присущих староосвоенным областям европейской части страны, характерны и для Калининградской области. Хотя уровень безработицы в регионе сравнительно не высок, велики территориальные различия: для периферийных районов, многих малых городов и сельской местности характерны значительные трудности в обеспечении трудоспособного населения работой. Имеет место несоответствие структуры подготовки кадров в разрезе профессий и уровней профессионального образования отраслевой структуре экономики. Недостаточно высоки степень инновационности экономики и уровень производительности труда. Специфика возрастной структуры населения обуславливает суженное воспроизводство трудовых ресурсов, что при недостаточном росте производительности труда угрожает возникновением дефицита кадров, особенно в менее престижных, по мнению молодежи, отраслях экономики и промышленных производствах. Часть перечисленных проблем уже освещена в работах калининградских ученых и специалистов [6; 18; 19], однако экономико-демографическая ситуация быстро меняется и требуется постоянный ее мониторинг.

В данной статье на основе официальных данных Росстата рассматриваются актуальные вопросы занятости населения Калининградской области. Официальные показатели по области сравниваются со средними по РФ показателями и с показателями ближайших к Калининграду областей — Псковской и Смоленской, где также проводятся исследования занятости населения [5; 9; 21]. Сравнение представляется полезным для выявления «болевых точек» регионального баланса трудовых ресурсов и оценки степени актуальности различных направлений экономико-демографического регулирования.

Отраслевая структура экономики

При относительной географической близости Калининградской, Псковской и Смоленской областей и определенном сходстве природно-климатических условий уровень их социально-экономического развития существенно различается. Показатели Калининградской области заметно выше, чем у двух других регионов (наиболее низкие они в Псковской области), но вместе с тем ниже средних по стране. Так, производство ВРП в расчете на душу населения в 2017 г. в Калининградской области составляло 83 % от среднероссийского уровня, в Смоленской области — 58,1 %, в Псковской — 46,5 %. По среднемесячным де-



нежным доходам Калининградская область занимала среди 85 субъектов РФ 37-е место, Смоленская область – 43-е, а Псковская – 61-е. Существенно различался и коэффициент миграционного прироста, косвенно характеризующий условия жизни в регионе. В 2017 г. в Калининградской области он превышал средний по стране, в Смоленской области был равен среднероссийскому уровню, а в Псковской области наблюдался отток населения.

По формальным критериям – доле занятых и удельному весу производства добавленной стоимости в отраслях производства товаров – и Калининградская, и Псковская, и Смоленская области, как и Российская Федерация в целом, обладают постиндустриальной экономикой. Доля занятых в производстве товаров (табл. 1, виды экономической деятельности А–F) составляет 33–39%, удельный вес в производстве ВРП – 43–45%, то есть фиксируется более весомая доля производства услуг по сравнению с производством товаров и, следовательно, три сопоставляемые области имеют в этом отношении сходную структуру экономики. При этом в производстве услуг несколько выше удельный вес рыночных услуг (табл. 1, виды экономической деятельности G–L), на которые приходится 32–37% и занятых, и создаваемой в добавленной стоимости. Доля нерыночных услуг (виды экономической деятельности M–S) варьирует в пределах 30–32% в численности занятых и 31–38% в производстве добавленной стоимости.

Таблица 1

Распределения численности занятых и производства добавленной стоимости по видам экономической деятельности в 2017 г., %

Вид экономической деятельности	Занятые				ВРП			
	Калининградская область	Псковская область	Смоленская область	РФ	Калининградская область	Псковская область	Смоленская область	РФ
А. Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	5,4	10,9	5,6	7,1	6,1	10,5	4,9	4,6
В. Добыча полезных ископаемых	0,5	0,2	0,3	1,6	3,3	6,5	0,3	12,1
С. Обрабатывающие производства	13,9	15,9	18,6	14,2	22,5	16,2	23,0	17,3
Д. Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	1,7	2,9	3,9	2,3	3,8	3,6	7,9	3,3
Е. Водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	1,2	1,2	1,4	1,0	1,0	1,5	0,9	0,6
Ф. Строительство	10,4	7,7	7,2	8,8	7,2	6,2	6,2	6,2



Окончание табл. 1

Вид экономической деятельности	Занятые				ВРП			
	Калининградская область	Псковская область	Смоленская область	РФ	Калининградская область	Псковская область	Смоленская область	РФ
Г. Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	20,5	16,7	17,7	19,0	12,6	15,1	17,8	16,6
Н. Транспортировка и хранение	8,3	8,4	8,3	7,3	8,8	9,2	11,9	8,0
И. Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания	3,3	2,6	1,6	2,3	1,0	1,5	1,0	1,0
Ж. Деятельность в области информации и связи	1,6	1,2	2,0	2,0	1,8	2,4	1,7	3,0
К. Деятельность финансовая и страховая	–	–	–	–	0,3	0,3	0,5	0,5
Л. Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	2,9	2,8	3,0	2,7	10,4	3,6	4,4	6,5
М. Деятельность профессиональная, научная и техническая	–	–	–	–	2,9	1,3	1,6	4,5
О. Деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги	–	–	–	–	3,2	1,5	1,7	2,6
П. Государственное управление и обеспечение военной безопасности, социальное обеспечение	–	–	–	–	6,1	9,5	6,7	4,7
Р. Образование	6,1	7,5	8,8	7,7	3,0	3,6	3,9	3,0
Q. Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг	6,0	6,8	7,5	6,2	4,3	5,8	4,7	3,9
Р. Деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений	–	–	–	–	0,9	1,0	0,6	0,9
С. Предоставление прочих видов услуг	–	–	–	–	0,6	0,7	0,3	0,5
Остальные	18,2	15,1	14,2	17,9	14,0	14,3	11,4	13,7
<i>Всего</i>	100	100	100	100	100	100	100	100

33

Примечание: полужирным шрифтом выделены показатели, превышающие средний по РФ уровень.

Источник: составлено авторами на основе данных [14].

В аграрном секторе (А) Калининградской области доля занятых (5,4 %) меньше, чем в среднем по стране, в Псковской и Смоленской областях. Но удельный вес созданной в этом секторе добавленной стоимости (6,1 %) более высок и превышает уровень РФ и Смоленской обла-



сти. Следовательно, создаваемая здесь добавленная стоимость в расчете на одного занятого (что можно считать производительностью труда) значительно выше. Она выше и по сравнению с Псковской областью (табл. 2).

Таблица 2

Добавленная стоимость на 1 занятого в 2017 г., тыс. руб.

Вид экономической деятельности	Калининградская область	Псковская область	Смоленская область	РФ
А. Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	991	554	557	678
В. Добыча полезных ископаемых	5805	20941	623	8032
С. Обрабатывающие производства	1416	584	782	1278
Д. Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	1958	722	1291	1537
Е. Водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	728	726	420	650
Ф. Строительство	609	460	540	741
Г. Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	536	521	637	909
Н. Транспортировка и хранение	921	630	903	1148
И. Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания	269	343	394	464
Ж. Деятельность в области информации и связи	978	1130	566	1572
Л. Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	3183	744	938	2513
Р. Образование	439	273	279	405
Q. Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг	626	486	391	656
Остальные	674	546	510	798
<i>Всего</i>	874	576	632	1043

Примечание: полужирным шрифтом выделены показатели, превышающие среднероссийские по соответствующему виду деятельности.

Источник: составлено авторами на основе данных [14].



Все три рассматриваемые области не отличаются высокими показателями добычи полезных ископаемых (В). На добываемые в Калининградской области нефть, янтарь, пески, песчано-гравийные смеси и глины, торф, минеральные воды приходится только 3,3 % валового регионального продукта против 12,1 % по РФ (табл. 1). Намного ниже среднего по стране этот показатель и в двух других областях, особенно в Смоленской.

Обрабатывающие производства (С) трех сравниваемых областей имеют близкий к среднему по РФ или, чаще, более высокий уровень доли в численности занятых и в объеме производства ВРП; в Смоленской области выше доля и в численности занятых, и в ВРП, в Псковской — в численности занятых, в Калининградской — в ВРП. Добавленная стоимость на 1 занятого в Калининградской области превышает средний по РФ уровень и значительно выше, чем в Псковской и Смоленской областях.

Как можно заметить из анализа данных таблицы 1, в Калининградской области выше, чем в двух других областях и в среднем в РФ, и доля занятых (F), и удельный вес в производстве ВРП в строительстве и в деятельности по операциям с недвижимым имуществом (L). Но если в последнем виде экономической деятельности объем добавленной стоимости в расчете на 1 занятого в Калининградской области также более высок, то в строительстве он ниже среднего по РФ, хотя и превышает уровень Псковской и Смоленской областей. Отчасти это связано с тем, что во всех трех областях преобладает строительство жилья, менее дорогостоящее по сравнению с промышленным строительством. Другим фактором является невысокая производительность труда при проведении строительных работ.

В Калининградской области ниже, чем в строительстве, производство добавленной стоимости на 1 занятого в торговле (G), деятельности гостиниц и предприятий общественного питания (I) и в образовании (P), хотя в образовании этот показатель выше, чем в среднем по РФ, в Псковской и Смоленской областях (см. табл. 2). В целом же Калининградская область в большинстве видов экономической деятельности имеет более высокие показатели, чем Псковская и Смоленская области, что вполне соответствует ее более высокому душевому ВРП.

Занятость населения и безработица

В 1990 г. численность населения Калининградской области была лишь на 42,5 тыс. человек больше, чем Псковской области, и на 272 тыс. человек меньше, чем Смоленской (рис. 1). К 2017 г. в результате большого миграционного прироста численность населения Калининградской области, несмотря на естественную убыль, возросла на 104 тыс. человек. Число жителей Псковской области из-за еще более значительной естественной убыли населения и миграционного оттока, наоборот, сократилось на 204,2 тыс. человек, а Смоленской — на 207 тыс. человек. В 2017 г. население Калининградской области не только на 350,7 тыс. человек превышало численность населения Псковской области, но и на 39 тыс. — численность населения Смоленской области.

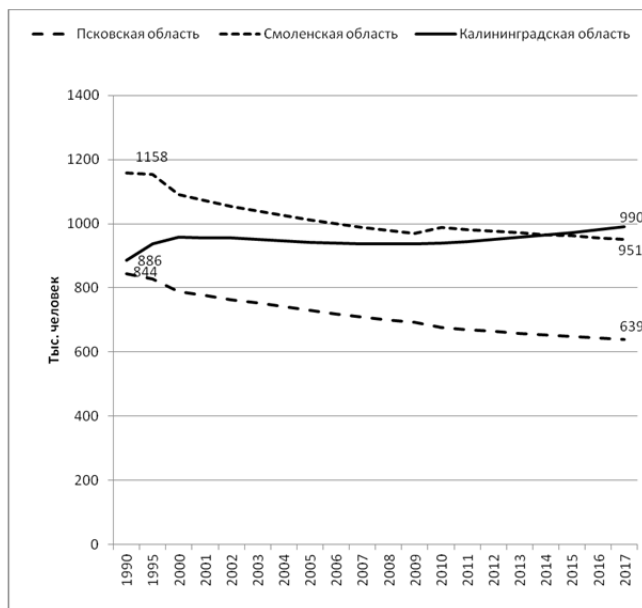


Рис. 1. Динамика среднегодовой численности населения в 1990–2017 гг., тыс. человек

Источник: составлено авторами на основе данных [17].

Аналогичная картина наблюдается и с динамикой численности занятых в экономике рассматриваемых регионов (рис. 2). В Калининградской области число занятых после глубокого спада в первой половине 1990-х гг. возросло по сравнению с 1990 г., а в Псковской и Смоленской областях — сократилась. Динамика занятости во многом обусловлена притоком или оттоком населения, который влияет и на возрастные характеристики занятых. Так, в 2017 г. в Калининградской области средний возраст занятых составлял 40,9 лет, а в Псковской и Смоленской областях — 41,5 лет, то есть был несколько выше [14].

Экономика периферийных приграничных регионов более остро, чем это характерно для внутренних частей страны, реагирует на изменение условий хозяйствования, на экономические кризисы или, наоборот, благоприятную конъюнктуру рынка. Рисунок 3 отражает соответствующие изменения занятости населения рассматриваемых регионов: ее резкое снижение в 1990-е гг., рост с выходом российской экономики из кризиса в 2000-е гг. и последующие менее значительные по сравнению с 2000-ми гг. колебания. Можно заметить, что в условиях спада экономики все три области испытывали более сильное снижение занятости по сравнению со средними по РФ показателями, а в условиях динамичного развития, наоборот, отношение числа занятых к среднегодовой численности населения было здесь выше, чем в среднем по стране. Заметим, что к 2017 г. этот показатель во всех трех областях приблизился к уровню 1990 г., но различия между регионами возросли. Если в 1990 г. он варьировал в пределах 49,1–50,9 % с амплитудой 1,8 %, то в 2017 г. различия составили уже 4,1 %. Ниже среднего по РФ отно-



шение числа занятых к общей численности населения стало в Смоленской (особенно) и Калининградской областях, выше среднего — в Псковской области.

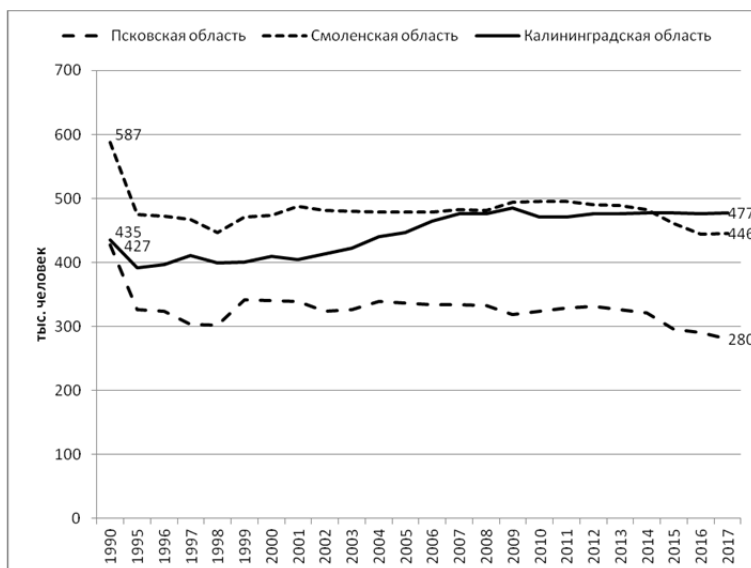


Рис. 2. Динамика численности занятых в экономике в 1990–2017 гг., тыс. человек

Источник: составлено авторами на основе данных [17].

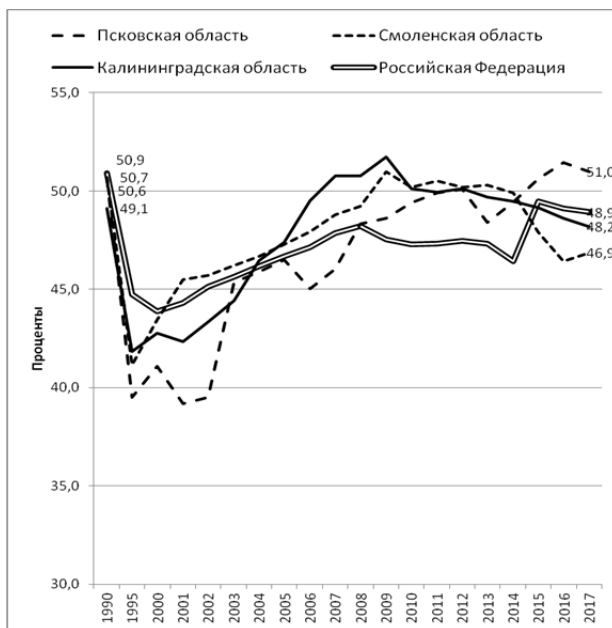


Рис. 3. Отношение численности занятых к среднегодовой численности населения в 2017 г., %

Источник: составлено авторами на основе данных [17].



Переломные 1990-е гг. характеризуются возникновением массовой безработицы, которая во всех трех исследуемых областях возрастала быстрее, чем в среднем по стране. Безработица достигла максимума в 1998 г., составив в Калининградской области 16,8% (рис. 4). Описывающий ее график имеет форму, противоположную той, которая характерна для отношения численности занятых к среднегодовой численности населения (рис. 3). В кризисные годы в трех рассматриваемых областях безработица была выше, чем в среднем по стране, в годы динамичного развития – ниже. В 2017 г. в Калининградской области коэффициент общей безработицы совпадал со среднероссийским уровнем (5,2%), а в Смоленской и особенно в Псковской области был выше среднего.

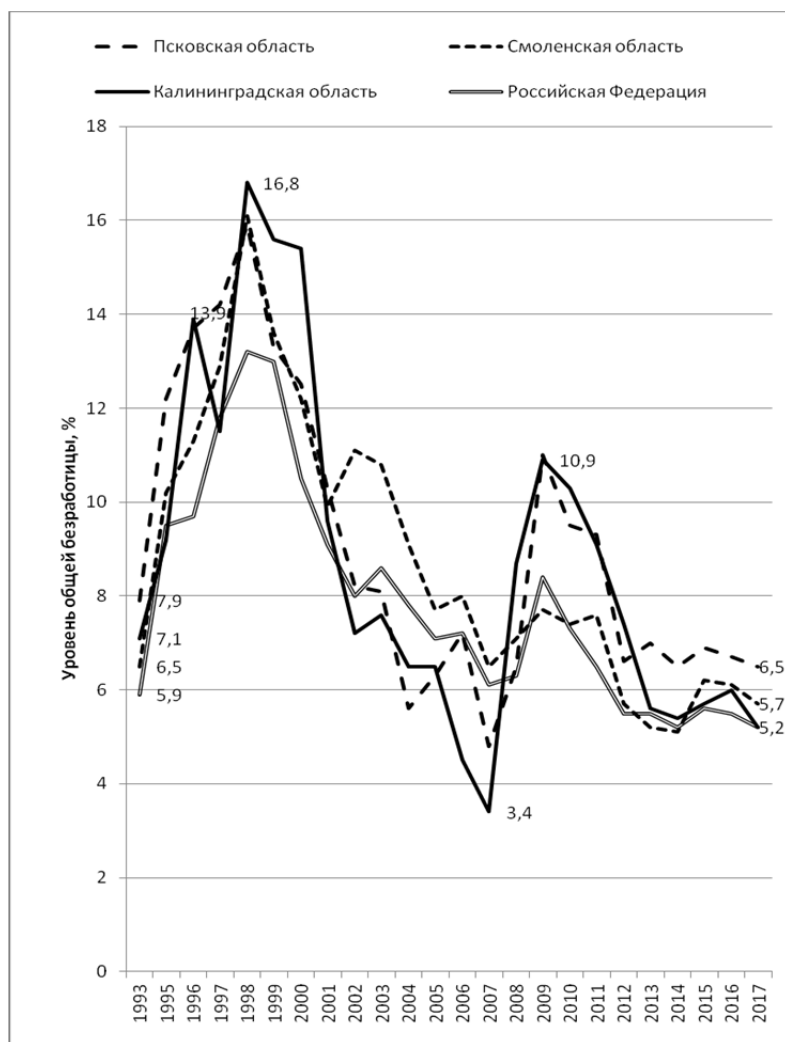


Рис. 4. Динамика уровня общей безработицы в 1993 – 2017 гг., %

Источник: составлено авторами на основе данных [17].



По показателям занятости и безработицы Калининградская область выгодно отличается от Смоленской и Псковской (рис. 5). Особенно неблагоприятна ситуация в Псковской области, которая по приведенным на рисунке 5 показателям занимает среди 85 субъектов Российской Федерации 55–66-е места. Здесь ниже уровень занятости и выше – безработицы, безработные дольше ищут работу. В Смоленской области наблюдается большой разброс занимаемых мест по пяти показателям: показатели занятости относительно благоприятны, но неудовлетворительны все индикаторы, связанные с безработицей. Калининградская область занимает 24–46-е места и по четырем показателям из пяти имеет лучшие позиции, чем два других региона.

39

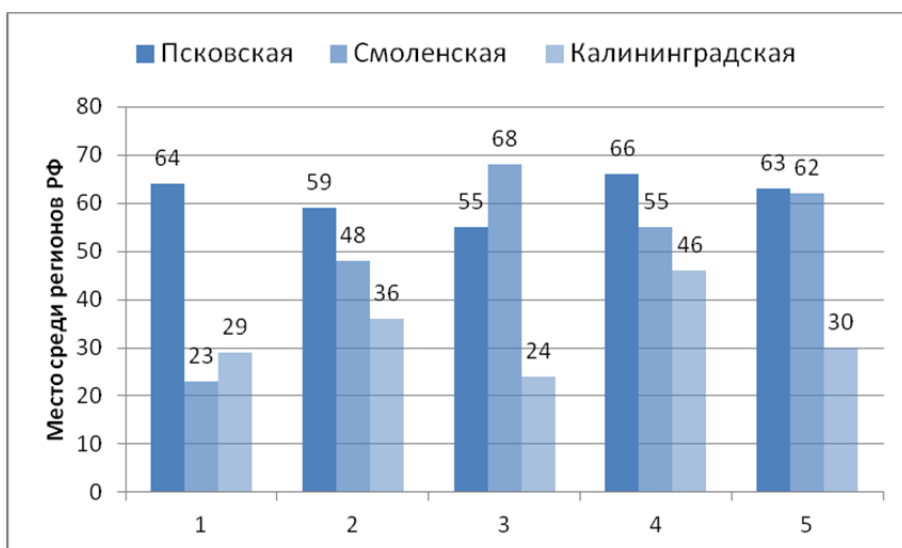


Рис. 5. Места Калининградской, Псковской и Смоленской областей среди субъектов РФ по показателям занятости в 2017 г.:
 1 – уровень занятости*; 2 – уровень безработицы**; 3 – коэффициент напряженности**;
 4 – среднее время поиска работы безработными**; 5 – удельный вес безработных, ищущих работу 12 месяцев и более**

Примечания: * места по субъектам и федеральным округам соответственно определены на основе ранжирования значения показателя в порядке убывания; ** места по субъектам и федеральным округам соответственно определены на основе ранжирования значений показателей в порядке возрастания.

Источник: составлено авторами на основе данных [14].

Заключение

В Калининградской области проблемы занятости стоят не так остро, как в среднем по стране и в территориально ближайших областях – Псковской и Смоленской. Однако экономико-демографическую ситуацию в области нельзя признать полностью благоприятной. Даже при превышении количества вакантных рабочих мест над численно-



стью незанятого населения (зарегистрированного в государственных центрах занятости) в 2,7 раза, как в 2017 г., граждане в поисках работы тратят много времени, рабочие места достаточно долго пустуют, что сказывается на результатах экономического развития. При этом в государственную службу занятости в поисках работы обращались только 18,6 % безработных, а в коммерческую службу – 1 %. Остальные для поиска работы использовали подачу объявлений в средства массовой информации (61,9 %), обращение к друзьям, родственникам, знакомым (68,9 %), непосредственное обращение к работодателю (15,9 %) и другие способы (10,8 %). Поиск работы занимал в среднем 4,5 месяца [16].

Цифровизация экономики дает возможность решить эту проблему. Уже сейчас в решении многих вопросов, связанных с подготовкой кадров, используются геоинформационные системы (ГИС). На этой основе с целью обеспечить большую эффективность поиска работы санкт-петербургской фирмой «Нетрика» создана специальная программа [10], и ожидается, что организованный «Нетрикой» Центр развития человеческого капитала [20] в течение ближайших лет внедрит эту программу в Санкт-Петербурге. Имеются договоренности о создании аналогичной программы в 2020 – 2022 гг. в Калининграде.

Создание Программы развития человеческого капитала на основе ГИС обеспечит снижение безработицы и повышение занятости населения (по уровню которой, как показывает рисунок 5, регион пока отстает от Псковской и Смоленской областей). Кроме того, улучшится баланс между потребностью в работниках определенного профессионального состава и уровня квалификации и подготовкой кадров в учреждениях профессионального образования. Все это будет способствовать совершенствованию Стратегии социально-экономического развития Калининградской области, повышению эффективности экономики региона и решению его социальных проблем.

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 18-05-00083 «“Приморский фактор” конкурентного потенциала российского региона-эксклава: стратегии и механизмы реализации в условиях геополитической и геоэкономической турбулентности».

Список литературы

1. Бондаренко О. В., Шайхутдинова О. Р. Проблемы в сфере высшего профессионального образования и рынок труда // *Фундаментальные исследования*. 2013. №6 – 5. С. 1229 – 1233.
2. Голикова заявила, что система российского образования не соответствует запросам рынка труда. URL: <https://neva.today/news/golikova-zayavila-chto-sis-tema-rossijskogo-obrazovaniya-ne-sootvetstvuet-zaprosam-rynka-truda-174194/> (дата обращения: 05.08.2019).
3. Зубаревич Н. В. Трансформация рынков труда российских моногородов // *Вестник Московского университета*. Сер. 5: География. 2017. №4. С. 38 – 44.
4. Ионцев В. А., Магомедова А. Г. Социально-демографический потенциал регионального развития // *Экономика региона*. 2015. №3. С. 89 – 102. doi: 10.17059/2015-3-8.



5. Катровский А.П., Ковалев Ю.П., Мажар Л.Ю. и др. Демографическая ситуация как индикатор и фактор развития российско-белорусского пограничья // Региональные исследования. 2016. №3 (53). С. 102–109.
6. Клемешев А.П. О совершенствовании политики подготовки кадров и обеспечении экономико-демографической сбалансированности развития области // Балтийский регион. 2015. №3 (25). С. 7–22.
7. Клячко Т.Л., Синельников-Мурылёв С.Г. Стратегия для России: образование. М., 2018.
8. Коровкин А.Г. Макроэкономическая оценка состояния и перспектив развития сферы занятости и рынка труда в России. URL: http://journal.econorus.org/pdf/Korovkin_JNEA_2018_1_37.pdf (дата обращения: 25.07.2019).
9. Манаков А.Г. Динамика населения Псковского региона на фоне поляризации населения Северо-Запада России // Вестник Псковского государственного университета. Сер. Естественные и физико-математические науки. 2015. №7. С. 55–65.
10. Нетрика. URL: <https://netrika.ru> (дата обращения: 01.08.2019).
11. Нефедова Т.Г., Мкртчян Н.В. Региональные различия размещения и прогноза трудовых ресурсов сельского хозяйства России // Проблемы прогнозирования. 2018. №1 (166). С. 85–98.
12. Об утверждении Методики расчета баланса трудовых ресурсов и оценки затрат труда [Электрон. ресурс] : приказ Росстата от 29.09.2017 г. №647. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
13. Прогноз баланса трудовых ресурсов Калининградской области на 2018–2020 годы // Правительство Калининградской области : [офиц. портал]. URL: https://gov39.ru/biznesu/zanyatost/prognoz_balansa.php (дата обращения: 01.08.2019).
14. Регионы России. Социально-экономические показатели. М., 2018.
15. Топилин А.В. Трудовой потенциал России: демографические и социально-экономические проблемы формирования и использования // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89, №7. С. 736–744.
16. Труд и занятость в Калининградской области : стат. сб. Калининград, 2018.
17. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru> (дата обращения: 25.07.2019).
18. Федоров Г.М. Эффективные трудовые ресурсы как фактор развития Калининградской области // Балтийский регион. 2015. №1 (23). С. 101–116.
19. Федоров Д.Г. О динамике и перспективной численности населения и трудовых ресурсов Калининградской области // Регион сотрудничества. 2009. №2. С. 32–36.
20. Центр развития человеческого капитала. URL: <http://crchk.ru/about> (дата обращения: 01.08.2019).
21. Человеческий капитал и социально-экономическое развитие регионов российско-белорусского пограничья / под ред. А.П. Катровского, Ю.П. Ковалева. Смоленск, 2017.

Об авторах

Иван Сергеевич Гуменюк — канд. геогр. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: igumeniuk@kantiana.ru

Наталья Ильинична Сибирева — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: natsibir@mail.ru



Дмитрий Геннадьевич Федоров — канд. экон. наук, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: saks2005@gmail.com

The authors

Dr Ivan S. Gumenyuk, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: igumeniuk@kantiana.ru

Natalya I. Sibireva, PhD Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: natsibir@mail.ru

Dr Dmitry G. Fedorov, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: saks2005@gmail.com

УДК 504.055(470.26)

В. И. Стурман

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КАЛИНИНГРАДА**

43

Техногенные электромагнитные поля являются неизбежным следствием распространения электрических и электронных устройств в рамках современного научно-технического прогресса, и в то же время слабо изученным экологическим фактором окружающей среды. Исследование фактических уровней и пространственного распределения электромагнитных полей в г. Калининграде имело целью составление карты, определение статистически значимых характеристик для типов использования земель и застройки, выявление аномальных участков и оценку их соответствия гигиеническим нормативам и ориентировочным безопасным уровням. Выполненное инструментальное исследование электромагнитных полей промышленной частоты показало, что в центральной части Калининграда напряженность электрических полей достигает значительных величин только в непосредственной близости от высоковольтной линии. Магнитные поля промышленной частоты распространены повсеместно и крайне неравномерно, что нашло отражение на составленной карте. Гигиенические нормативы магнитной индукции соблюдаются, но ориентировочные безопасные уровни превышаются на аномальных участках, обусловленных влиянием кабелей подземной прокладки.

Artificial electromagnetic fields are a byproduct of the electrical or electronic devices as an inevitable consequence of the modern scientific and technical progress, and at the same time poorly studied environmental impact factor. Research of current levels and spatial distribution of electromagnetic fields in Kaliningrad aimed at mapping, defining statistically significant characteristics for types of land use and building types, revealing abnormal areas and their correspondence to hygienic standards and levels safety. The conducted research of electromagnetic fields of industrial frequency has shown that intensity of electric fields in the central part of Kaliningrad reaches considerable values only in immediate proximity to a high-voltage line. Magnetic fields of industrial frequency are extended everywhere and extremely unevenly that has been presented in the original map. Hygienic standards of magnetic induction are observed, but safety levels are exceeded in the abnormal locations caused by underground cables.

Ключевые слова: электромагнитные поля, магнитные поля, магнитная индукция, картографирование электромагнитных полей, Калининград.

Keywords: electromagnetic fields, magnetic fields, magnetic induction, mapping, Kaliningrad.



Введение

Электромагнитные поля (ЭМП) промышленной частоты не имеют природного фона и являются неизбежным спутником энергетических и телекоммуникационных систем различного назначения, число и многообразие которых стремительно растет. Вместе с тем ЭМП любых частотных диапазонов – недостаточно изученный экологический фактор. Исследования проблем электромагнитного загрязнения окружающей среды включают следующие аспекты:

– медико-биологические и гигиенические, выполняемые в лабораторных условиях и связанные с фиксацией эффектов дозированных воздействий ЭМП на организмы;

– физико-технические, включающие преимущественно расчеты распространения ЭМП и разработку в необходимых случаях профилактических мероприятий;

– геоэкологические, касающиеся реальных уровней и динамики ЭМП в различных природных и техногенных условиях.

Во всем мире преобладают исследования медико-биологических и гигиенических аспектов проблемы ЭМП. Они выполняются как минимум начиная с 1960-х гг. и представлены в многочисленных литературных источниках на разных языках [1; 2; 7–9; 12; 16–19]). Обобщая результаты исследований подобного рода, С. Занелла [19] выделил три основные группы биологических эффектов, обусловленных воздействием магнитных полей:

– изменение магнитной ориентации молекул, что может оказывать воздействие на свойства чувствительных к этому тканей и клеток организмов, в частности серных эритроцитов и хлоропластов в составе клеток, синовиальной жидкости суставов, стекловидного тела глаз и др.;

– магнитомеханические силы и крутящие моменты, также воздействующие на вещества в составе биологических тканей, имеющие ферромагнитные или парамагнитные свойства;

– индуцирование электрических токов внутри биологических объектов, что влечет за собой возбуждение нейронов, воздействующих на нервные и мышечные клетки, включая в том числе сердечную мышцу.

Последние рассматриваются как наиболее значимые, вследствие чего у людей, подвергающихся воздействию ЭМП повышенной интенсивности, по медико-статистическим данным, учащаются нарушения функционирования сердечно-сосудистой, иммунной, эндокринной, репродуктивной систем, процессов обмена веществ [7; 9; 17]. В то же время важно отметить, что исследования эффектов воздействия магнитных и электрических полей на здоровье человека в реальных условиях городов и промышленных зон осложнены в связи с многообразием и высокой изменчивостью негативных экологических факторов, действующих на урбанизированных территориях. Потому в оценках воздействия ЭМП на здоровье человека нередко отмечаются противоречия, а дискуссии о допустимых нормативах не прекращаются на протяжении десятилетий.



Так, в большинстве зарубежных экономически развитых стран негативное воздействие ЭМП низких, в том числе промышленных, частот до недавнего времени считалось недоказанным, хотя и активно изучалось в последние десятилетия. При этом в числе наиболее значимых последствий рассматривались риски повреждения ДНК, развития лейкемии и нарушений функционирования иммунной системы. С учетом этого в качестве примерного безопасного уровня магнитной индукции (которая измеряется в тесла и производных величинах — мкТл, нТл) рассматриваются 0,4 мкТл (400 нТл) [15] и даже 0,2 мкТл (200 нТл) [13], что на порядок меньше наиболее жесткого из принятых в России нормативов магнитных полей (5 мкТл в жилых помещениях, детских, дошкольных, школьных, общеобразовательных и медицинских учреждениях, согласно ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07) и на три порядка ниже безопасного уровня для населения (100 мкТл), рекомендованного Международной комиссией по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP) Всемирной организации здравоохранения в Руководстве по ограничению воздействия изменяющихся во времени электрических и магнитных полей 2010 г. [11], а также в директиве Европейского парламента 2004/40/ЕС [10]. Переход к нормативам магнитного поля промышленной частоты на уровне 0,2–0,4 мкТл рассматривается в странах Европейского союза как перспективная цель на ближайшие годы, чему посвящена соответствующая «дорожная карта» [14].

Физико-технические аспекты проблемы ЭМП в окружающей среде в настоящее время не относятся к числу активно развивающихся областей науки. Расчеты распределения характеристик электрических и магнитных полей все еще основываются на разработанных в XIX в. классических уравнениях Максвелла, при этом не учитываются диэлектрические свойства атмосферного воздуха и их изменчивость в зависимости от климатических и погодных условий. Методики расчета пространственного распределения значений ЭМП высоковольтных линий базируются на допущении о наличии гладкой однородной подстилающей поверхности и прямой видимости между точками наблюдения и излучающими объектами [4] без учета рельефа и иных особенностей местности.

Среди принципиально возможных мер защиты от воздействий ЭМП Ю. М. Сподобаев и В. П. Кубанов [4] выделяют следующие:

- пространственное и/или временное разделение источников ЭМП и людей, для чего в законодательстве предусматриваются санитарно-защитные и охранные зоны, а также ограничения времени нахождения персонала под воздействием ЭМП определенной интенсивности;
- обеспечение безопасного состояния среды, окружающей человека, посредством использования искусственных (различные постройки, специальные экраны) или естественных (элементы рельефа и растительности) препятствий на путях распространения ЭМП;
- использование в необходимых случаях средств индивидуальной защиты.

Геоэкологические аспекты проблемы ЭМП, связанные с уровнями их фактических проявлений, изучены наиболее слабо, и именно они составляют предмет данного исследования, выполненного в пределах центральной части г. Калининграда. Электромагнитная безопасность



населения в настоящее время обеспечивается санитарно-защитными и охранными зонами вдоль высоковольтных линий и других источников ЭМП, а также гигиенической сертификацией электрических приборов и устройств различного назначения. При этом вне рассмотрения остается комплекс вопросов, связанных с пространственной изменчивостью и временной динамикой ЭМП под воздействием природных и техногенных факторов, а также взаимодействие полей от различных источников – «электромагнитный смог».

В настоящее время ЭМП находятся на периферии внимания государственных органов управления природопользованием и общественных организаций экологической направленности. Мониторинг ЭМП не ведется. В федеральных и региональных докладах о состоянии окружающей среды об электромагнитных излучениях не говорится ничего. Изучение проблемы ЭМП в окружающей среде существенно осложняет глубокий междисциплинарный разрыв между физико-техническими науками и науками о Земле, крайне затрудняющий необходимое взаимодействие их представителей. Как результат, число жителей, подвергающихся воздействию магнитных полей более 0,3 мкТл, только в Москве и Московской области составляет от 100 до 300 тыс. [3]. В других регионах аналогичные расчеты и оценки пока не проводились.

Материалы и методы

Измерения показателей электрических и магнитных полей при исследовании в Калининграде выполнялись при помощи прибора Gigahertz Solutions ME 3830 В М/Е Analyser. Возможности данного прибора включают измерение напряженности электрического поля промышленной частоты (50 Гц) от 1 до 2000 В/м и интенсивности магнитных полей (магнитной индукции) той же частоты, в пределах от 1 до 2000 нТл. За исключением единичного случая замера электрического поля непосредственно под высоковольтной линией этого оказалось достаточно для измерения встречавшихся в Калининграде значений.

Поскольку указанный прибор оснащен однокоординатным датчиком магнитного поля, в каждой точке при выполнении измерения магнитной индукции посредством вращения прибора в двух плоскостях достигалось совпадение оси датчика и ориентации полного вектора магнитного поля. Свидетельством этого было достижение максимальной для данной точки величины магнитной индукции, каковое значение и фиксировалось. Измерения проводились на стандартной высоте 1,8 м от поверхности земли (согласно п. 6.4.2.4 СанПиН 2.1.2.2645-10), а при уточнении особенностей распределения аномальных значений – и на других уровнях, в том числе на поверхности земли (асфальта, плитки).

С учетом необходимости последующей интерпретации результатов точки выполнения измерений выбирались непосредственно на местности, по возможности в условиях однородного использования территорий и характера их застройки. При этом преследовались цели создания изолинейной карты и в то же время формирования представительных



выборки по основным типам использования земель и застройки. Исследование охватило центральную часть Калининграда (внутри кольца исторических фортификационных сооружений), а также территорию к западу от Северного вокзала (район просп. Мира – ул. Степана Разина – просп. Победы). Измерения были выполнены в июле – августе 2019 г. в 163 точках, расположенных в жилых кварталах, на улицах, дорогах и площадях, в парках и скверах. Кроме того, вблизи высоковольтной линии измерения производились в местах наибольшего провисания проводов каждые 5 м на одном поперечнике.

Статистическая обработка результатов измерений и выделение аномальных значений осуществлялись с использованием общепринятых формул в рамках программного продукта Excel. Интерполирование при построении карты выполнялось путем построения кривых Безье (сплайн-кривых), задававшихся результатами измерений в соседних точках. Аномальные значения отмечались на карте значками и при построении изолиний не учитывались.

Результаты исследования

Электрические поля устойчиво достигали значимых величин напряженности (более 1 В/м) только при измерениях в непосредственной близости от высоковольтной линии напряжением 110 кВ, проходящей над рынком в районе ул. Полоцкой. Результаты измерений представлены на рисунке 1. Как видно из него, снижение напряженности по мере удаления от проекции крайнего провода происходит быстро, но в 35 м выявляется слабо выраженный локальный максимум.

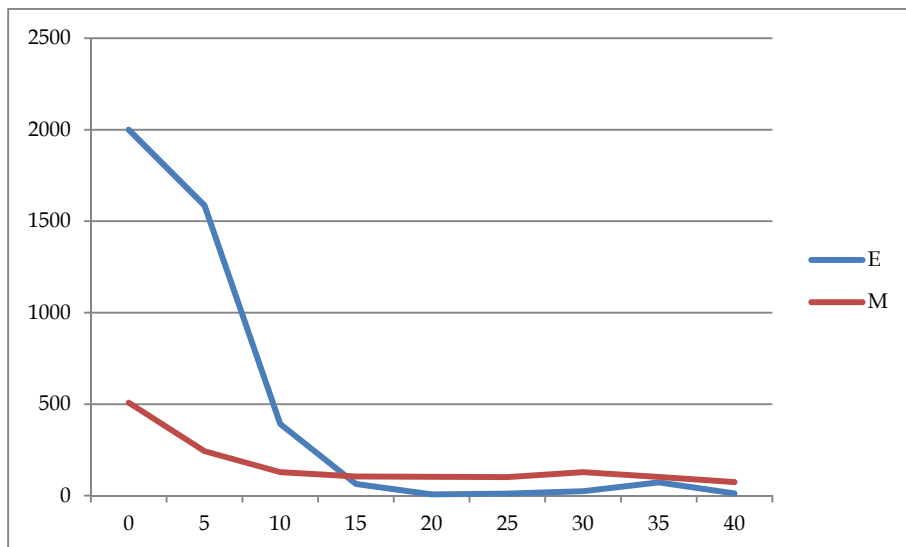


Рис. 1. Значения напряженности электрического поля (E, В/м) и магнитной индукции (M, нТл) на разных расстояниях (указаны по горизонтальной оси, м) от ВЛ-110 вдоль поперечника на территории рынка в районе ул. Полоцкой



Как следует из представленных на рисунке 1 результатов, в данном случае имеет место более чем двукратное превышение допустимой величины для зон жилой застройки (1 кВ/м согласно СанПиН 2.1.2.2645-10). Кроме того, такое расположение рынка не соответствует постановлению Правительства РФ от 24.02.2009 г. № 160 «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон», согласно которому под высоковольтными линиями напряжением 110 кВ и на расстоянии до 20 м от проекции крайнего провода должны располагаться охранные зоны, в пределах которых не могут размещаться объекты и проводиться мероприятия, связанные со значительным скоплением людей (вплоть до остановок общественного транспорта).

Помимо данной локации значимая (но не опасная) величина напряженности электрического поля (до 19 В/м) была отмечена в одной точке: на аномальном участке у пересечения ул. Фрунзе и ул. 9 Апреля.

Магнитные поля формируются не только высоковольтными линиями, но и многочисленными электротехническими устройствами производственного и бытового назначения. Как видно из рисунка 1, максимум магнитной индукции под высоковольтной линией выражен менее резко, но и убывание по мере удаления от нее происходит более медленно до достижения местного фона от совокупности прочих источников. Результаты измерений значений магнитной индукции в отдельных характерных и значимых точках представлены в таблице 1 (выборочно) и на рисунке 2.

Таблица 1

**Результаты измерений магнитной индукции
в отдельных точках г. Калининграда**

Место измерений	Измеренные значения, нТл	Характер использования и застройки
Ленинский просп., 39 – 61	52	Среднеэтажная 1950 – 1960-х гг.
У монумента «Мать-Россия»	5	Рекреационная
Ул. Профессора Баранова, 40	50	Среднеэтажная довоенная
У входа в гостиницу «Калининград»	160	Среднеэтажная 1950 – 1960-х гг.
Отель «Mercury»	41	Многоэтажная новая
Башня Дона	7	Рекреационная
Пл. Маршала Василевского	5	Площадь
Ул. Шиллера, 12	16	Малоэтажная довоенная
Ул. Зоологическая, 9	120	Среднеэтажная 1970 – 1980-х гг.
Просп. Победы, 21	28	Малоэтажная довоенная
Ул. Томская – Грига	220	Среднеэтажная довоенная
Ул. Пионерская, 68 – 70	6	Многоэтажная 1970 – 1980-х гг.
Ул. 9 Апреля, 102	16	Многоэтажная новая
У Музея Мирового океана	26	Рекреационная
Южный вокзал, у входа	24	Среднеэтажная довоенная
Южный парк, рavelин Хаберберг	4	Рекреационная
Остров Канта, у Кафедрального собора	3	Рекреационная



Средние характеристики магнитной индукции и их изменчивости в условиях разного характера использования территории и ее застройки представлены в таблице 2.

Таблица 2

Средние значения магнитной индукции и показатели их изменчивости в зависимости от характера использования и застройки территории

Характер использования и тип застройки территории	Число измерений	Среднее значение, нТл	Среднее квадратическое отклонение (σ)	Коэффициент вариации, %	Среднее значение при исключении аномалий по 3σ и 2σ пределам, нТл
Историческая (довоенная немецкая)	44	60	79	132	38,5
Среднеэтажная	38	62	86	139	47
Малоэтажная	6	45	—	—	—
Среднеэтажная 1950–1960-х гг. («хрущевки»)	42	52	48,5	93	40
Многоэтажная 1970–1980-х гг. («брежневки»)	36	68,7	92,6	135	41,5
Многоэтажная последних лет	12	23,4	50	213	10,6
Парки, скверы, площади	27	10,8	11	102	8,3

Как следует из приведенных в таблице 2 значений, имеющиеся в городе типы застройки и использования территорий, за исключением многоэтажной застройки последних лет и незастроенных территорий парков, скверов и площадей, сравнительно слабо различаются между собой по характеристикам магнитной индукции. В сравнении с другими городами следует отметить, что для исторической застройки Калининграда приведенные в таблице 2 характеристики в 3–5 раз ниже, чем в Москве, Санкт-Петербурге и Казани [5]; для среднеэтажной застройки 1950–1960-х гг. разница меньше – в 1,5–2 раза. Это может отражать различия как в качестве строительства и электрооборудования домов, так и в степени их насыщенности бытовыми электроприборами вследствие социально-экономических особенностей. Для многоэтажной застройки 1970–1980-х гг. и последних лет, а также парков, скверов, площадей разница показателей сравниваемых городов незначительная.

Аномальные значения магнитной индукции. Существенно более высокие значения магнитной индукции отмечены в пределах аномалий, обусловленных наличием недостаточно экранированных кабелей подземной прокладки. Такие аномалии (их расположение показано на рисунке 2, сведения приведены в таблице 3) выявляются не только путем статистической обработки результатов измерений, но и непосредственно.



венно на местности, путем повторных измерений. Вблизи и на поверхности земли (асфальта и т. п.) значения магнитной индукции резко возрастают (до 600–1200 нТл). Все обнаруженные аномалии незначительны по размерам, и уже в 20–30 м от аномальных точек значения магнитной индукции не отличаются от характерных для данного типа использования и застройки территории. Однако особенность Калининграда, выявленная по результатам исследования, заключается в довольно широком распространении таких аномалий, особенно в районе ул. Фрунзе и Московского проспекта.

Таблица 3

Сведения о выявленных аномальных значениях магнитной индукции, нТл

Место измерений	Измеренные значения, нТл	Дополнительная характеристика
ТЦ «Меркурий»	320	На асфальте более 1000 нТл
50 м к югу от второго с севера моста через Нижний пруд	23	На асфальте до 70 нТл
Ул. Театральная, 29	156	На земле до 700 нТл
Ул. Зарайская, 7–17	163	Высокие значения (100–150 нТл) в радиусе до 20 м. Во дворе за аркой до 420 нТл; на асфальте до 1100 нТл
Ул. Фрунзе – 9 Апреля	220	Электр. поле до 19 В/м. На асфальте до 600 нТл
Ул. 1812 года, 31–37	220	На асфальте до 700 нТл
Московский просп., 123–133	195	На земле до 500 нТл
Московский просп., 116	387	На асфальте более 1000 нТл
Московский просп., 14б	190	На земле более 300 нТл
Ул. Багратиона – Эпронская	350	На асфальте до 1200 нТл
Ул. Фрунзе – С. Тюленина	120	На асфальте до 300 нТл
Московский просп., 60–62	158	На земле до 600 нТл
Солнечный бульвар, 18	270	На асфальте до 600 нТл

Подобные аномалии характерны для всех городов, где проводились измерения и составлялись карты ЭМП. Распространенность аномалий обнаруживает прямую связь со степенью влажности климата и, соответственно, со степенью сложности прокладки кабелей. В Калининграде аномальными оказались 12,2 % точек измерения, тогда как в Ижевске – 6,0 %, в Казани – 7,8 %, в Москве и Белгороде – по 10,8 %, в Петрозаводске – 11,0 %, в Санкт-Петербурге – 13,9 % [6].

При данной плотности измерений о полноте выявления аномалий, связанных с кабелями подземной прокладки, речь не идет. Значения магнитной индукции в пределах выявленных аномалий на 2–3 порядка ниже действующего в России норматива 10 мкТл для селитебных зон согласно ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07, однако ориентировочные безопасные значения по оценкам ряда зарубежных организаций [13; 15], составляющие 200–400 нТл, в аномалиях превышаются до 4–6 раз.



Обсуждение результатов

К исторически сложившимся особенностям Калининграда, оказавшим влияние в том числе на распределение характеристик магнитной индукции, следует отнести:

— значительное распространение исторической (немецкой довоенной) застройки, сохранившейся в виде как отдельных вкраплений среди зданий более поздних лет постройки, так и целых кварталов и в различной степени реконструированной;

— хаотичная сеть улиц в центральной части города, вследствие чего здесь в значительной степени утрачивается разница между собственно улицами, внутриквартальными проездами и дворами;

— наличие в центре города значительного по площади массива территорий с относительно слабой техногенной нагрузкой, включая остров Канта, недостроенный Дом советов на месте Королевского замка, прилегающую к нему обширную Центральную площадь, массивы зеленых насаждений вдоль реки Преголи;

— наличие практически сплошного кольца фортификационных сооружений XIX в., по большей части используемых как музеи и другие объекты культуры, а также зеленых насаждений.

Следствием указанных особенностей стала высокая контрастность показателей магнитной индукции, выражающаяся прежде всего в наличии в центральной части города обширной, широтно ориентированной полосы низких значений, проходящей параллельно реке Преголе. Как видно из рисунка 2, к северу и к югу от этой полосы значения магнитной индукции быстро нарастают. При этом, однако, участки устойчиво высоких значений, где можно говорить о явлении «электромагнитного смога», сравнительно невелики по размерам и расположены рассредоточенно: вдоль ул. Вагнера — Шевченко — Фрунзе, в районе ул. Кутузова — Пугачева, ул. Томской — Грига, Солнечного бульвара и к северу от Южного вокзала. Другой специфической особенностью изученной части городской территории является довольно широкое (сравнимое с центральной частью Москвы) распространение аномалий, обусловленных кабелями подземной прокладки.

Это означает, что существующая ситуация с ЭМП промышленной частоты в целом не представляет опасности для населения центральной части Калининграда. Расположенный под высоковольтной линией рынок в районе ул. Полоцкой — «исключение, подтверждающее правило». Его размещение не соответствует не только гигиеническому нормативу, но и установленному правительственным постановлением режиму использования охранных зон высоковольтных линий, то есть рынка в этом месте быть не должно.

С другой стороны, гигиенические нормативы ЭПМ промышленной частоты находятся в процессе пересмотра в сторону ужесточения до уровня 0,2—0,4 нТл. В связи с этим делаются первые оценки возможных последствий такого ужесточения, в частности по Москве и Московской



области [17]. Для центральной части Калининграда в этом случае неминуемо возникнет необходимость обследования состояния подземных кабелей и принятия мер к его улучшению.

Заключение

Выполненное инструментальное исследование показало, что с точки зрения соблюдения гигиенических стандартов центральную часть Калининграда можно считать благополучной в отношении ЭМП промышленной частоты, за исключением расположенного под высоковольтной линией рынка в районе ул. Полоцкой. Однако в случае принятия зарубежных ориентировочных безопасных уровней (200–400 нТл) неблагоприятными окажутся практически все выявленные (и оставшиеся невыявленными при данной степени детальности) аномальные участки, связанные с кабелями подземной прокладки.

Явление «электромагнитного смога» в центральной части Калининграда отмечается локально и относительно слабо, чему способствует наличие поясов низких значений магнитной индукции вдоль реки Преголи и кольца фортификационных сооружений XIX в. Обнаруженная в других городах зависимость величин магнитной индукции от общей техногенной нагрузки проявляется в условиях центральной части Калининграда в редуцированном виде, как относительно короткий ряд: застройка прошлых десятилетий – новая застройка – рекреационные пространства.

Список литературы

1. Истомин С.В., Мамзурин Э.В. Подходы к гигиеническому нормированию электромагнитных излучений в Российской Федерации и за рубежом // Охрана и экономика труда. 2013. №2 (11). С. 10–12.
2. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. М., 1968.
3. Прокофьева А.С., Григорьев О.А. Оценка численности населения, проживающего вблизи воздушных линий электропередачи, по критерию экспозиции магнитным полем промышленной частоты (на примере Московского региона) // Всероссийская конференция «Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений» (Москва, 12–13 ноября 2019 г.). М., 2019. С. 109–110.
4. Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. М., 2000.
5. Стурман В.И. Электромагнитные поля промышленного диапазона частот в условиях городской среды как объект эколого-географического исследования // География и природные ресурсы. 2019. №1. С. 21–28. doi: 10.21782/GIPR0 206-1619-2019-1(21-28).
6. Стурман В.И., Логиновская А.Н. Картографирование электромагнитных полей промышленной частоты в центральной части Ижевска // Вестник Удмуртского университета. Сер.: Биология, науки о Земле. 2019. №4. С. 479–487. doi: 10.35634/2412-9518-2019-29-4-479-487.
7. Тихонов М.Н., Довгуша В.В., Довгуша Л.В. Механизм влияния естественных и техногенных электромагнитных полей на безопасность жизнедеятельности // Экологическая экспертиза. 2013. №6. С. 48–65.



8. Федорович Г. В. Экологический мониторинг электромагнитных полей. М., 2004.
9. Яковлева М. И. Физиологические механизмы действия электромагнитных полей. Л., 1973.
10. Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the Minimum Health and Safety Requirements Regarding the Exposure of Workers to the Risks Arising from Physical Agents (Electromagnetic Fields) // Official Journal of the European Union, L184. 2004. Vol. 30, №4. P. 1–9.
11. Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz – 100 kHz) // Health Physics. 2010. Vol. 99, №6, P. 818–836.
12. Li Gun, Du Ning. Equivalent Permittivity Based on Debye Model of Blood and Its SAR // International Journal of Science, Technology and Society. 2017. Vol. 5, №3. P. 37–40. doi: 10.11648/j. ijsts.20170503.12.
13. Muller B. Electrosmog. Hausgemachtes Problem // Bild Wiss. 1996. №4. P. 12–14.
14. National precautionary policies on magnetic fields from power lines in Belgium, France, Germany, the Netherlands and the United Kingdom. RIVM Report 2017-0118. P. 56. doi: 10.21945/RIVM-2017-0118.
15. Opinion on Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF), Radio Frequency Fields (RF) and Microwave Radiation on human health Expressed at the 27th CSTEE plenary meeting Brussels, 30 October 2001. URL: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/sct/documents/out128_en.pdf (дата обращения: 17.10.2019).
16. Pang Xiao-Feng, Li Gun. The Influences of Electromagnetic Field Irradiated by High Voltage Transmission Lines with 50 Hz on the Features of Blood in Animals // Journal of Tissue Science & Engineering. 2017. Vol. 8, iss. 1. doi: 10.4172/2157-7552.1000194.
17. Akinlolu P., Kazeem A. Assessment of Human Exposure to Magnetic Field from Overhead High Voltage Transmission Lines in a City in South Western Nigeria // American Journal of Engineering Research. 2015. Vol. 4, iss. 5. P. 154–162.
18. Schwan H. P. Nonthermal cellular effects of electromagnetic fields: AC-field induced ponderomotoric forces // British Journal of Cancer. 2009. Vol. 45. P. 220–224.
19. Zannella S. Biological effects of magnetic fields // CAS – CERN Accelerator School: Measurement and Alignment of Accelerator and Detector Magnets (Anacapri, Italy, 11–17 Apr 1997). Geneva, 1998. P. 375–386. doi: 10.5170/CERN-1998-005.375.

Об авторе

Владимир Ицхакович Стурман – д-р геогр. наук, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Россия.

E-mail: st@izh.com

The author

Prof. Vladimir I. Sturman, Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications, Russia.

E-mail: st@izh.com

А. А. Володина, М. А. Герб

**ВЛИЯНИЕ МАСШТАБНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ
НА РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ РЕКИ ПРЕГОЛИ
В КАЛИНИНГРАДЕ**

55

Приведены сведения об изменениях, произошедших в составе водных сообществ р. Преголи в г. Калининграде в связи с антропогенным преобразованием береговой зоны в период с 2013 по 2018 г. Выявлена современная структура водных сообществ р. Преголи. Работа выполнена стандартными методами изучения водной растительности. Исследовано нижнее течение р. Преголи в черте г. Калининграда в период 2013–2019 гг. Названия ассоциаций даны в традициях доминантной системы. Установлено, что общее число видов в зоне прямого воздействия и ниже по течению осталось прежним, однако структура растительных сообществ и их видовой состав изменились. Часть видов выпали из сообществ или сократили проективное покрытие, некоторые сообщества в центре города исчезли. Свойственные β -мезосапробным и эвтрофным водам *Lemna minor*, *Cladophora glomerata* увеличили свое обилие в сообществах, выступая в качестве доминантов и содоминантов. Самые значительные изменения растительного покрова реки выявлены для двух участков. С 2013 г. в зонах строительства исчезли ассоциации с доминированием *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris*, *Sagittaria sagittifolia*, *Butomus umbellatus*, *Carex acuta*, *Potamogeton lucens* и др. В 2019 г. на нескольких участках выявлены начальные стадии восстановления растительных сообществ, уничтоженных здесь ранее.

The article focuses on changes in the composition of the Pregolya water eco-systems in the city of Kaliningrad due to the anthropogenic transformation of the coastal area from 2013 to 2018. The work identifies the modern structure of the Pregolya eco-systems. The research included standard methods of studying the aquatic vegetation. The lower current of the river Pregolya within the Kaliningrad city borders is studied for the period from 2013–2019. The associations are named in the traditions of the dominant system. It is established that the total number of species in the direct impact zone and downstream has remained the same. However, the structure of plant communities and their species composition has changed. Some species have fell out of communities or reduced their projective coverage; some communities in the city center have disappeared. Inherent to the β -mesosaprobic and eutrophic waters, *Lemna minor*, *Cladophora glomerata* have increased their abundance in communities, acting as dominants and codominants. The most significant changes in the river vegetation have been identified for two districts. Since 2013, associations with the dominance of *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris*, *Sagittaria sagittifolia*, *Butomus umbellatus*, *Carex acuta*, *Potamogeton lucens*, etc. have disappeared in the construction zones. In 2019 several locations witnessed the initial stages of restoration of plant communities that were destroyed here earlier.

Ключевые слова: антропогенная трансформация, водная флора, растительность, река Преголя, Калининградская область.

Keywords: anthropogenic transformation, aquatic flora, vegetation, the Pregolya River, the Kaliningrad region.



Введение

Преголя, одна из крупнейших рек Калининградской области, протекает с востока на запад почти через всю ее территорию. Ниже г. Гвардейска она разделяется на два рукава: р. Старая Преголя (левый) и р. Новая Преголя (правый), которые сливаются в одно русло в г. Калининграде. Длина реки по створу г. Гвардейска составляет 123 км, общая площадь бассейна — 15 500 км². Преголя — равнинная приморская река со смешанным питанием и паводочным режимом в течение всего года, скорость течения в пределах г. Калининграда — 0,2–0,3 м/с, в устье — 0,05–0,1 м/с. Эстуарий реки продолжается Калининградским морским каналом, который выходит в Вислинский залив и Балтийское море. Эта единая гидродинамическая система определяет основную особенность уровня режима устья Преголи: непериодические сгонно-нагонные колебания, связанные с эпизодическими ветровыми возмущениями водной поверхности и смешением пресных и морских вод, вертикальным и горизонтальным градиентом солености вод. В нижнем течении ширина реки составляет 80 м, глубины колеблются от 5 до 8 м, по фарватеру достигают 12 м [9].

В верхнем и среднем течении река протекает по малонаселенным районам и сельскохозяйственным угодьям, в нижнем — по урбанизированным и индустриальным территориям, подверженным сильному антропогенному загрязнению. При этом анализ экологического состояния нижнего течения р. Преголи с середины 2000-х гг. по разным показателям свидетельствует о значительном его улучшении по сравнению с данными 100-летней давности [5]. Результаты комплексных гидробиологических исследований показали, что экологическое состояние нижнего течения р. Преголи было наилучшим за послевоенный период. Установлено, что биоценозы с доминированием моллюсков-фильтраторов и погруженными водными растениями постепенно продвинулись вниз по течению, появились виды бентоса, не отмечавшиеся в нижнем течении в 1980–1990-е гг. [3; 11]. Сравнение межгодовых изменений биоразнообразия, численности и биомассы компонентов биоты в 2000–2011 гг. выявило улучшение экологического состояния исследуемого участка реки в сопоставлении с 1990-ми гг. [3; 11].

Изучение прибрежно-водных и водных экотопов в городе как составных частей урбанофлоры в современный период имеет определенный научный интерес, поскольку позволяет выявить особенности адаптации растений к урбанизированным условиям среды. Прибрежно-водные и водные сообщества реки составляют экологический каркас города, являются местом обитания земноводных видов и гнездования водоплавающих птиц. Этим обусловлена актуальность изучения растительного покрова р. Преголи в г. Калининграде.

По данным наших предыдущих исследований [1; 2], распределение прибрежно-водной растительности р. Преголи в черте г. Калининграда имело фрагментарный или поясный характер. Например, сплошной пояс из тростника южного и растений с плавающими листьями примыкал к берегу и тянулся вдоль острова Октябрьский по обоим рука-



вам реки, а на участке после их слияния (ул. Правая Набережная) встречался фрагментарно. Его ширина составляла 2–10 м. Пояса с плавающими и погруженными растениями шириной 1–8 м отмечались на участках Старой Преголи вдоль района Рыбной деревни, у острова Канта и вдоль берегов Новой Преголи.

В рамках подготовки г. Калининграда к проведению матчей чемпионата мира по футболу FIFA-2018 в период 2013–2018 гг. произошла масштабная техногенная трансформация береговой зоны и русла р. Преголи в г. Калининграде. На Старой и Новой Преголе были выполнены работы по берегоукреплению, бетонированию и реконструкции набережных, строительству пассажирских причалов, постройке и реконструированию мостов в центре города. На острове Октябрьский была произведена в огромном объеме отсыпка грунта и построен стадион. Такое обширное гидротехническое строительство привело к трансформации прибрежной территории и донных биотопов и почти полному сведению прибрежно-водной растительности в районе работ.

Цель работы — выявить современный видовой состав и структуру прибрежно-водных сообществ р. Преголи в г. Калининграде после антропогенной трансформации русла реки и ее берегов. Объектом исследования стали макроводоросли, водные и прибрежно-водные сосудистые растения, растительные сообщества участка р. Преголи в г. Калининграде.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в нижнем течении р. Преголи в черте г. Калининграда на участке протяженностью около 17 км на 10 разрезах и 20 станциях (ст.). Станции расположены в рукавах Новая и Старая Преголя, на участке после слияния рукавов (ст. 24, 26, 27) и в устье реки (ст. 22) (рис. 1). Работы велись общепринятыми методами изучения водной растительности [4; 7] на маломерном судне в июле 2013 г. и в июне и августе 2019 г.; наземные обследования выполнялись на участках реки в центре города в течение летних сезонов 2013–2019 гг.

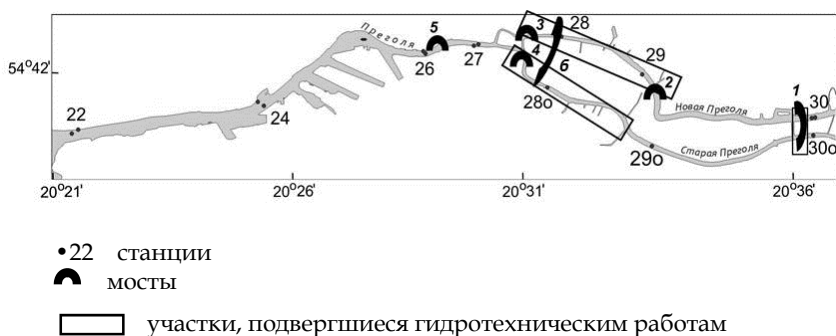


Рис. 1. Схема расположения станций, мостов и участков р. Преголи, подвергшихся гидротехническим работам:

- 1 — Берлинский мост; 2 — Восточная эстакада; 3 — Деревянный мост;
- 4 — Высокий мост; 5 — двухъярусный мост; 6 — Второй эстакадный мост



Учитывались макрофиты (макроводоросли, сосудистые растения), которые росли на покрытом водой грунте, экологические группы растений выделялись по В.Г. Папченкову [6]. При описании ассоциаций применяли доминантный подход, их названия давались в традициях доминантной системы [4; 7]. При оценке распространения растительных ассоциаций по участкам реки применены следующие обозначения: + ассоциация распространена редко (от одного до 10 описаний растительности); ++ ассоциация распространена ограниченно (от 10 до 40 описаний); +++ ассоциация широко распространена (более 40 описаний).

Латинские названия видов выверены по С.К. Черепанову [8] и электронным базам данных AlgaeBase [10] и WoRMS [12].

Результаты

В составе гигрофильной флоры нижнего течения р. Преголи установлено 137 видов: 128 – высших растений из 48 семейств и 82 родов, 2 вида мохообразных и 7 видов макроводорослей. В водной флоре насчитывается 56 видов (7 – макроводорослей, 1 – мохообразных, 1 – хвощеобразных, 47 – покрытосеменных) из 31 семейства и 43 родов [1; 2]. Наибольшую частоту встречаемости и проективное покрытие имели мезотрофные виды, в том числе 53 % видов относились к β -мезосапробионтам. Таксономический состав макрофитов, состав и структура водных сообществ, а также характер встречаемости видов-индикаторов указывали на β -мезосапробность водной среды и мезотрофный статус вод нижнего течения р. Преголи. В то же время в г. Калининграде были выявлены участки реки, которые по видам-индикаторам имели мезоэвтрофный статус [2].

После проведенных гидротехнических работ (с 2014 г.) видовой состав прибрежно-водной растительности реки в целом остался прежним, но на участках в зоне прямого воздействия (рис. 1), например вдоль острова Октябрьский, и ниже по течению существенно изменился. Часть видов выпали из сообществ, другие изменили обилие и проективное покрытие. Так, нитчатые водоросли (родов *Cladophora*, *Oedogonium*, *Rhizoclonium riparium*) и рясковые значительно увеличили долю участия в сообществах; тростниковые и кубышко-кувшинковые сообщества, а также широколистные рдесты (*Potamogeton lucens*, *P. perfoliatus*) исчезли в центре города или сократили проективное покрытие.

Всего в 2019 г. нами было выделено 28 растительных ассоциаций прибрежно-водной и водной растительности р. Преголи в черте г. Калининграда (табл. 1). Исследованный участок реки по степени антропогенного воздействия условно можно разделить на пять зон (рис. 2). Распространение водной и прибрежно-водной растительности на этих участках имеет разный характер, связанный в первую очередь с преобразованием береговой зоны под промышленные и портовые зоны (участок 4 и частично 2), бетонированные набережные и мосты (участки 3, 4 и частично 2), причалы, причальные стенки (участок 4 и частично 5).

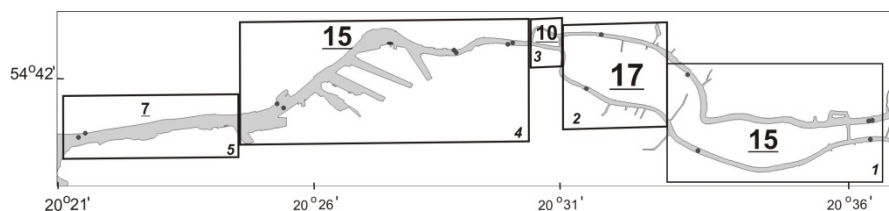


Таблица 1

**Распространение ассоциаций водных растений по участкам
р. Преголи в г. Калининграде в 2019 г.**

Сообщество	Распространение	Участки
<i>Phragmitetum australis subpurum</i>	+	5
<i>Phragmitetum australis potamogetonosum</i>	++	4, 5
<i>Phragmitetum australis aqui-herbosum</i>	++	1, 2, 4
<i>Phragmitetum australis nymphaerosum</i>	+	1, 2, 4
<i>Sparganietum erecti aqui-herbosum</i>	+	1, 2
<i>Sparganietum emersi nymphaerosum</i>	+	1, 2
<i>Butometum umbellati aqui-herbosum</i>	+	1
<i>Scirpetum lacustri aqui-herbosum</i>	++	1
<i>Carex acuti aqui-herbosum</i>	+	1
<i>Nupharetum lutei nymphaerosum</i>	++	1, 2, 3, 4
<i>Nupharetum lutei aqui-herbosum</i>	+++	1, 2, 3, 4
<i>Nupharetum lutei ceratophyllosum</i>	++	1, 2, 4
<i>Nupharetum lutei lemnosum</i>	++	2, 3, 4
<i>Nupharetum lutei – potamogetonosum</i>	+	4
<i>Nymphaetum candidae lemnosum</i>	+++	2, 3
<i>Potamogetonetum lucensi ceratophyllosum</i>	+	1, 2, 3, 4
<i>Potamogetonetum lucensi nupharosum</i>	+	3, 4
<i>Potamogetonetum crispum aqui-herbosum</i>	+	1, 2
<i>Potamogetonetum pectinati cladophoretum</i>	++	1, 2, 3, 4
<i>Potamogetonetum pectinati subpurum</i>	+	3
<i>Potamogetonetum pectinati aqui-herbosum</i>	+	1, 2, 4
<i>Potamogetonetum perfoliati nupharosum</i>	+	5
<i>Potamogetonetum perfoliati aqui-herbosum</i>	++	5
<i>Potamogetonetum perfoliati subpurum</i>	+	5
<i>Ceratophylletum demersi cladophoretum</i>	++	2, 3, 4
<i>Ceratophylletum demersi aqui-herbosum</i>	+	1, 2
<i>Lemnetum minori spirodellosum</i>	+++	1, 2, 3, 4, 5
<i>Cladophoretum glomerati subpurum</i>	++	2, 3, 4, 5

59



Z количество водных ассоциаций

Рис. 2. Зонирование р. Преголи и количество водных растительных ассоциаций в 2019 г. на участках 1–5:

- 1 – малоизмененные берега реки; 2 – остров Октябрьский; 3 – остров Канта;
- 4 – индустриальная зона; 5 – устьевая часть



Берега реки на участке 1 подверглись антропогенным преобразованиям в наименьшей степени. На значительном протяжении вдоль рукавов Старая и Новая Преголя сохранены естественные берега, где прибрежно-водная растительность представлена поясами гелофитов (пояс тростника южного) и гидрофитов (пояс водных растений с плавающими листьями, пояс погруженных растений), состоящими из разного числа ассоциаций. Ширина таких поясов колеблется от 2 до 15 м. Выявлено 15 растительных ассоциаций (рис. 2, табл. 1), число видов в них составляло от 5 до 17.

Максимальное количество видов было выявлено на станциях, находящихся за чертой города: ст. 30а и 30 (рис. 1), на которой впервые был обнаружен *Potamogeton nodosus*, произрастающий в среднем течении реки. На этом участке реки доминируют сообщества тростника южного с водными растениями, содоминанты – нимфейные.

В участок 2 входит остров Октябрьский, берега которого были существенно преобразованы, сведена прибрежная и водная растительность. До начала работ вдоль Старой Преголи в прибрежной зоне произрастали разные виды ив, к берегу примыкал тростниковый пояс вместе с поясом растений с плавающими листьями (кубышка желтая, кувшинка белая и чисто-белая) с сопутствующими рдестово-рогозовыми ассоциациями с примесью плейстофитов (плавающие на поверхности растения). В 2019 г. многие прибрежно-водные сообщества (тростника, ежеголовника, стрелолиста, кубышко-кувшинковые и рдестовые ассоциации), описанные нами ранее [1], исчезли или были представлены фрагментарно. Выявлено 17 растительных ассоциаций (рис. 2, табл. 1). Противоположные от острова берега Старой Преголи в целом сохранили структуру растительных сообществ и видовой состав, а доля рясковых и нитчатых водорослей в ассоциациях возросла до 30–60%. Свойственные β -мезотрофным и эвтрофным водам *Lemna minor*, *Cladophora glomerata* увеличили проективное покрытие (в%) в сообществах, выступая в качестве доминантов и содоминантов. В 2019 г. были описаны новые растительные ассоциации с их доминированием. В целом на участке 2, подвергшемся прямому воздействию проводимых работ, количество ассоциаций увеличилось, однако по сравнению с 2012–2013 гг. их видовой состав обеднен, ассоциации состоят в среднем из 3–5 видов.

Всего за период с 2013 г. на участке реки в зоне строительства исчезла 21 ассоциация (табл. 2), в частности с доминированием *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris*, *Sagittaria sagittifolia*, *Butomus umbellatus*, *Carex acuta*, *Potamogeton lucens*, *Sparganium emersum*, *Sparganium erectum*. Сообщество с доминированием последнего вида сохранилось только на ст. 28а.

Таблица 2

Сообщества водных растений в р. Преголе в черте г. Калининграда, исчезнувшие в районе строительства за период 2013–2019 гг.

Сообщество	Номер участка
<i>Phragmitetum purum</i>	2
<i>Phragmitetum subpurum</i>	2
<i>Phragmitetum nymphaerosum</i>	2



Окончание табл. 2

Сообщество	Номер участка
<i>Phragmitetum aqui-herbosum</i>	2
<i>Phragmitetum potamogetonosum pectinati</i>	2
<i>Phragmitetum carecosum acuti</i>	2
<i>Sparganietum erecti aquiherbosum</i>	Исчезло везде, кроме ст. 28о
<i>Sparganietum emersi nupharosum</i>	2, 3
<i>Sparganietum emersi – potamogetonosum crispi</i>	2
<i>Scirpetum lacustri purum</i>	2
<i>Scirpetum lacustri aqui-herbosum</i>	2, 3
<i>Sagittarietum aqui-herbosum</i>	2
<i>Butometum umbellatei subpurum</i>	2
<i>Phalaroidetum purum</i>	2
<i>Glycerietum maximi aqui-herbosum</i>	3
<i>Caricetum acuti purum</i>	2
<i>Nupharetum lutei potamogetonetum lucensi</i>	2, 3
<i>Potamogetonetum lucenti purum</i>	2, 3
<i>Potamogetonetum lucenti ceratophyllosum</i>	2
<i>Potamogetonetum lucenti aqui-herbosum</i>	2, 3
<i>Potamogetonetum pectinati aqui-herbosum</i>	2, 3

61

Участок 3 (остров Канта и противоположные берега) находится в центре города, расположен ниже по течению и является зоной ответной реакции от проведенных на участке 2 гидротехнических работ. В 1970-х гг. на всем его протяжении были оборудованы набережные. Долгое время (до конца 1990-х гг.) водная растительность тут отсутствовала, однако в 2013 г. вдоль набережных уже произрастали погруженные растения (*Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton pectinatus*, *P. lucens*) и другие гидрофиты из разных экологических групп (*Nymphaea candida*, *Nuphar lutea*, *S. sagittifolia*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *L. minor*, *Spirodella polyrhiza*). Растительность в Новой Преголе выражена только на правом берегу, где до строительных работ встречались ассоциации с доминированием *Scirpus lacustris*, *S. emersum*, маловидовая ассоциация *Sagittaria aqui-herbosum*. С 2018 г. эти сообщества исчезли и сменились кубышково-ряскового ассоциацией. В протоке между островами Канта и Октябрьский описанные нами ранее сообщества с доминированием *P. lucens* и *P. pectinatus* [1] пропали (табл. 2). В 2019 г. здесь доминировали кубышково-рясковые и рясковые сообщества. Отмечается рост доли участия в сообществах *C. glomerata* (до 30%) и видов рясковых, иногда формирующих чистые сообщества, как и на участке 2 (табл. 1). Всего в 2019 г. выявлено 10 растительных ассоциаций (рис. 2, табл. 1). По сравнению с 2013 г. в протоке между островами исчезли 4 ассоциации: с доминированием *G. maxima*, *S. sagittifolia*, *N. candida*, *P. lucens*.

Участок 4 включает индустриальную зону города. Это территория причалов, торгового и рыбного портов. Берега представлены бетонированными причальными стенками и набережными. Прибрежная растительность здесь отсутствует либо отмечается фрагментарно (табл. 1).



В местах локальных выпусков ливневых стоков формируются сообщества из видов, хорошо растущих в воде с избыточным содержанием биогенных элементов (рясковые, *N. lutea*, *C. fracta*, *P. pectinatus*, *P. crispus*, *C. demersum*). Среди рясковых помимо *L. minor* и *S. polyrhiza* встречается *L. gibba*. Доминируют ассоциации с *N. lutea*, *L. minor*, *C. demersum*, *C. glomerata*. Локально встречаются ассоциации тростника южного с водными растениями (табл. 1) и рдестами (*P. lucens*, *P. perfoliatus*, *P. pectinatus*) с небольшой площадью покрытия (10–40%). Всего в 2019 г. на этом участке выявлено 15 растительных ассоциаций (рис. 2, табл. 1).

В устьевом участке реки (5), переходящем в Калининградский морской канал, видовой состав обеднен за счет гидродинамических особенностей эстуария и колебаний значений солености. Здесь произрастает ограниченный набор толерантных видов, например *P. australis*, *P. pectinatus*, *L. gibba*, морские водоросли (*Ulva intestinalis*, *U. prolifera*, *C. glomerata*). В 2019 г. в устьевом участке отмечено всего 7 растительных ассоциаций, среди которых доминируют ассоциации с *P. australis* и *P. perfoliatus* (табл. 1). В окрестностях пос. Прегольский водная растительность представлена поясами погруженных гидрофитов, в основном рдестов (*P. pectinatus*, *P. crispus*, *P. perfoliatus*, *P. lucens*), примыкающих к каменной опояске берега. Местами к нему могут примыкать нимфейные, формирующие небольшие по площади пояса.

Таким образом, за период 2013–2019 г. в растительном покрове р. Преголи в пределах г. Калининграда произошли структурные перемены. Некоторые растительные ассоциации совсем исчезли. В кубышко-кувшинковых сообществах сократилась доля участия и проективное покрытие (в %) одного или нескольких содоминантов (например, *S. sagittifolia*, *P. lucens*), почти в два раза уменьшились площади зарастания прибрежно-водной растительности или она вовсе исчезла. На участках 2 и 3 выявлено увеличение числа обедненных, маловидовых водных сообществ и доли участия в сообществах рясок и нитчатых водорослей. Зафиксирован рост доли участия в сообществах (в %) мезосапробных и эвтрофных видов, формирующих местами ассоциации *Potamogeton pectinatus* – *Cladophora glomerata*, *Ceratophyllum demersum* + *Cladophora glomerata*.

Приведенные сведения не являются окончательными, количественные данные геоботанических описаний и оценка площадей зарастания будут в дальнейшем проанализированы нами в рамках выполнения регионального проекта РФФИ №19-45-390006.

Заключение

Антропогенная трансформация русла и берегов р. Преголи в ходе строительных работ в г. Калининграде привела к изменениям в водных растительных сообществах. Сведение пояса гелофитов на значительном протяжении острова Октябрьский отразилось на структуре водных сообществ. Сократили свое обилие или исчезли широколистные виды рдестов. В 2019 г. в черте города водная растительность была представлена маловидовыми сообществами, в основном кубышково-роголист-



никово-рясковыми и рдестовыми. Эти сообщества часто примыкают к бетонированным набережным, не образуют широких поясов (максимум 1,5–3 м), имеют фрагментарный характер зарастания.

Уничтожение пояса тростников, играющих важную роль в процессах поглощения и аккумуляции биогенных соединений, привело к распространению и увеличению обилия рясковых и нитчатых водорослей, толерантных к эвтрофированию. Это может косвенно свидетельствовать о повышении трофности воды.

Менее всего изменения затронули участки выше и ниже по течению от зоны воздействия и в устье реки, где произрастает всего несколько ассоциаций. На участках реки выше и ниже преобразованных берегов и зоны воздействия от строительных работ растительный покров в целом сохранил свою прежнюю структуру и состав при увеличении обилия плавающих и прикрепленных к водным растениям зеленых нитчатых водорослей.

Экспедиционные исследования, анализ и интерпретация данных 2019 г. осуществлены при финансовой поддержке РФФИ и Калининградской области в рамках научного проекта № 19-45-390006 «Изменения биоценозов устьевой области реки бесприливного внутреннего моря в результате техногенной трансформации берегов». Анализ и интерпретация многолетних данных выполнены в рамках госзадания ИО РАН № 0149-2020-0013.

Авторы выражают признательность канд. биол. наук Ю.Ю. Полуниной за всестороннюю помощь и поддержку при проведении полевых исследований и ценные замечания при написании статьи.

Список литературы

1. Герб М. А., Володина А. А. Растительность и флора р. Преголя // Биологические сообщества реки Преголя (Вислинский залив, Балтийское море). Калининград, 2013. С. 64–84.
2. Герб М. А. Экологический анализ водной флоры нижнего течения реки Преголи // Известия КГТУ. 2014. №32. С. 162–169.
3. Ежова Е. Е., Лятуш М. В., Молчанова Н. С. Оценка экологического состояния Преголи по макрозообентосу // Биологические сообщества реки Преголя (басейн Вислинского залива, Балтийское море). Калининград, 2013. С. 180–183.
4. Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Л., 1981.
5. Молчанова Н. С. 100 лет антропогенного загрязнения реки Преголи // Известия КГТУ. 2014. №32. С. 170–178.
6. Папченко В. Г. Различные подходы к классификации растений водоемов и водотоков // Материалы VI Всероссийской школы-конференции по водным макрофитам «Гидрботаника 2005» (пос. Борок, 11–16 октября 2005 г.). Рыбинск, 2006. С. 16–24.
7. Распопов И. М. Высшая водная растительность больших озер Северо-Запада СССР. Л., 1985.
8. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., 1995.
9. Чубаренко Б. В., Шкуренко В. И. Физические механизмы проникновения соленых вод вверх по реке Преголе с учетом влияния рельефа дна // Физические проблемы экологии (экологическая физика). М., 2001. Вып. 7. С. 80–88.



10. *AlgaeBase* : [сайт]. URL: <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 15.01.2019).

11. *Ezhova E.E., Lange E.K., Gerb M.A. et al.* The Structure and Composition of Biological Communities in the Pregolya River (Vistula Lagoon, the Baltic Sea) // V.A. Gritsenko et al. (eds.). *Terrestrial and Inland Water Environment of the Kaliningrad Region: The Handbook of Environmental Chemistry*. 2018. Vol. 65. P. 317–372. doi: 10.1007/698_2017_107.

12. *WoRMS* (World Register of Marine Species). URL: www.marinespecies.org (дата обращения: 15.01.2019).

Об авторах

64

Александра Анатольевна Володина – канд. биол. наук, науч. сотр., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН; доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: volodina.alexandra@gmail.com

Марика Армановна Герб – науч. сотр., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия.

E-mail: marger75@mail.ru

The authors

Dr Alexandra A. Volodina, Researher, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academia of Sciences; Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: volodina.alexandra@gmail.com

Marika A. Gerb, Researcher, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academia of Sciences, Russia.

E-mail: marger75@mail.ru

Г. С. Михневич

ГЛЯЦИОДИСЛОКАЦИИ В ТОЛЩЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

65

Одна из особенностей строения четвертичной толщи территории Калининградской области состоит в том, что в ней присутствуют участки нарушенного залегания, рассматриваемые как гляциодислокации. Известные на протяжении полутора веков и характеризующиеся многообразием форм, они до настоящего времени практически не исследованы, отсутствуют представления о механизмах их образования. Между тем некоторые из дислокаций, например отторженцы, могут представлять интерес в качестве месторождений янтаря. Целью работы является характеристика и систематика уникальных гляциотектонических образований, зафиксированных в поверхностных, преимущественно четвертичных, отложениях Калининградского полуострова. На основе классификации, предложенной Э.А. Левковым (1980), была проведена систематизация некоторых гляциодислокаций. Выделены и охарактеризованы образования активного льда (складчато-чешуйчатые дислокации, инъекции и отторженцы) и мертвого льда (гляциокарстовые нарушения, инъективные формы).

The areas of disturbed bedding, which are considered as glaciodysllocations are one of the structural features of the Quaternary strata of the Kaliningrad Region. Known for a century and a half and characterized by a variety of forms, they have not yet been practically studied, and there is very little knowledge of their formation mechanisms. Meanwhile, some of the dislocations, such as the glacial blocks, may be of interest as amber deposits. The aim of the work is to characterize and systematize the unique glaciodysllocation formations observed in the surface, mainly Quaternary, sediments of the Kaliningrad Peninsula. Based on the classification proposed by E.A. Leokov (1980), some glacio-dysllocations have been systematized. Formations of active ice – folded-scaly dysllocations, glaciodyslpurs and glacial blocks, and “dead” ice – glaciodyslkarst disturbances, injective forms, have been identified and characterized.

Ключевые слова: гляциотектоника, ледниковая деятельность, гляциодислокации, Калининградская область.

Keywords: glaciodysltonics, glacial working, glaciodysllocations, the Kaliningrad region.

Введение

На протяжении полутора веков для объяснения происхождения поверхностных отложений применяется ледниковая теория, однако механизмы происхождения гляциодислокаций, в том числе отторженцев, до сих пор представляются в самых общих чертах. Между тем исследо-



вание гляциотектонических явлений может способствовать решению целого ряда теоретических и прикладных задач (палеогеографические реконструкции, уточнение стратиграфических схем, неотектонические построения, гляциоморфогенез, выявление и разведка месторождений полезных ископаемых и т.п.). К тому же факт взаимосвязи многих нарушений, обычно описываемых в качестве ледниковых, со структурой коренных пород иногда используется для обоснования альтернативной — эндотектонической — точки зрения на происхождение дислокаций. Поэтому объяснение природы наблюдаемых взаимоотношений имеет принципиальное значение для ледниковой теории.

Данная статья ставит своей целью охарактеризовать и систематизировать уникальные гляциотектонические образования, зафиксированные в поверхностных, преимущественно четвертичных, отложениях Калининградского полуострова.

Материалы и методы

Методической основой для систематики гляциодислокаций послужила классификация, предложенная Э. А. Левковым в 1980 г. и основывающаяся на учете ряда критериев, ведущим из которых должен быть генетический [9]. Вместе с тем следует принимать во внимание морфологическое выражение нарушений и структур, дающее возможность использовать предлагаемую рубрику и идентифицировать объекты при полевых и других исследованиях. Трудности при типизации рассматриваемых объектов обусловлены невыясненностью ряда процессов, происходивших во льду и субстрате во время материковых оледенений, а отсутствие четких рубежей между многими ледниковыми явлениями создает определенную условность в выделении ряда гляциотектонических форм.

Все многообразие геологических структур, образующихся под ледниковым влиянием, можно свести к трем группам. Наиболее обширную группу *дислокаций активного наступающего льда* составляют разнообразные *складчато-чешуйчатые (скибовые)* сооружения. Заметное число деформаций возникает и при *инъекциях (диапиризме)* разнообразных податливых пород ложа в толщу активного льда (в том числе и в основную морену), а также в свободные от него участки. Еще один тип деформаций трансгрессирующего ледника — *отторженцевый* — обусловлен захватом и транспортировкой внутри ледникового покрова блоков и целых пакетов пород субстрата. К группе дислокаций активного льда также отнесены нарушения, вызванные волочением пород субстрата вслед за перемещением основания льда, — *малоамплитудные складки волочения* [17].

Ведущее место среди дислокаций второй группы, *созданных мертвым льдом*, отводится *гляциокарстовым нарушениям*, которые образовались из-за таяния льда в ложе, бортах и толще различных аккумуляций. Во вторую группу, как и в предыдущую, входят *инъективные формы*, но они обычно несколько отличаются своей морфологией и характером проявления. Особняком от этих нарушений стоят деформации, вызванные отколовшимися от ледника *айсбергами*.



Третья группа проявляется при наступании и отступании ледников и охватывает гляциотектонические преобразования в более глубоких зонах литосферы. Выделение гляциотектонических явлений этой группы наиболее проблематично [8; 9].

В работе использованы опубликованные труды немецких, советских и российских ученых с 1860 по 2015 г., фондовые материалы Калининградской геологической экспедиции второй половины XX в., отчет о комплексных сейсмологических и сеймотектонических исследованиях для оценки сейсмической опасности территории г. Калининграда в 2008 г. ИФЗ им. О.Ю. Шмидта [7], а также результаты регулярных маршрутных исследований северного и северо-западного берегов Калининградского полуострова.

Результаты

По литературным данным и собственным исследованиям удалось выделить разнообразные по морфологии и происхождению гляциодислокационные образования на территории Калининградского полуострова. Рассмотрим некоторые из них.

Складчато-чешуйчатые дислокации

В Калининградской области достаточно часто отмечаются мощные пакеты пород, перемещенные ледником и собранные в сложную систему складок и чешуй. Уже в работах немецких ученых встречаются подробные описания этих образований. Примером могут служить складчато-чешуйчатые дислокации в районе форта №2 «Бронзарт» (ранее «Нойдамм») близ современного пос. Малое Васильково. В 1876 г. при строительстве форта А. Йенч наблюдал в северо-западном углу раскопа «приподнятый и даже несколько опрокинутый дислоцированный массив третичных пород», который был им описан в «Сообщении о геологическом исследовании провинции Пруссия в 1876 г.» и изображен на чертеже [16]. В дислокации залегали смятые в складку отложения янтареносной и бурогоугольной формаций, карбонатная глина и гравийные отложения. В настоящее время подробности строения дислокации, приведенные в статье, дают возможность объяснить ее появление складчато-чешуйчатыми нарушениями, которым подверглись флювиогляциальные образования, сформированные при переотложении дочетвертичных пород.

Также немецкими учеными неоднократно описывались дислокации, наблюдаемые в обнажениях на абразионных уступах. «На морском берегу складчатость многократно проявляется в сильно нарушенных диллювиальных (плейстоценовых) отложениях; особенно явно проявление складчатых дислокаций в конце оврага Детройт (Detroitschlucht в пос. Отрадное. — Г.М.) или в слое гравия и гальки вблизи Лопёненского мыса (мыс Купальный. — Г.М.)» [17].



В соответствии с современными представлениями **дислокации пос. Отрадное** наложены на комплекс морен и флювиогляциальных отложений. В районе пос. Отрадное в толще горизонтально залегающих неогеновых отложений имеется эрозионный врез — палеодолина. Она заполнена мореной, слоистыми водно-ледниковыми отложениями и отторженцами неогеновых углистых песков. Чешуи неогеновых песков, чередуясь с водно-ледниковыми отложениями, образуют лежащие складки амплитудой до 8 м. Предположительно здесь проявились как собственно ледниковые напорные деформации (надвиги, наволоки мерзлых рыхлых пород), так и небольшие по амплитуде гравитационные перемещения пластичных талых масс, сопровождавшиеся образованием складок и пологих сбросов [1].

Дислокации пос. Донское — Бакалино. Наиболее исследованным дислоцированным участком калининградского побережья является участок близ пос. Донское [1; 15; 17]. Первые описания дислокаций были произведены еще во второй половине XIX в. и принадлежат А. Йенчу [15]. Вот как описывал немецкий ученый геологическую ситуацию в районе Диршкайма (пос. Донское) в 1877 г., объясняя происхождение дислокаций латеральным воздействием на породы кайнозоя крупных ледяных глыб, плавающих в море: «Здесь слои янтареносной формации падают под большим углом на восток, то есть в направлении континента, так что в сторону моря они местами поднимаются почти к верхней кромке пляжа (берега). Этот подъем все же нерегулярен... он прерывается многочисленными сбросами и обрушениями, которые нередко приводят к дислокациям (плейстоценовые. — Г. М.) слои прямо под янтареносную формацию. Масштаб этого нарушения является более выдающимся, чем некоторые другие случаи на берегу... То, что здесь не действовала сила, направленная вертикально из земных глубин, доказывает регулярное положение нижних слоев. Все наблюдаемые формы нарушений слоев указывают на силу, действующую преимущественно в горизонтальном направлении (боковое давление). Так как это боковое давление происходило только поверхностно, то объясняется оно воздействием близко расположенного, плавающего вблизи берега и выброшенного на мель айсберга» [15].

Стремясь объяснить условия залегания пород, А. Йенч использует гипотезу, впервые выдвинутую Й. Фр. Йонструпом (J. Fr. Johnstrup) в 1870-х гг. для дислокаций островов Мён (Moeen) и Рюген. Хотя это представление может показаться несколько наивным, ценны сами предположение возможности дислокационного действия ледовых масс и отвергание эндогенного тектонического процесса. Скорость, с которой происходила эволюция ледниковой теории, отражена в описании дислокаций, сделанном Э. Шелвином в 1905 г.: «К давлению, которое производил лед на подстилающее ложе, и к сдвигающему действию при наступательном движении льда сводится целая череда нарушений залегания слоев на берегу... Причина этих нарушений... не вызывает сомнений, поскольку речь идет о воздействии давления покровного



ледника. На вопрос, какие локальные условия в данном случае имели наибольшее влияние, тяжело ответить по отдельным профилям, на которых вдобавок ко всему покров склоновых осыпей мешает исследованию... Наверняка в нашем случае вдавливание диллювиальных масс между третичными породами, снос самых верхних третичных слоев и вызванное этим нарушение (сброс) в крепко замороженных третичных песках являются хорошим объяснением...» [17].

На участке протяженностью около 250 м наблюдается приподнятое высотное положение кровли пород неогена и палеогена, образующих выступ типа горста, ограниченный с севера и юга сбросами. К сбросам приурочены флексуры амплитудой около 30 м, фиксируемые крутопадающими слоями морских песков, предположительно лихвинского возраста, и нарушенное залегание окской морены. В сводовой части горста наблюдаются диапировые складки в неогеновых отложениях. Один из диапиров образован пластичными темно-коричневыми глинами, меняющими свою мощность от 1,5 м в ядре складки у основания до 0,3 м в замковой области. Амплитуда складки составляет 7–8 м. Мелкие диапиры (2–2,5 м) присутствуют в южной части горстового поднятия в зоне контакта палеогеновых и четвертичных отложений. Образованы они палеогеновыми янтаресодержащими глинами. Мелкие складки имеют ту же ориентировку, как и основной диапир, что указывает на их формирование в едином поле напряжений. Кроме того, по контакту неогеновых и палеогеновых отложений в южной части дислокации происходит внедрение прослоев суглинка и гальки (мощностью 0,3–0,4 м). На отметке 30 м нарушения горизонтально срезаются бурой валдайской мореной. Сторонники эндогенного генеза описываемых дислокаций считают, что в районе пос. Бакалино и Донское на простирании Бакалинской флексурно-разрывной зоны имеются разломы, нарушающие как фундамент, так и платформенный чехол [7].

Дислокации близ пос. Куликово. В 700 м на запад от устья р. Забавы в разрезе, обнаженном абразионным уступом (высота около 10 м), наблюдается ядро асимметричной гребневидной складки. Складка выражена в тонкозернистых песчано-глинистых отложениях среднеплейстоценового возраста и имеет более крутое юго-восточное крыло. В этом же районе, чуть южнее гребневидной складки, вдоль узкой v-образной ложбины наблюдается резкий контакт разновозрастных молодых отложений. Вдоль нарушения в разных крыльях отмечаются складчатые деформации молодых отложений: в восточном крыле — среднеплейстоценовых ледниковых отложений, в западном — более молодых, верхнеплейстоценовых морских (?) отложений. Существует альтернативное мнение, что дислокации обусловлены эндогенными процессами [7]. На описываемой территории проходит Пионерский разлом, имеющий северо-восточную ориентировку и представляющий собой восточное ограничение активного поднятия северо-западного участка Калининградского полуострова.



Отторженцы

Отторженцы представляют собой различной величины глыбы осадочных пород, утратившие связь с материнскими породами и удаленные от коренного положения на разные расстояния, включенные в морену или контактирующие с ней и сохраняющие первичные текстурные признаки [9]. Факт наличия этих проявлений ледниковой деятельности известен со второй половины XIX в. [15–17], однако работы советских и российских ученых по данной проблеме крайне редки [4; 10–12]. Наиболее часто отторженцы наблюдаются в зонах развития конечно-моренных образований и в переуглубленных ледниково-эрозионных врезках в дочетвертичные породы [4–5; 12]. Облик и размеры отторженцев различны: гнезда (глыбы с угловатыми краями), распластанные линзовидные и пластообразные тела как миниатюрных (первые десятки сантиметров), так и гигантских размеров (несколько квадратных километров) и др. В толще ледниковых и водно-ледниковых отложений плейстоцена опознаются отторженцы неогеновых, палеогеновых (в том числе янтареносных) и меловых пород.

70

Крупный отторженец в береговых обнажениях близ г. Светлогорска — пос. Отрадное был описан еще в 1905 г. Э. Шеллвином [17]. «Наконец можно еще упомянуть пример месторождений слоев более старых формаций внутри дилювиальных отложений. Вблизи оврага Детройт (пос. Отрадное. — Г. М.) мы видим один такой дислоцированный массив (отторженец) миоценовых слюдистых и углистых песков, который отринут от его основания, отделен и впечатан в дилювиальные отложения. Миоценовые слои подстилаются дилювиальным песком и валунным мергелем, и в равной степени мы находим дилювиальные массы на высоте над третичными породами. Слои отторженца залегают совершенно нормально и не выказывают никаких нарушений. Так как речь при этом идет об очень рыхлом песке, можно признать вероятным, что они были передвинуты в мерзлом состоянии» [17]. Действительно, наблюдается крупный отторженец неогеновых песков, заключенный в среднеплейстоценовые отложения. Текстура неогеновых песков в отторженце практически не нарушена, но слои выведены из горизонтального залегания, их падение составляет в среднем 20–30°. Наличие сохраненной текстуры и соотношение слоев действительно могут указывать на то, что отторженец рыхлых неогеновых песков был перемещен в мерзлом состоянии. Мощность пачки неогеновых отложений не менее 20 м, протяженность вдоль берега — свыше 40 м.

Самым крупным является отторженец северо-западнее пос. Храброво (рис. 1). В начале XX в. (1914, 1929 гг.) он был ошибочно закартирован немецкими учеными как выход на поверхность коренных палеогеновых пород на площади около 2,5 км² [13; 14]. Только в советские времена была установлена истинная природа этого массива: оказалось, что отдельные блоки палеогеновых пород прусской свиты залегают среди ледниковых отложений и прикрыты сверху морскими голоценовыми отложениями мощностью 2–3 м [2]. Отторженец протягивается от пос. Вольное на юго-юго-запад вдоль левого берега р. Куровки примерно на 4 км (рис. 1).



Рис. 1. Расположение отторженца (показан серым фоном с крапом) близ пос. Храброво

Отторженец, сложенный глауконит-кварцевыми песками, алевритами с включением янтаря и желваков фосфоритов, выступает основой Надеждинского месторождения янтаря, единственного в области, не являющегося коренным [2]. Средняя мощность продуктивной толщи — 5,6 м, содержание янтаря — 0,54 кг/м³. Суммарные запасы янтаря по категории С2 и ресурсы категории Р1 оцениваются в 2,5 тыс. т [2].

Менее крупные «исторические» отторженцы палеогеновых пород известны в 2,5 км севернее микрорайона им. А. Космодемьянского (1 км × 0,2 км) и в 2 км южнее пос. Люблино. Отторженец в пос. Люблино формирует один из склонов камового холма. Их ресурсы по категории Р3 составляют по 270 т янтаря [2]. Вероятно, именно отторженцами являлись массивы янтареносных пород, разрабатывавшиеся в XIX в. в районе современных г. Светлогорска и пос. Рыбное. Массивы отторженных пород имели размеры около 200 м вдоль берега (при мощности пород 10–15 м) на восточной окраине г. Светлогорска (ранее Sassau) и 230 м при мощности пород 15 м в пос. Рыбное (Lorröpen) [18].

В Калининградской области в разные годы были выявлены 60 отторженцев пород палеогенового возраста, в том числе 10, содержащих янтареносные отложения [2]. Суммарные прогнозные ресурсы янтаря категории Р3 в проявлениях, приуроченных к палеогеновым отторженцам, составляют около 5080 т [2].

Намного хуже исследованы отторженцы, залегающие на значительных глубинах, в средне- и нижнеплейстоценовых отложениях, и вскрываемые скважинами, а не карьерами. Их распознавание затруднено: ча-



сто из-за идентичности состава с породами, слагающими подчетвертичную поверхность, и большой глубины залегания отторженцы принимаются за коренные породы [10; 11].

Сопоставление разрезов скважин близ г. Зеленоградска позволило обособить крупный отторженец, показанный на рисунке 2 [11].

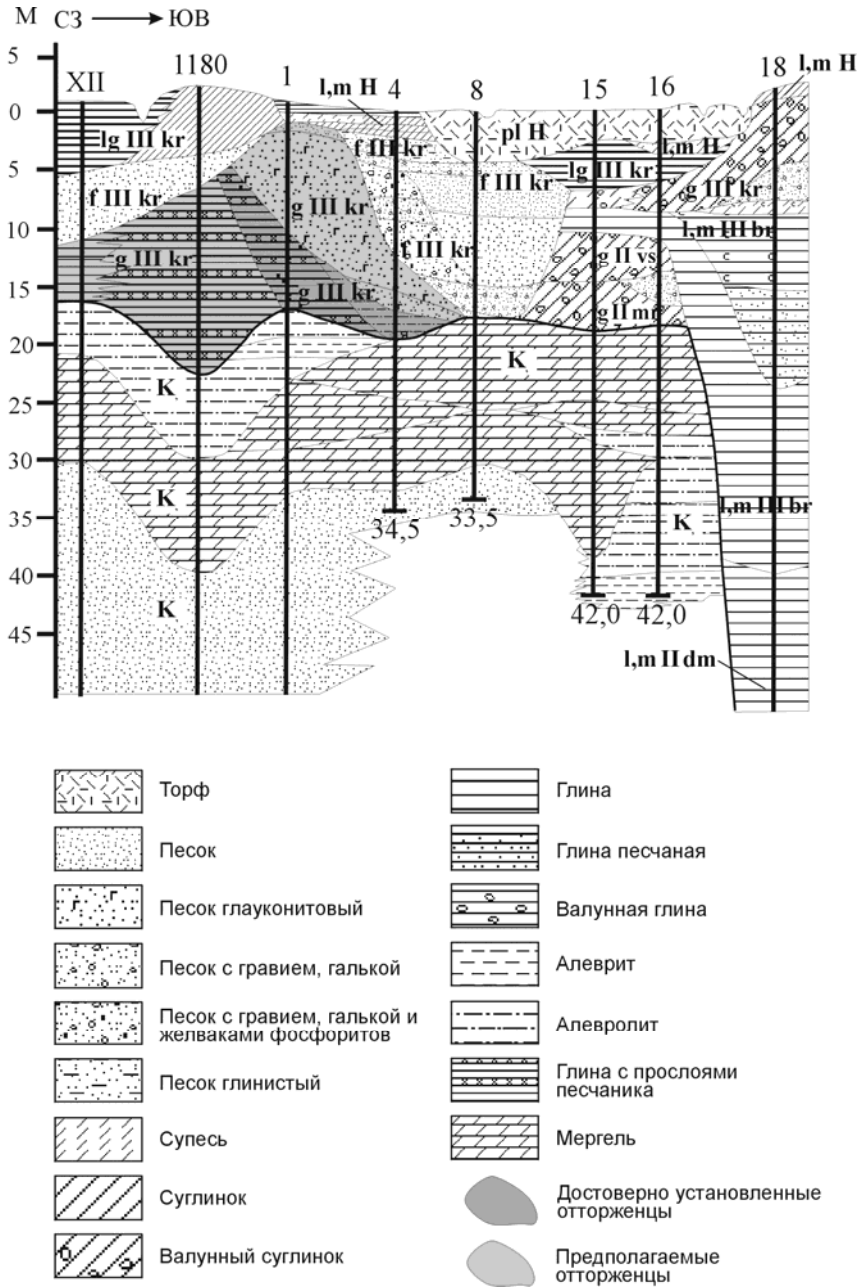


Рис. 2. Фрагмент геологического разреза «г. Зеленоградск – пос. Сосновка» (положение скважин и линии разреза показаны на рис. 1)



В 1,1 км юго-восточнее г. Зеленоградска (скважина 4 на рис. 1, 2) в интервале 12,5–17,5 м обнаруживаются темно-зеленые глауконитовые пески, преимущественно среднезернистые, слюдистые, глинистые. Далее до глубины 19,2 м залегает темно-серый алевролит, тонкозернистый с желваками фосфоритизированных песчаников, с 18,7 м — слюдистый алевролит с включениями янтаря. Характер пород позволяет предположить их эоценовый возраст. Глубже 19,2 м расположены мергели верхнего мела в коренном залегании [11]. Аналогичен по геологическому строению отторженец в 0,7 км юго-восточнее г. Зеленоградска (скважина 1 на рис. 1, 2), найденный в интервале 11,4–17,8 м и сложенный эоценовой алевролитистой глиной зеленовато-серого цвета с прослоем песчаника и включениями мелких фосфоритов («голубая земля»). В скважине 19 (рис. 1) в 2,4 км юго-восточнее г. Зеленоградска в интервале 8–12 м вскрыт отторженец эоценовых пород (глина зеленовато-серая, глауконитовая, слюдистая, сильно песчаная) [11].

Таким образом, существует вероятность, что отторженцы близ г. Зеленоградска генетически связаны с отторженцами близ пос. Храброво и представляют единое очень крупное тело. Его дальнейшее изучение может быть полезно для понимания механизмов движения покровных ледников и имеет практический смысл. Подробно характеристики отторженцев Калининградской области изложены в [11].

Инъективные формы

В породах ледникового субстрата и в самой основной морене разного рода внедрения (инъекции, протрузии) материала одних слоев в пространство других — широко распространенное явление. Дислокации рассматриваемого типа в доминирующем большинстве случаев направлены вверх и лишь в отдельных случаях — вниз. Принимая во внимание морфологические признаки и характер протыкания вмещающей толщи, восстающие тела следует отнести к гляциодиапирам. Среди них по соотношению длины, ширины и глубины проникновения различаются гляциокупола, гляциодайки, гляциоштоки и др. [9]. Часто контакты диапиров с вмещающей толщей сопровождаются инъекциями более мелких порядков. Обычно гляциодиапиры развиты не единичными экземплярами, а целыми группами.

Жила в карьере пос. Рыбное была обнаружена в середине XIX в. в янтарном котловане близ Лопшёнена (пос. Рыбное). Описание жилы приводится по [18]. «Все слои 120-футовой возвышенности раскопаны до янтарной земли... В средней части котлована видна совокупность слоев, прерванных снизу до верхней границы белого песка глиняной жилой шириной от 21 фута, которая, очевидно, возникла одновременно с верхним слоем глин. Основание котлована образует янтарная земля, которая с левой стороны уже по большей части выбрана, однако справа еще не повреждена; в средней части, поскольку жила глины пересекает котлован, янтарная земля, конечно, отсутствует. С правой стороны видна стена старой янтарной разработки... В восточной стороне

котлована слои от янтарной земли к верхнему слою глин полностью пронизаны мощной глиняной жилой толщиной в 21 фут. Бросается в глаза крепость, которую проявляли песчаные слои, когда разрывались столь широкой жилой... Жила стоит почти отвесно и простирается с запада (с отклонением 10° к северу) на восток (с отклонением 10° к югу). Очевидно, накопление верхнего слоя глин было одновременным с заполнением жилы, что доказывается одинаковой структурой глин...» [18]. Таким образом, жила по современной терминологии представляет собой гляциодайку, причем направленную вниз. При этом сам Г. Цаддах предполагал, что нарушение возникло в результате восходящих тектонических движений [18].

Более распространенные гляциодиапиры, направленные вверх, были описаны на северном берегу Калининградского полуострова между **г. Светлогорском и пос. Лесное** [3]. Гляциодиапиры имеют разное направление падения / восстания, могут быть как открытыми (то есть их головы срезаны вышележающими слоями), так и закрытыми (рис. 3, а). Часть гляциодиапиров образована выдавливанием неогеновых глинистых отложений (амплитуда около 10 м), часть — раннеплейстоценовыми суглинками (амплитуда 5–15 м) (рис. 3).

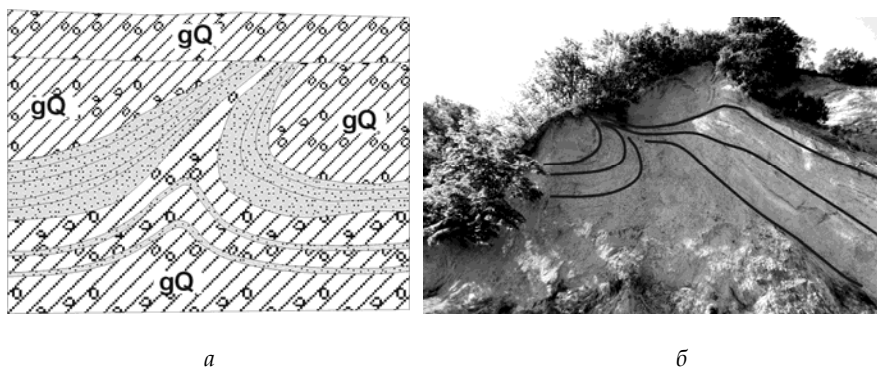


Рис. 3. Характер гляциодиапиров, образованных моренными суглинками в береговых обрывах Балтийского моря близ пос. Лесное

Калининградской области:

а — схема гляциодиапира по [3]; б — фотография аналогичного схеме гляциодиапира

В районе **пос. Логвино** в карьере вскрыт разрез позднелейстоценовых водно-ледниковых и ледниковых отложений, слагающих юго-западную оконечность холма, вытянутого в северо-восточном направлении. Нижняя часть разреза сложена зеленовато-серыми мелкозернистыми песками. Выше залегают мелкозернистые светло-серые пески и супеси с частыми тонкими (1–3 см) глинистыми прослоями, образующими ленточную слоистость, характерную для водно-ледниковых осадков. Мощность их составляет примерно 2 м. Пески перекрыты мореной, сложенной буровато-коричневыми валунными суглинками. В залегании слоев наблюдается общее пологое падение на юго-запад, то есть в сторону окончания холма.



В упомянутых позднеплейстоценовых осадках отмечается серия нарушений. Так, в северном углу карьера обнажены дисгармоничные складки в водно-ледниковых песках и супесях. Ось наиболее крупной складки прорвана песчаной дайкой. К северо-востоку от складок, в верхней части появляется морена. Подобная ситуация наблюдается на простирании ($320-330^\circ$) складчатых деформаций. Одна из даек имеет грибообразный облик и протыкает слои светло-серых тонкозернистых песков. Ее ширина в основании около 25 см. В южной части карьера обнаружена система разрывов взбросовой кинематики, имеющих аналогичное, северо-западное простирание с суммарным смещением около 10 см [7].

Сторонниками теории эндогенной активности региона многочисленные нарушения в теле четвертичных отложений рассматриваются как следы импульсного внедрения песчаного материала в различные вмещающие осадки. Эти образования (частично описанные выше) представлены прежде всего нештуническими дайками. Дайки, как правило, имеют толщину в среднем до 5 см (редко до 25 см), в длину достигая нескольких метров. При этом развиты они почти исключительно в водно-ледниковых песчано-глинистых осадках и очень редко проникают в ледниковые отложения на незначительные расстояния.

В голоценовых морских и аллювиальных отложениях следы таких внедрений не обнаружены. Это обстоятельство, скорее всего, связано с образованием даек в иных условиях, существовавших в рассматриваемом районе во время покровных оледенений и сразу после дегляциации. Во время деградации последнего оледенения и относительно краткосрочных периодов отступления ледника существовали многочисленные приледниковые озера, обусловившие благоприятные, обводненные условия для формирования инъективных структур. Кроме того, ледниковый покров на трансгрессивной стадии приводил к гляциоизостатическому опусканию занимаемой им площади, а на регрессивной — к ее воздыманию, тем самым инициируя сейсмическую активизацию. На территории Прибалтики кратковременная вспышка восходящих движений земной коры зафиксирована для конца плейстоцена. Максимальное поднятие в Прибалтике произошло 14,5—8 тыс. лет назад. Вероятно, гляциоизостатическая вспышка восходящих движений земной коры инициировала и сейсмическую активизацию. Обнаруженные дайки часто приурочены к зонам влияния разрывных нарушений и, как правило, сложены тонкозернистым песком с хорошей сортировкой и следами турбулентного движения. Слои вмещающих рыхлых отложений часто деформированы и вблизи даек задраны вверх. Эти признаки могут свидетельствовать о протрузионном внедрении разжиженного песка в вышележащие толщи под действием сжимающего импульса от прохождения упругой сейсмической волны, то есть о сейсмогенном происхождении даек. Однако верхний возрастной предел образования этих структур, вероятно, ограничивается началом голоцена и связан с окончанием гляциоизостатической активизации.

Гляциокарстовые нарушения

В водно-ледниковых и ледниковых образованиях широко развиты разного рода деформации, обязанные своим появлением вытаиванию льда. В специальной литературе подобные нарушения именуются *гляциокарстом* или *термокарстом* [9]. На заключительных стадиях дегляциации гляциокарст сопровождал процессы возникновения аккумулятивных форм ледникового рельефа и был особенно характерен для слоистых водно-ледниковых отложений, формировавшихся в условиях непосредственного контакта со льдом. При этом лед у накапливавшихся осадков мог размещаться в подошве, причленяться к бортам, нависать над кровлей или в виде блоков захороняться в самой толще. Возникшие в такой обстановке отложения отличает изменчивость состава в разрезе и по простиранию, частое наличие прослоев и линз перемытой или слабо переработанной морены и, наконец, значительное количество нарушений. Большая часть последних и выражает гляциокарстовые деформации [9].

Генезис наиболее часто наблюдаемых дислокаций связан с процессом просадки накопившегося материала на грунт (исчезновение льда в субстрате и бортах) и явлением вытаивания глыб льда, оказавшихся захороненными в отложениях. Проявляется определенная зависимость характера дислокаций от литологических особенностей вовлеченных в гляциокарст аккумуляций: в глинистых разрезах преобладают складчатые нарушения, в песчаных и грубообломочных – разрывные [9].

Многочисленные нарушения малого масштаба фиксировались немецкими учеными близ Крайслакена (пос. Марьинское), Нойкурена (г. Пионерский) [17]. Череду Пионерских дислокаций в неогеновых отложениях продолжают нарушения, которые можно наблюдать в карьере, образованном при незаконной добыче янтаря близ пос. Рыбное. Карьер заложен на месте старой выработки, функционировавшей во второй половине XIX в. В неогеновых песках, залегающих слоисто, видны сбросы разного направления, по которым происходит смещение амплитудой от 2–3 до 10–20 см (рис. 4).

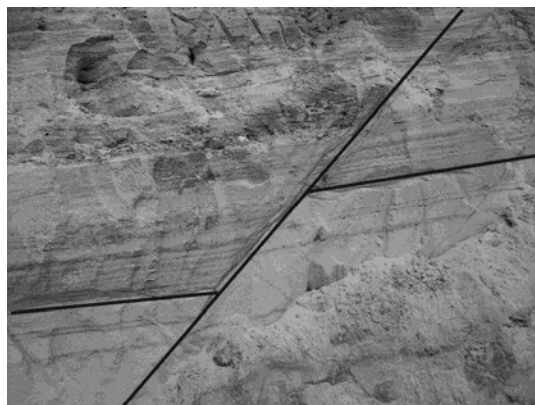


Рис. 4. Разрывные дислокации близ пос. Рыбное, мыс Купальный



Аналогичные сбросы замечены и в береговых обрывах близ пос. Лесное. По разрыву происходит смещение пород неогена и флювиогляциальных плейстоценовых. Разрывные нарушения наблюдаются наряду с пликативными и близ пос. Бакалино. Подобные сбросы были обнаружены еще в 1970-е гг. в карьере янтарного комбината. Отложения, отмечаемые А.А. Капланом и его коллегами, представлены толщей кварцевых песков с прослоями и линзами глин и лигнитов. Слоистость в песках косая и горизонтальная, обусловленная чередованием светлых пропластков и окрашенных органическими примесями в черный цвет. В этих породах отмечались почти вертикальные и наклоненные под довольно пологими углами сбросы, вдоль которых произошло смещение амплитудой 0,5 м. На еще более амплитудные (1,5–2 м) разрывные нарушения указывал, по словам А.А. Каплана, В.И. Балтакис [6]. По мнению автора, эти сбросы, не сопровождаемые ни гляциальными, ни оползневыми явлениями, могут быть объяснены только тектоническими причинами, вызвавшими уже в конце неогена образование серии мелких ступенчатых подвижек по трещинам.

Таким образом, гляциодислокации представлены разнообразными формами и широко распространены в Калининградской области. Замечателен для понимания механизма образования гляциодислокаций факт концентрации этих форм на ограниченном участке местности. Так, комбинации из разных дислокационных форм (складки, инъекции, отторженцы, сбросы) наблюдаются в районе пос. Лесное – Отрадное, пос. Донское – Бакалино, устья р. Забавы, пос. Рыбное – г. Пионерск. Наряду с традиционными факторами, способствовавшими образованию дислокаций (рельеф ледникового субстрата, литологические особенности и физико-механические свойства пород ложа, их обводненность, структура региона), вероятным можно считать воздействие эндотектонических процессов, активизировавшихся под воздействием ледника.

Выводы

Характерной особенностью плейстоценовых отложений на территории Калининградской области является наличие многочисленных и разнообразных гляциодислокаций, среди которых можно выделить как дислокации активного льда, формирующиеся на стадии экспансии ледникового покрова (складчато-чешуйчатые дислокации, отторженцы, инъективные формы), так и дислокации, обусловленные деградацией мертвого льда (гляциокарстовые явления, инъекции). Механизмы образования этих форм обычно связываются с особенностями движения льда по неоднородной и пересеченной поверхности подледного ложа либо с просадочными и оползневыми явлениями, возникающими в теле мертвого льда или в моренной толще.

Самыми масштабными среди гляциодислоцированных образований являются складчато-чешуйчатые сооружения. Своим возникновением они обязаны нарушениям устойчивости пород субстрата под воз-



действием вертикальной и горизонтальной составляющих движущегося льда, причем этот процесс связан с периферической областью ледникового покрова. Наблюдаются складчато-чешуйчатые дислокации достаточно часто и могут отождествляться с образованиями напорных морен. Деформации и перемещению могут подвергаться как дочетвертичные (преимущественно неконсолидированные) породы палеогена-неогена, так и плейстоценовые образования предыдущих стадий оледенения. Нарушенная толща может иметь разную мощность (от первых метров до 30 м) и структуру (чешуи, складки различной морфологии — коробчатые, гребневидные и т. д.). Наиболее характерным примером подобного рода дислокаций являются образования близ пос. Отрадное — Лесное и у пос. Донское — Бакалино.

Отторженцы — это глыбы и включения осадочных пород разной величины, включенные в морену или контактирующие с ней, сохраняющие первичные текстурные признаки материнских напластований, отторгнутые и удаленные от своего коренного положения. Наиболее часто выделяются отторженцы дочетвертичных, однако в глубоких эрозионных врезках достаточно просто опознаются и отторженцы плейстоценовых образований. В вертикальном разрезе отторженцы могут располагаться как с поверхности, так и в толще плейстоценовых отложений. Самым крупным является отторженец янтареносных пород, расположенный близ пос. Храброво (площадь 2,5 км²) и, вероятно, представляющий собой часть гигантского дислоцированного массива, протягивающегося от г. Зеленоградска. Этот и многие другие крупные палеогеновые отторженцы имеют практическое значение для добычи янтаря.

Инъективные формы (гляциодайки, штоки, жилы) формировались в разнообразных условиях в результате выжимания водонасыщенного податливого материала в тело льда, в его трещины, в основную морену и т. п. По большей части материал инъективных форм представлен глиной, суглинками или песками неогенового и плейстоценового возраста, а вмещающие отложения чаще всего образованы флювиогляциальными песчаными отложениями плейстоцена. Наиболее распространены инъективные формы, направленные снизу вверх. Большинство описанных форм предположительно образовывались в условиях мертвого льда.

Гляциокарстовые образования, обязанные своим появлением вытаиванию льда, наиболее характерны для слоистых водно-ледниковых отложений, формировавшихся в условиях непосредственного контакта со льдом. Чаще наблюдаются разрывные нарушения протяженностью от нескольких дециметров до первых метров. Относительное смещение вдоль разрыва составляет от нескольких сантиметров до 1 м. Генезис деформаций этого рода обусловлен двумя причинами: процессом просадки накопившегося материала на грунт (исчезновение льда в субстрате и бортах) и явлением вытаивания глыб льда, оказавшихся захороненными в отложениях. Микросбросы наблюдаются не только в ледниковых и водно-ледниковых отложениях плейстоцена, но и в верхней части разреза неогеновых отложений.



Охарактеризованные дислоцированные объекты, вероятно, могут иметь более сложный, нежели однозначно гляциогенный, генезис. Многократные нагрузки-разгрузки земной коры ледниковым щитом могли вызвать активизацию древних «залеченных» разломов и смещения по ним. На Калининградском полуострове часть гляциодислокаций (складчато-чешуйчатые и инъективные формы) приурочена к Пионерской и Янтарненской разломным и Бакалинской флексурно-разрывной зонам. В отторжении пород значительную роль должен играть рельеф поверхности, по которой двигались ледниковые лопасти, вследствие этого отторженцы часто приурочены к палеоврезам, к участкам с резким перепадом абсолютных отметок поверхности дочетвертичных отложений.

Список литературы

1. Бискэ Ю. С., Конопелько Д. Л., Фидлаев Д. Т., Захарьева Е. В. Гляциодислокации северо-западного побережья Самбийского полуострова (Калининградская область) // Вестник СПбГУ. 2012. Сер. 7, №. 4. С. 59–64.
2. Цифровой каталог государственных геологических карт РФ. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Центрально-Европейская серия. Лист N-34 – Калининград. Объяснительная записка. СПб., 2011. URL: http://vsegei.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/Tsentralno-Europeyskaya/n-34.php (дата обращения: 16.12.2019).
3. Додонов А. Е. Дислокации кайнозойских отложений и их связь с неотектоникой на территории Калининградского полуострова // Вестник МГУ. Сер. Геология. 1971. №6. С. 78–82.
4. Загородных В. А. Гляциотектоника Калининградской области // Геоинформатика. 1999. №1. С. 46–49.
5. Загородных В. А. Палеоврезы в дочетвертичную поверхность на юго-западе Прибалтики // Геоинформатика. 1999. №4. С. 33–37.
6. Каплан А. А. Альпийская тектоника в Прибалтике ее влияние на нефтеносность // Вопросы нефтеносности Прибалтики. Вильнюс, 1973. (Труды ЛитНИГРИ; вып. 24). С. 203–212.
7. Комплексные сейсмологические и сейсмотектонические исследования для оценки сейсмической опасности территории г. Калининграда в 2008 г.: научно-технический отчет / ИФЗ РАН им. О. Ю. Шмидта. М., 2008.
8. Крапивнер Р. Б. Бескорневые неотектонические структуры. М., 1986.
9. Левков Э. А. Гляциотектоника. Минск, 1980.
10. Михневич Г. С. Особенности строения поверхности дочетвертичных отложений на территории Калининградской области // Вестник СПбГУ. Сер. 7: Геология. География. 2015. Вып. 3. С. 21–35.
11. Михневич Г. С. Распространение и особенности строения отторженцев на территории Калининградской области // Современные проблемы гуманитарных и естественных наук: матер. XXIV междунар. науч.-практ. конф. М., 2015. С. 372–378.
12. Харин Г. С., Ерошенко Д. В. Гляциотектонические дислокации и их влияние на устойчивость Калининградского морского побережья Куршской косы // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национально-географического парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. Калининград, 2013. Вып. 9. С. 171–187.
13. Geologische Karte von Preussen und benachbarten Bundesstaaten. Blatt Bledau / Bearbeiter H. Hess von Wichdorff. Berlin, 1914.
14. Geologische Übersichtskarte der Umgebung von Königsberg / Bearb. K. Kaunhowen. Berlin, 1929.



15. Jentzsch A. Beiträge zur Kenntnis der Bernsteinformation // Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg. Jahrg. 17, Abteil. 2. Königsberg, 1877. S. 100–108.

16. Jentzsch A. Die geognostische Durchforschung der Provinz Preußen in Jahre 187 mit eingehender Berücksichtigung des gesamten norddeutschen Flachlandes // Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg. Jahrg. 18. Königsberg, 1878. S. 185–257.

17. Schellwien E. Geologische Bilder von der samländischen Küste. Königsberg in Pr., 1905. URL: <http://archive.org/details/geologischebild00schegoog> (дата обращения: 15.12.2019).

18. Zaddach G. Über die Berstein- und Braunkohllager des Samlandes. Erste Abhandlung // Schriften der Königlichen physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg. Jahrg. 1, Abteil. 1. Königsberg, 1860. S. 1–44. URL: <http://archive.org/details/schriftenderkn13kn> (дата обращения: 20.02.2019).

Об авторе

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

E-mail: mi78galina@mail.ru

The author

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

E-mail: mi78galina@mail.ru

Ж. И. Стонт, Т. В. Буканова, Е. В. Крек

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

Исследование посвящено особенностям гидрометеорологических условий в юго-восточной части Балтийского моря и оценке тенденций их изменения за 2005 – 2019 гг. (климатический полупериод). Использовались данные натурных наблюдений атмосферного давления, направления и скорости ветра, температуры воздуха с автоматической гидрометеорологической станции, расположенной в открытом море, а также спутниковые данные инфракрасного и микроволнового (радиолокационные изображения) диапазонов для определения площади морского льда и температуры поверхности моря соответственно. Выявлены характерные особенности многолетней динамики гидрологических характеристик юго-восточной части Балтийского моря за 2005 – 2019 гг. Среднегодовое атмосферное давление близко к нормальному и составляет $1014,6 \pm 1,7$ гПа, установлен его рост со скоростью $0,10$ гПа/год. Преобладают ветра от юго-запада и запада с возрастанием скорости в холодный период года. Отмечен рост количества штормов (+2 шторма/15 лет), однако снижается их продолжительность и уменьшается максимально регистрируемая скорость ветра. Среднегодовая температура воздуха над юго-восточной частью Балтийского моря повысилась на $1,6^\circ\text{C}$ по сравнению с серединой XX в. и ежегодно увеличивается со скоростью $0,04^\circ\text{C}/\text{год}$. Одновременно с меньшим темпом растет температура поверхности моря ($0,02^\circ\text{C}/\text{год}$) и сокращается максимальная наблюдаемая площадь ледового поля в море ($-112,5$ км²/год).

The study is focused on features of hydrometeorological conditions in the southeastern Baltic Sea and their trends assessment for 2005 – 2019 (climatic half period). The authors used the data from field observations of atmospheric pressure, wind direction and speed, and air temperature from the automatic hydrometeorological station located offshore, as well as the satellite data from the infrared and microwave (radar images) ranges to determine sea ice and sea surface temperature, respectively. The research also reveals characteristic features of long-term dynamics of hydrological conditions in the south-eastern part of the Baltic Sea for 2005 – 2019. The average annual atmospheric pressure is close to regular and equals to 1014.6 ± 1.7 hPa; its growth is estimated at a rate of 0.10 hPa/year. South-west and west winds prevail and they increase their speed during cold season. Increase in the number of storms is shown (+2 storms/15 years), however, the duration of storms has decreased and the maximum recorded wind speed has declined. The average annual air temperature over the south-eastern part of the Baltic Sea has increased by 1.6°C compared to the middle of the XX century and it rises annually at a rate of $0.04^\circ\text{C}/\text{year}$. The sea surface temperature simultaneously is rising with a slower rate ($0.02^\circ\text{C}/\text{year}$) and the maximum area of the ice field observed in the sea is decreasing ($-112,5$ km²/year).

Ключевые слова: атмосферное давление, ветер, шторм, температура воздуха, температура поверхности моря, морской лед, Балтийское море.

Keywords: atmospheric pressure, wind, storm, air temperature, sea surface temperature, sea ice, the Baltic Sea.



Введение

Балтийское море представляет собой одну из акваторий Мирового океана, наиболее чувствительных в отношении изменения климата и чрезвычайно интенсивно используемых в хозяйственной деятельности человека. Многие экологические проблемы стоят здесь весьма остро в силу специфических особенностей Балтийского моря: относительно малых размера и глубины, большой площади водосбора по сравнению с размером бассейна, ограниченного водообмена через узкие проливы, которые связывают его с Северным морем [1–3]. Из-за небольшого размера в сочетании с уязвимостью экосистемы Балтийское море чутко реагирует на изменения климата. Для поддержки необходимых мер по смягчению последствий климатических колебаний все девять государств Балтийского моря ведут интенсивный морской мониторинг, который подтверждает значимые изменения гидрометеорологических условий в регионе [4; 5]. В Балтийском море зарегистрировано одно из самых стремительных повышений приземной температуры воздуха в XX в., и этот рост почти наверняка продолжится [6]. Как во многих областях земного шара, специфическое потепление региона началось в 60–70-е гг. XX в., который, в свою очередь, оказался наиболее теплым за последние 500 лет [2; 7; 8]. Результатом усиления западного переноса над юго-восточной частью Балтики стали повышение температуры воздуха и воды, увеличение количества осадков [1]. Рост температуры воздуха над поверхностью Балтийского моря происходит со скоростью $0,3–0,7^{\circ}\text{C}/10$ лет [1; 9–11]. Такое потепление обусловило увеличение числа мягких зим и сокращение ледового сезона [12].

Аналогичная тенденция потепления наблюдается в годовых вариациях температуры поверхности Балтийского моря [1; 13]. Несмотря на некоторые региональные различия, отмечается положительная тенденция со средним увеличением температуры поверхности моря на $0,8^{\circ}\text{C}/15$ лет с самого начала XX в. [1; 13–16]. Как глобальные, так и региональные климатические модели прогнозируют прогрев Балтийского моря примерно на $2–4^{\circ}\text{C}$ к концу XXI в. [5; 17; 18].

Повышение температуры воды во всех регионах Балтийского моря является естественным следствием изменения температуры воздуха и атмосферной циркуляции над северо-востоком Европы. Сильные колебания температуры воды и воздуха в регионе с конца XX в. связаны с интенсивностью Североатлантического колебания (САК), особенно зимой и весной, когда индекс САК находится в основном в положительной фазе [19; 20]. Цель исследования — выяснить особенности гидрометеорологических условий в юго-восточной части Балтийского моря и оценить тенденции их изменения за последние 15 лет (2005–2019 гг.).

Выявление тенденций изменения важнейших гидрометеорологических характеристик необходимо для выработки дальнейших мер адаптации региона к последствиям изменения климата, направленных на смягчение или предотвращение этих последствий либо использование благоприятных возможностей, связанных с изменением климата. Стратегия социального, хозяйственного, берегоохранного рекреационного



и экологобезопасного развития Калининградской области, и особенно ее прибрежной зоны, должна быть сформулирована с учетом прогнозируемого состояния климата.

Данные и методика

Работа выполнена на основе изучения 15-летних рядов (2005–2019 гг.) наблюдений следующих гидрометеорологических характеристик в юго-восточной части Балтийского моря: атмосферного давления, направления и скорости ветра, температуры воздуха (T_a) и поверхности моря (ТПМ), площади морского льда у побережья. Для анализа изменчивости атмосферного давления, ветра и T_a использованы ежечасные данные автоматической гидрометеорологической станции (АГМС), расположенной на морской ледостойкой стационарной платформе МЛСП Д6 в 20 км от берега, что исключает влияние суши.

Анализировались среднемесячные показатели температуры на поверхности Балтийского моря по данным спутниковых изображений радиометров MODIS (на спутниках Terra и Aqua) и VIIRS (на спутнике Suomi-NPP) на сетке 3×3 км в программе SeaDAS (версия 7.4).

Ледовитость акватории юго-востока Балтийского моря определялась путем обнаружения льда на поверхности моря на радиолокационных изображениях спутников Envisat, RADARSAT-1/2, TerraSAR-X, Cosmo-SkyMED-1/2/3/4 и Sentinel-1A/B. В программном пакете ArcGIS 10.0 на РЛИ оконтурены ледовые поля и вычислена их площадь (S , км²). ТПМ и ледовитость оценивались для юго-востока Балтийского моря по следующим границам: с севера – 56° с.ш., с запада – 18° в.д., с юга и востока – береговая линия (рис. 1). Долговременные тренды рассчитаны с помощью линейной аппроксимации временных рядов методом наименьших квадратов. Достоверность полученных результатов оценивалась с помощью t -критерия Стьюдента.

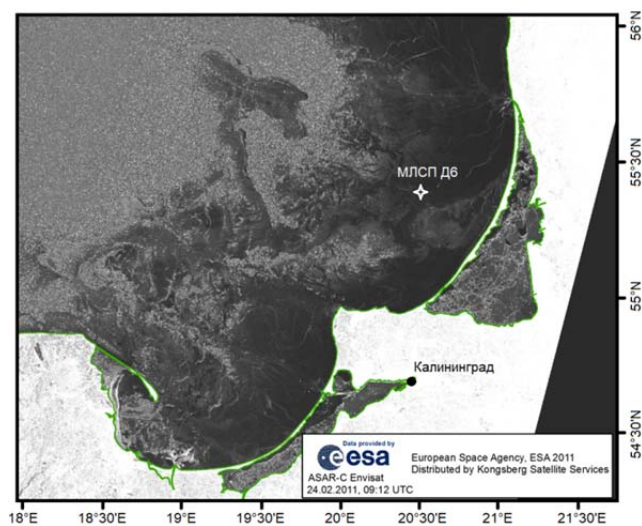


Рис. 1. Район исследования. Показано максимальное распространение морского льда на радиолокационном изображении поверхности Балтийского моря 24 февраля 2011 г. со спутника Envisat. Белой звездочкой отмечено положение автоматической гидрометеорологической станции на МЛСП Д6



Результаты и обсуждение

Атмосферное давление

Среднегодовое атмосферное давление над юго-восточной частью Балтийского моря за 2005–2019 гг. составило $1014,6 \pm 1,7$ гПа, что близко к нормальному (760 мм рт. ст. = 1013,3 мб = 1013,3 гПа) (табл. 1). Максимальное среднегодовое давление отмечено в 2011 г. ($1016,9 \pm 4,1$ гПа), минимальное – в 2007 г. ($1012,3 \pm 5,08$ гПа).

Таблица 1

Среднемесечные величины атмосферного давления в юго-восточной части Балтийского моря по измерениям АГМС в 2005–2019 гг., гПа, +1000

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднее	$\pm \sigma$
2005	6,8	15,0	11,1	13,9	12,3	11,8	10,0	12,8	18,6	22,1	14,4	10,7	13,3	4,03
2006	28,8	13,7	11,1	12,9	14,3	19,5	19,8	7,3	16,8	12,9	10,7	17,4	15,4	5,60
2007	3,4	13,6	14,7	17,8	10,6	11,7	7,6	13,5	13,6	22,8	8,9	16,9	12,3	5,08
2008	14,7	17,8	0,5	12,8	18,2	14,4	14,0	9,9	18,7	12,3	9,5	18,6	13,4	5,19
2009	14,3	11,4	10,8	19,2	18,1	13,3	11,6	17,2	18,0	13,9	10,0	10,5	14,0	3,33
2010	20,3	8,8	12,0	18,0	11,2	13,9	15,7	11,3	15,5	18,1	4,6	9,8	13,3	4,51
2011	14,4	19,7	21,5	17,3	18,8	14,4	9,3	13,2	14,4	18,3	24,2	3,9	15,8	5,50
2012	18,7	27,0	19,7	7,0	16,8	11,9	13,4	15,6	13,0	11,2	12,7	12,5	15,0	5,13
2013	13,7	15,9	16,0	16,4	12,1	15,3	16,5	17,7	13,1	17,3	11,4	14,0	14,9	2,05
2014	16,0	11,6	16,2	15,8	15,3	14,3	15,3	11,2	19,1	18,9	20,5	12,7	15,6	2,91
2015	8,7	15,3	19,1	14,3	14,1	17,4	12,3	19,7	17,6	23,0	10,8	20,4	16,1	4,23
2016	12,9	7,5	14,7	12,4	15,7	14,3	13,6	16,4	19,2	23,2	12,8	20,8	15,3	4,21
2017	18,9	18,3	13,8	13,2	14,6	10,4	11,8	16,1	14,8	10,1	10,6	6,9	13,3	3,54
2018	13,8	20,9	10,4	14,4	20,5	15,0	13,3	20,6	17,5	16,0	24,9	15,5	16,9	4,10
2019	7,9	17,7	9,6	21,6	12,9	17,9	11,6	16,7	14,5	12,6	9,7	9,3	13,5	4,23
Среднее	14,2	15,6	13,4	15,1	15,0	14,4	13,1	14,6	16,3	16,8	13,0	13,3	14,6	1,26
$\pm \sigma$	6,2	5,0	5,1	3,5	3,0	2,5	3,1	3,7	2,3	4,6	5,8	4,9	4,1	1,31

Согласно таблице 1, наибольшие величины среднемесечного давления отмечены в сентябре ($1016,3 \pm 2,3$ гПа) и октябре ($1016,8 \pm 4,6$ гПа), наименьшие – в ноябре ($1013,0 \pm 5,8$ гПа). Сентябрь характеризуется минимальной изменчивостью атмосферного давления ($\pm \sigma = 2,34$ гПа). Наиболее изменчиво давление в январе ($\pm \sigma = 6,2$ гПа). Сохраняется закономерность колебания амплитуд среднемесечного атмосферного давления, отмеченная в [21]: разности между наибольшими и наименьшими значениями зимой в 3–4 раз выше, чем в летние месяцы. В январе отмечены экстремумы атмосферного давления: максимум 1049,8 гПа и минимум 964,8 гПа, так как самые мощные антициклоны и самые глубокие циклоны определяли погоду в этот месяц.

Многолетний ход атмосферного давления, приведенного к уровню моря за период 2005–2019 гг., характеризуется наличием статистически значимого положительного тренда $+0,10$ гПа/год (уровень значимости $p=0,95$). Соответствующее приращение по тренду равно 1,5 гПа за период.



Отмечены незначительные внутригодовые колебания атмосферного давления: рассчитанная скорость роста атмосферного давления близка зимой и весной¹ ($\sim 0,10$ гПа/год), приращение по тренду 1,5 гПа/период. Летом процесс заметно ускорился — 0,17 гПа/год, приращение 5,5 гПа/период. Осенью процесс замедляется: приращение составило 0,3 гПа/период.

Причиной роста атмосферного давления, очевидно, является наблюдающийся сдвиг траекторий движения центров атлантических циклонов, смещающихся над Балтийским морем с запада на восток [22–24].

Ветровые условия

Для поля ветра над юго-восточной частью Балтики характерно преобладание ветров от юго-запада и запада, при этом увеличение скорости наблюдается в холодный период года (рис. 2). Такую специфику обуславливают географические особенности региона. Большая часть побережья Балтийского моря простирается от Датских проливов на восток, имея зональное направление. У окончания Куршской косы береговая линия меняет направление на меридиональное. Отсутствие орографических препятствий способствует транзиту атлантических циклонов, что определяет режим ветра [25] и ведет к возникновению критических ситуаций на калининградском побережье Юго-Восточной Балтики.

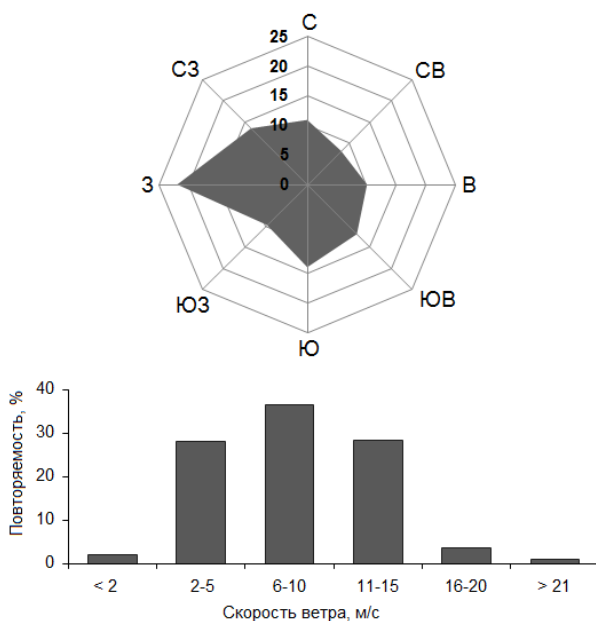


Рис. 2. Роза ветров и повторяемость скоростей ветра по данным МЛСП Д6 в 2005–2019 гг., %

¹ Выделенные сезоны не совпадают с календарными. По мнению В. Ф. Дубравина, климатические сезоны в Юго-Восточной Балтике смещены относительно календарных на один месяц: так, зима длится с января по март [26].



Согласно рисунку 2, основные характеристики ветрового режима над юго-восточной частью Балтийского моря заключаются в следующем:

- роза ветров симметрична вдоль оси «запад (W) – восток (E)»;
- повторяемость всех направлений, кроме преобладающего западного, равновероятна;
 - на западные румбы приходится 45 % всех ветров, из них 23 % – западные (W) ветры, 14 % – северо-западные (NW);
 - повторяемость южных (S) ветров – 13 %;
 - на остальные направления приходится по 10 ± 1 % случаев;
 - гистограмма повторяемости скорости бимодальная: основная мода приходится на скорость 6–10 м/с. Повторяемость убывает в обоих направлениях от максимальной моды.

Вектор результирующего переноса направлен с юго-запада на северо-восток (230°), что является характерным для этой части Балтики. Несмотря на существующие общие закономерности (преобладание ветров западных румбов и симметричность относительно зональной оси), характеристики поля ветра зависят от циркуляционных условий каждого года.

Шторма по данным измерений в открытом море (МЛСП Д6)

В соответствии со шкалой силы ветра Бофорта [25] штормовым называется ветер силой 8 баллов и более (скорость ветра ≥ 15 м/с). Ветер со скоростью ≥ 15 м/с и продолжительностью не менее 6 часов учитывался нами как штормовой.

По данным наблюдений середины XX в. [27], повторяемость числа дней с сильным ветром (≥ 15 м/с) в прибрежной зоне составляла 28–38 дней в течение года, редко до 60 дней. При этом на зиму приходится половина всех наблюдаемых штормов с максимумом в январе, а весной самый штормовой месяц март. Летом штормовые процессы развиваются гораздо реже, чем в остальные сезоны, осенью активность штормов снова высокая. Скорость ветра во время шторма в среднем составляет 12–18 м/с, иногда достигает 19–25 м/с.

Во второй половине XX в. (за период 1966–1985 гг.) отмечалось в среднем 26 случаев штормов в год [28]. Самым штормовым был 1984 г. (66 штормов), самыми спокойными – 1979 и 1982 гг. (8–10 штормов). При анализе термобарических условий возникновения штормовых ветров в регионе было выделено 8 типов траекторий барических образований и охарактеризованы шторма в зависимости от направления ветра [28–30].

По данным АГМС, в 2005–2019 гг. отмечено 404 шторма, в среднем $27 \pm 5,4$ штормов в год (рис. 3). За этот период самым штормовым был 2007 г. (35 штормов). Более 30 штормов за год зафиксировано в 2008, 2010, 2011, 2015 и 2016 гг., до 20 штормов за год наблюдалось в 2006, 2009 и 2013 гг. За последние 15 лет количество штормов медленно увеличивается: линейное приращение по тренду +2 шторма за период. Средняя продолжительность штормового воздействия также увеличилась на 18 часов за счет возросшей повторяемости (172 ч) ветров восточных румбов, которые связаны с господством антициклональных условий в зимний период 2014 г. Максимальная скорость ветра за рассматриваемый период уменьшилась. Но говорить о достоверности тренда за короткий период (15 лет) некорректно.

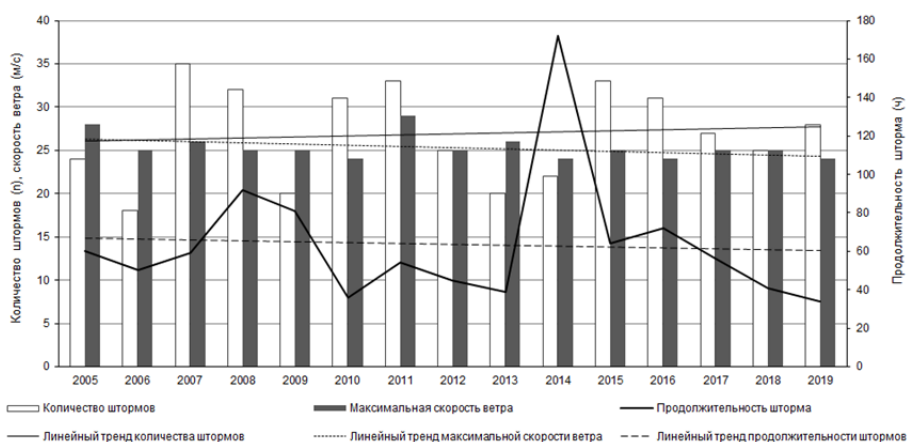


Рис. 3. Межгодовая изменчивость количества и продолжительности штормов, максимальной измеренной скорости ветра (МЛСП Д6).

Таблица 2

Внутригодовая изменчивость основных характеристик штормов в юго-восточной части Балтийского моря в 2005 – 2019 гг. (скорость ветра ≥ 15 м/с; продолжительность шторма ≥ 6 ч)

Месяц	Среднее количество штормов $\pm \sigma$	Средняя продолжительность, ч	Максимальная продолжительность, ч	Средняя максимальная скорость ветра, м/с	Максимальная скорость ветра, м/с
I	5,7 \pm 2,5	60,2	172	22,7	28
II	3,3 \pm 1,9	24,5	59	19,5	27
III	2,3 \pm 0,8	15	27	22,3	27
IV	2,3 \pm 1,2	11	13	18,3	19
V	1,0 \pm 0,0	13,5	17	18	18
VI	1,0 \pm 0,0	13	27	19,5	22
VII	1,0 \pm 0,0	6	28	18	18
VIII	2,5 \pm 0,9	10,5	26	20	24
IX	2,8 \pm 1,4	21	39	21	24
X	4,2 \pm 1,6	41,2	72	21,3	25
XI	3,7 \pm 2,4	26,7	81	21,7	29
XII	4,8 \pm 2,4	35,5	64	22	26
Среднее $\pm \sigma$	2,9 1,5	13,2 5,5	52,1 44,0	19,8 1,8	23,9 3,9

В юго-восточной части Балтийского моря четко выражен внутригодовой ход штормовой активности. Максимальная повторяемость штормов (как по климатическим данным [27; 28], так и по данным АГМС на МЛСП Д6) наблюдается в осенне-зимний период (табл. 2). Максимальное среднеемесячное количество штормов отмечено в январе (5–6 штормов). В летние месяцы (май – август) наблюдаются обычно 1–2 шторма, в ноябре – декабре штормовая активность вновь растет.

В теплый период года (апрель – октябрь) в середине и конце XX в. штормов было больше, чем в настоящее время [31], в связи с наибольшей активностью атмосферы в Юго-Восточной Балтике в этот период [27; 32].



В середине и последней четверти прошлого века, когда активность штормовых процессов усилилась [32], измерены максимальные скорости ветра в Клайпеде, достигавшие 34 м/с. В открытом море (одноградусный квадрат с центром 55° N 20° E) наибольшие скорости ветра приурочены именно к этим периодам: 32 м/с в 1983 г. и 30 м/с в 1985 г. [33]. За период с 1881 по 1998 г. в изменчивости штормистости не было долгопериодного тренда, ряды отражали в основном междекадную изменчивость [34; 35]. В начале XXI в. вновь происходит активизация штормовых процессов: летом наблюдаются шквалы (32 м/с в августе 2012 г.), в ноябре измерены порывы ветра до 31 м/с в Клайпеде и до 37 м/с на МЛСП Д6 (2011 г.).

Больше всего штормов наблюдалось в январе 2007 г. и декабре 2011 г. (11 и 10 соответственно), что связано с активными атлантическими циклонами, приходящими из западного квадранта (SW, W, NW). В ноябре 2008 г. отмечено 9 штормов, в октябре 2017 г. – 8.

Шторма от восточных румбов по силе уступают западным. В октябре 2009 г. зарегистрирован шторм от северо-востока силой 9–10 баллов, с порывами ветра до 32 м/с (12 баллов) и продолжительностью 72 часа (табл. 2). Но особенно опасными для северного побережья Юго-Восточной Балтики считаются шторма от северных румбов, обладающие разрушительной силой, что продемонстрировали январские шторма 2012 и 2019 гг. [36; 37].

Температура воздуха

Средняя годовая T_a в районе исследования составляет $8,9 \pm 0,6^\circ\text{C}$, что превышает среднегодовое значение в середине XX в. на $1,5^\circ\text{C}$ [38]. Максимум наблюдался в 2019 г., когда среднегодовая T_a составила $9,9^\circ\text{C}$, а среднемесячные значения варьировали в диапазоне от $0,3^\circ\text{C}$ (в январе) до $18,9^\circ\text{C}$ (в июне). Минимум среднегодовой T_a отмечен в 2010 г. – $7,2^\circ\text{C}$ с вариациями среднемесячных значений от $-5,4$ до $20,8^\circ\text{C}$ (табл. 3).

Таблица 3

Межгодовая изменчивость гидрометеорологических характеристик в юго-восточной части Балтийского моря в 2005–2019 гг.

Год	Среднее, °C		Ледовая обстановка		
	T_a	ТПМ	Количество дней со льдом	S_{\max} льда, км ²	Дата наблюдения
2005	8,9	10,2	29	209	03.03.2005
2006	9,0	10,5	56	2283	10.03.2006
2007	9,3	10,3	9	63	26.02.2007
2008	9,4	10,6	0	0	–
2009	8,7	9,9	0	0	–
2010	7,2	9,9	62	2953	08.02.2010
2011	8,9	9,9	63	15725	24.02.2011
2012	8,2	9,8	19	2254	11.02.2011
2013	8,7	10,1	25	606	23.01.2013
2014	9,2	10,8	16	397	25.01.2014
2015	9,4	10,6	0	0	–



Окончание табл. 3

Год	Среднее, °С		Ледовая обстановка		
	Т _а	ТПМ	Количество дней со льдом	S _{max} льда, км ²	Дата наблюдения
2016	9,2	10,7	23	109	08.01.2016
2017	8,8	10,0	10	75	12.02.2017
2018	9,4	10,2	19	565	26.02.2018
2019	9,9	10,8	0	0	–

Сезонный ход Т_а характеризуется максимумом в августе (18,7°С), который превысил максимальную среднемноголетнюю Т_а августа во второй половине XX в. на 1,8°С (табл. 4). Зимой, в январе и феврале, средняя Т_а двух месяцев опускается до отрицательных значений (-0,1 и -0,4°С соответственно). Минимум среднегодовой Т_а приходится на февраль и составляет -0,4°С, в то время как в середине XX в. минимум Т_а приходился на январь и был на 1,6°С ниже (-2°С). Это связано с тем, что изменились циркуляционные процессы: в феврале усилилась роль восточной составляющей переноса, что привело к увеличению повторяемости восточных ветров, которые вызывают понижение температуры воздуха.

Таблица 4

Характеристики среднемесячной температуры воздуха и поверхности воды и соответствующие приращения по тренду за 2005–2015 гг.

Месяц	Средняя Т _а , °С	Скорость изменения Т _а , °С/15 лет	Средняя ТПМ, °С	Скорость изменения ТПМ, °С/15 лет
I	-0,1	0	3,4	–
II	-0,4	1,3	2,5	–
III	2	1,0	2,7	1,3
IV	6,1	0,4	4,8	0,8
V	11,1	2,4	9,6	1,5
VI	14,6	0,8	14,8	0,9
VII	18,3	0,1	18,9	0,2
VIII	18,7	0,9	19,3	-1,1
IX	15,7	0,2	16,3	-0,5
X	10,6	-1,4	12,6	-1,5
XI	6,4	0,3	7,6	–
XII	3,4	-0,9	5,8	–

Темпы роста Т_а варьируют в зависимости от сезона. Как показывают данные таблицы 4, положительное приращение среднегодовой Т_а наблюдается во все месяцы, кроме октября и декабря. Максимальный рост Т_а приходится на май (+2,4°С/период), максимальное отрицательное приращение наблюдалось в октябре (-1,4°С/период). В целом за 2005–2019 гг. ежегодный рост среднегодовой температуры воздуха составляет +0,04°С/год, соответственно, приращение равно +0,6°С/период. Однако линейный тренд статистически незначим.

Температура поверхности моря

Среднегодовая ТПМ в акватории исследования равна $10,3 \pm 0,3^\circ\text{C}$. Самые высокие среднегодовые значения ТПМ ($10,6 - 10,8^\circ\text{C}$) выявлены в 2008, 2014 – 2019 гг., самые низкие ($9,8 - 9,9^\circ\text{C}$) – в 2009 – 2012 гг., тогда же наблюдались минимальные значения среднегодовой температуры воздуха (см. табл. 3).

Минимум в годовом ходе ТПМ приходится на февраль и март ($2,6$ и $2,7^\circ\text{C}$ соответственно). Максимальной ТПМ становится в августе ($19,3^\circ\text{C}$) (табл. 4). Положительное приращение средней ТПМ наблюдается с марта по июнь. В период с августа по октябрь происходит ежегодное понижение ТПМ. Для ТПМ прослеживается тенденция, аналогичная наблюдаемой для Та: наибольшее положительное приращение ТПМ происходит в мае ($+1,5^\circ\text{C}/\text{период}$), а наибольшее отрицательное приращение – в октябре ($-1,5^\circ\text{C}/\text{период}$). При этом в самый теплый месяц года (август) происходит снижение ТПМ со скоростью $-1,1^\circ\text{C}/15$ лет, в то время как Та показывает рост $+0,9^\circ\text{C}/15$ лет.

В целом за 2005 – 2019 гг. рост ТПМ в районе исследования составляет $+0,01^\circ\text{C}/\text{год}$ и $+0,2^\circ\text{C}/\text{период}$ (рис. 4). Однако линейный тренд статистически незначим.

Рост Та опережает рост ТПМ (рис. 4), поскольку водоемы обладают большей термической инерцией и, соответственно, медленнее реагируют на потепление климата.

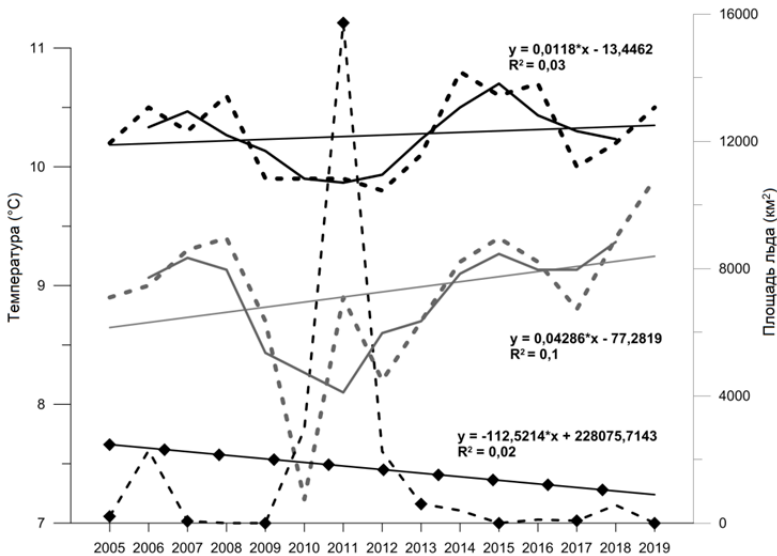


Рис. 4. Межгодовая изменчивость среднегодовой температуры поверхности моря (черная пунктирная линия), температуры воздуха (серая пунктирная линия) и площади морского льда (черная пунктирная линия с ромбами).

Скользящие средние (интервал сглаживания 3 года):

для температуры поверхности моря – черная ломаная линия, для температуры воздуха – серая ломаная линия. Линейные тренды: для температуры поверхности моря – черная прямая линия, для температуры воздуха – серая прямая линия, для площади морского льда – черная прямая линия с ромбами



Максимальные площади морского льда приходятся на февраль, гораздо реже на январь и март (см. табл. 3). Рекордный максимум площади льда отмечен в зимний сезон 2010/11 гг.: в феврале 2011 г. она достигла 15725 км² при средней многолетней максимальной площади морского льда 1683 км² (рис. 1, табл. 3). В отдельные зимы (2007/08, 2008/09, 2014/15, 2018/19) льда не наблюдалось (табл. 4).

В связи с устойчивым ростом температуры воздуха и воды закономерно сокращается площадь морского льда, наблюдаемого в прибрежной зоне района исследования. Для максимальных площадей ледового покрытия выявлен отрицательный тренд $-112,5$ км²/год, что соответствует -1838 км²/период (рис. 4).

Заключение

Выявлены следующие характерные особенности межгодовой и сезонной динамики гидрологических условий в юго-восточной части Балтийского моря за 2005–2019 гг.:

1. Среднегодовое атмосферное давление близко к нормальному и составляет $1014,6 \pm 1,7$ гПа. Самый стабильный ход атмосферного давления наблюдается в сентябре, наиболее изменчиво оно в январе. Установлен рост атмосферного давления в регионе со скоростью $0,10$ гПа/год ($1,5$ гПа/период).

2. Растет количество штормов ($+2$ шторма/15 лет), однако снижается их продолжительность и уменьшается максимальная скорость ветра.

3. Среднегодовая температура воздуха возросла на $1,6$ °С по сравнению с серединой XX в. Минимальная среднегодовая температура воздуха приходится на февраль ($-0,4$ °С), в то время как в середине XX в. минимум наблюдался в январе и был на $1,6$ °С ниже. Температура воздуха в регионе стабильно растет со скоростью $0,04$ °С/год ($+0,6$ °С/период).

4. Среднегодовая температура поверхности акватории исследования равна $10,3 \pm 0,3$ °С. Минимум температуры приходится на февраль и март ($2,6$ и $2,7$ °С соответственно), а максимум наблюдается в августе ($19,3$ °С). Как и температура воздуха, температура поверхности моря показывает тенденцию роста в мае и понижения в октябре. Среднегодовая температура поверхности юго-восточной части Балтийского моря повышается со скоростью $0,01$ °С/год, что значительно медленнее повышения температуры воздуха.

5. Максимальная площадь морского льда отмечается в феврале. Однако ввиду общей тенденции потепления в регионе сокращается площадь ледового поля, наблюдаемого в море ($-112,5$ км²/год).

Выявленные тенденции потепления региона связаны с циркуляционными процессами в атмосфере: при пониженных значениях индекса САК (2005–2010, 2012 гг.) в юго-восточной части Балтийского моря усиливается антициклоническая активность, наблюдаются морозы до -15 °С, экстремально увеличивается температура воздуха летом (до 31 °С) [21]. При преобладании положительных значений индекса САК



усиливается Исландский минимум и перенос воздушных масс в широтном (западно-восточном) направлении. В результате повышается среднегодовая температура воздуха и поверхности моря [20; 39], что в итоге приводит к мягким зимам и сокращению продолжительности ледового сезона и площади льда в прибрежной зоне моря.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Калининградской области в рамках проекта №19-45-390012 (в части анализа данных), а также государственного задания ИО РАН №0149-2019-0013 (в части сбора и обработки спутниковой информации).

Авторы благодарят ООО «ЛУКОЙЛ-КМН» за предоставленные данные АГМС.

Список литературы

1. BACC I Author Team : Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Berlin, 2008.
2. BACC II Author Team : Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Springer International Publishing, 2015.
3. Leppäranta M., Myrberg K. Physical Oceanography of the Baltic Sea. Berlin, 2009.
4. Climate Change 2008 : IPCC, Fourth Assessment Report. Cambridge University Press, 2008.
5. Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner [et al.] (eds.). Cambridge University Press, 2013.
6. Rutgersson A., Jaagus J., Schenk F., Stendel M. Observed changes and variability of atmospheric parameters in the Baltic Sea region during the last 200 years // Climate Research. 2014. №61. P. 177–190.
7. Bates B. C., Kundzewicz Z. W., Wu S., Palutikof J. P. Climate Change and Water / IPCC Secretariat. Geneva, 2008.
8. Omstedt A., Elken J., Lehmann A. et al. Progress in physical oceanography of the Baltic Sea during the 2003–2014 period // Progress in Oceanography. 2014. №128. P. 139–171.
9. Michalska B. Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce // Prace i Studia Geograficzne. 2011. Vol. 47. P. 67–75.
10. Tytkowski J. Temporal and spatial variability of air temperature and precipitation at the Polish coastal zone of the southern Baltic Sea // Baltica. 2013. Vol. 26, №1. P. 83–94.
11. Ерёмкина Т.Р., Исаев А.В., Рябченко В.А. Оценка и прогноз тенденций в эволюции экосистемы восточной части Финского залива при различных сценариях изменения биогенной нагрузки в будущем климате // Учен. зап. ПГМУ. 2014. №36. С. 118–127.
12. Dailidienė I., Baudler H., Chubarenko B., Navrotskaya S. Long term water level and surface temperature changes in the lagoons of the southern and eastern Baltic // Oceanologia. 2011. №53. P. 293–308.
13. Lehmann A., Getzlaff K., Harlaß J. Detailed assessment of climate variability in the Baltic Sea area for the period 1958 to 2009 // Climate Research. 2011. №46. P. 185–196.
14. Siegel H., Gerth M., Tschersich G. Sea surface temperature development of the Baltic Sea in the period 1990–2004 // Oceanologia. 2006. №48(S). P. 119–131.
15. Bradtke K., Herman A., Urbański J. A. Spatial and inter-annual variations of seasonal sea surface temperature patterns in the Baltic Sea // Oceanologia. 2010. №52 (3). P. 345–362.



16. Voss R., Petereit C., Schmidt J.O. et al. The spatial dimension of climate-driven temperature change in the Baltic Sea and its implication for cod and sprat early life stage survival // *Journal of Marine Systems*. 2012. №100–101. P. 1–8.
17. *Climate change in the Baltic Sea Area: HELCOM thematic assessment in 2013* // *Baltic Sea Environment Proceedings*. 2013. №137.
18. Elmgren R., Blenckner T., Andersson A. Baltic Sea management: Successes and failures // *Ambio*. 2015. №44. P. 335–344.
19. Wibig J., Glowicki B. Trends of minimum and maximum temperature in Poland // *Climate Research*. 2002. №20. P. 123–133.
20. Stont Z.I., Bukanova T.V. General features of air temperature over coastal waters of the south-eastern Baltic Sea for 2004–2017 // *Russian Journal of Earth Sciences*. 2019. Vol. 19, №3. P. 1–9.
21. *Климат России* / под ред. Н.В. Кобышевой. СПб., 2001.
22. Дроздов В.В., Смирнов Н.П. Многолетняя динамика климата и гидрологического режима в районе Балтийского моря и ее причины // *Метеорология и гидрология*. 2011. №5. С. 77–87.
23. Стонт Ж.И., Чубаренко Б.В., Гуцин О.А. Изменчивость гидрометеорологических характеристик для побережья Юго-Восточной Балтики // *Известия РГО*. 2010. Т. 142, вып. 4. С. 48–56.
24. Абрамов Р.В., Гуцин О.А., Навроцкая С.Е., Стонт Ж.И. Гидрометеорологический мониторинг побережья Юго-Восточной Балтики в 1996–2010 гг. // *Известия РАН. Сер. географическая*. 2013. №1. С. 54–61.
25. Абрамов Р.В., Стонт Ж.И. «Витязь» и «Балтийская коса». Погода и экологическая обстановка 1997–2002 гг. Данные лаборатории морской метеорологии АО ИО РАН / отв. ред. Е.В. Краснов. Калининград, 2004.
26. Берникова Т.А., Дубравин В.Ф., Нагорнова Н.Н., Стонт Ж.И. Климатические сезоны Южной Балтики // *Инновации в науке и образовании*. Калининград, 2007. С. 53–55.
27. *Справочник по климату СССР*. Вып. 6 : Литовская ССР и Калининградская обл. РСФСР. Ч. 3 : Ветер. Л., 1966.
28. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР*. Т. 3 : Балтийское море. Вып. 1 : Гидрометеорологические условия. СПб., 1992.
29. Тушикин С.Н. Структурный анализ штормовых ветров в Юго-Восточной Балтике и Калининградской области // *Комплексное изучение бассейна Атлантического океана : сб. науч. тр. / под ред. В.В. Орленка*. Калининград, 2003. С. 59–63.
30. Pietrek S.A., Jasinski J.M., Winnicki I.A. Analysis of a storm situation over the southern Baltic Sea using direct hydrometeorological and remote sensing measurements results // *Zeszyty Naukowe. Akademia Morska w Szczecinie*. 2014. Vol. 38, №110. P. 81–88.
31. Дорфман Ц.Я., Укмергишкис А.Д. Ветровой режим на территории Литовской ССР и Калининградской области РСФСР. Вильнюс, 1964.
32. Стонт Ж.И., Гуцин О.А., Дубравин В.Ф. Штормовые ветра Юго-Восточной Балтики по данным автоматической метеорологической станции в 2004–2010 гг. // *Известия РГО*. 2012. Т. 144, Вып. 1. С. 51–58.
33. *Климат морей России и ключевых районов Мирового океана : электрон. атлас* // Российский национальный центр океанографических данных ГУ «ВНИИГМИ-МЦД». Обнинск, 2007. URL: http://data.oceaninfo.info/atlas/atlas_help.htm/ (дата обращения: 01.12.2019).
34. Jonsson T., Hanna E. A new day-to-day pressure variability index as a proxy of Icelandic storminess and complement to the North Atlantic Oscillation index 1823–2005 // *Meteorologische Zeitschrift*. 2007. Vol. 16. P. 25–36.
35. *Rp5.ru* : [погодный сайт]. URL: www.rp5.ru (дата обращения: 17.12.2019).



36. Бобыкина В.П., Стонт Ж.И. О зимней штормовой активности 2011–2012 гг. и ее последствиях для побережья Юго-Восточной Балтики // Водные ресурсы. 2015. Т. 42, №3. С. 322–328.

37. Стонт Ж.И., Ульянова М.О., Крек Е.В. и др. Штормовая активность в осенне-зимний период 2018–2019 гг. в юго-восточной части Балтийского моря // Известия КГТУ. 2019. №53. С. 61–72.

38. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Т. 1 : Балтийское море. Вып. 1 : Балтийское море без заливов. Л., 1983.

39. Стонт Ж.И., Демидов А.Н. Современные тенденции изменчивости температуры воздуха над акваторией Юго-Восточной Балтики // Вестник Московского университета. Сер. 5: География. 2015. №2. С. 50–58.

Об авторах

Жанна Ивановна Стонт – канд. геогр. наук, ст. науч. сотр., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия.

E-mail: ocean_stont@mail.ru

Татьяна Васильевна Буканова – канд. геогр. наук, науч. сотр., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия.

E-mail: tatiana.bukanova@gmail.com

Елена Владимировна Крек – науч. сотр., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Россия.

E-mail: elena321@mail.ru

The authors

Dr Zhanna I. Stont, Shirshov Institute of Oceanology, Senior Researcher, Russian Academy of Sciences, Russia.

E-mail: ocean_stont@mail.ru

Dr Tatiana V. Bukanova, Shirshov Institute of Oceanology, Researcher, Russian Academy of Sciences, Russia.

E-mail: tatiana.bukanova@gmail.com

Elena V. Krek, Researcher, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Russia.

E-mail: elena321@mail.ru

УДК 547.122:542.953

А. С. Зозуля, О. В. Мазова

РЕАКЦИИ АМИНИРОВАНИЯ ДИБЕНЗОТИАЗИНОМ ПРОИЗВОДНЫХ ХИНОНОВ НА «МЕДНОЙ ПЛЕНКЕ»

95

Интерес к азотсодержащим гетероциклам обусловлен возможностью получать органические соединения с новыми свойствами, вводя различные заместители в структуру. Целью работы является аминирование дибензотиазином хиноидных структур для получения конденсированных гетероциклов с мостиковым атомом азота. Именно N-замещенные производные, образующие мостиковую связь между молекулой дибензотиазина и заместителем, рассматриваются как наиболее перспективные субстанции. При аминировании бензохинона и его производных дибензотиазином можно ожидать повышения потенциальной биологической активности и ингибиторных свойств новых соединений. Присутствие меди влияет на интенсивность и направление реакции при взаимодействии реагентов. Практическая значимость работы заключается в расширении спектра производных хинонов и дибензотиазина, содержащих биологически активные фрагменты.

Interest in nitrogen-containing heterocycles can be brought about by the possibility of obtaining organic compounds with new properties by introducing various substituents into the structure. The aim of this work is to aminate quinoid structures with dibenzothiazine to produce condensed heterocycles with a bridged nitrogen atom. It is the N-substituted derivatives that form a bridge between the dibenzothiazine molecule and the substituent that are considered as the most promising substances. When aminating benzoquinone and its derivatives with dibenzothiazine, we can expect an increase in the potential biological activity and inhibitory properties of new compounds. The presence of copper affects the intensity and direction of the reaction when reactants interact. Practice-wise, the work can expand the spectrum of quinone and dibenzothiazine derivatives containing biologically active fragments.

Ключевые слова: хиноны, гетероциклы, дибензотиазин, физико-химические характеристики.

Keywords: quinones, heterocycles, dibenzothiazine, physical and chemical characteristics.

Гетероциклические соединения и их производные распространены в природе. Многим из них принадлежит ключевая роль в биологических процессах, протекающих в живых организмах. Основная причина широкого использования гетероциклов — возможность оперировать их структурой для достижения необходимых свойств. Исследование гетероциклических соединений представляет перспективное направление в органической химии.



Азотсодержащий гетероцикл дибензотиазин как электронодонор используется в качестве основы для подготовки различных биологических красителей и лекарственных препаратов. Замена атома водорода в аминогруппе дибензотиазина на другие заместители влияет на химические свойства полученных веществ. Известны соединения дибензотиазина, имеющие широкий спектр физиологического действия [1]. По фармакологическому действию препараты этой группы обладают широким спектром биологической активности: нейролептическими, антиаритмическими, противовирусными, антибактериальными, противовоспалительными и противоопухолевыми свойствами и являются перспективной группой лекарственных препаратов в современной фармации и фармакологии. N-замещенные дибензотиазины используются в качестве инсектицидов, ингибиторов полимеризации, антиоксидантов, красителей и люминофоров, ингибиторов коррозии.

В биологических системах хиноны причастны к переносу электронов и протонов в дыхательной системе, в процессе окислительного фосфорилирования и фотосинтеза. Отличительная особенность соединений такого типа – способность обменивать кольцевые заместители, сохраняя хиноидную структуру. Реакции хинонов с нуклеофилами и электрофилами близки к аналогичным реакциям α , β -ненасыщенных кетонов. Замещение атомов водорода в цикле на различные функциональные группы и гетероциклы позволяет изменять спектр биологической активности соединений. Поэтому хиноны являются удобным синтоном для направленного органического синтеза. В природе алкильные производные 1,4-бензохинона используются насекомыми как токсин при защите от нападений. Производные хинонов интересны как ингибиторы коррозии металлов [2]. Установлено, что бромзамещенные производные 1,4-бензохинона способны нарушать клеточное дыхание сульфатредуцирующих бактерий и тем самым замедлять скорость коррозии [3].

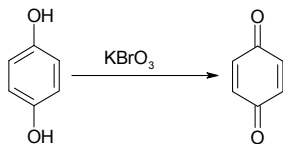
Благодаря высокой реакционной способности и устойчивости медь используется как катализатор в реакциях органической химии: в синтезе дибензотиазина, в реакциях N-арилирования азотсодержащих гетероциклов, в реакциях радикального C-H-арилирования хинонов, а также направляет заместители в положение 10 N-H дибензотиазина. [4]. В настоящее время интерес к медным нанопокрытиям обусловлен их оптическими, каталитическими, механическими и электрическими свойствами [5]. Известно, что наночастицы меди используются как добавки в спреи и смазочные материалы, как потенциальные антимикробные агенты [6]. Их вводят в состав удобрений в качестве фунгицидных или гербицидных добавок [7]. Установлено, что катализаторы на основе частиц меди демонстрируют высокую каталитическую активность (высокий выход, короткое время и мягкие условия реакции) [8].

Можно ожидать, что конденсированные гетероциклы с мостиковым атомом азота на основе дибензотиазина и хинонов будут обладать свойствами, типичными для биологически активных соединений, и другими полезными свойствами [9].



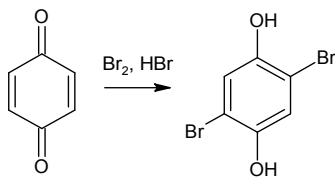
Экспериментальная часть

Для аминирования дибензотиазином замещенных хиноидных структур были получены промежуточные соединения по известным методикам [10]:



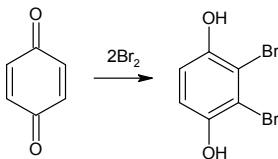
п-бензохинон

($T_{пл} = 116^\circ\text{C}$; выход 95%)



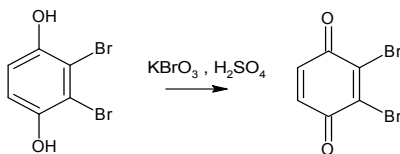
2,5-дибром-1,4-гидрохинон

($T_{пл} = 187^\circ\text{C}$; Br 59,7% ($Br_{теор} 59,7\%$); выход 65%)



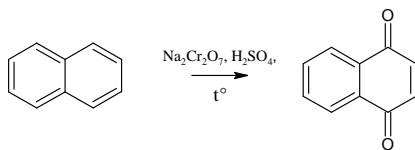
2,3-дибром-1,4-гидрохинон

($T_{пл} = 112^\circ\text{C}$; Br 59,8% ($Br_{теор} 59,7\%$); выход 73%)



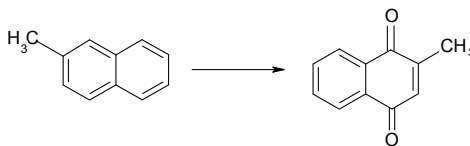
2,3-дибром-1,4-бензохинон

($T_{пл} = 189^\circ\text{C}$; Br 61,0% ($Br_{теор} 61,1\%$); выход 91%)



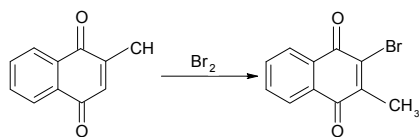
1,4-нафтохинон

($T_{пл} = 124^\circ\text{C}$; выход 60%)



2-метил-1,4-нафтохинон

($T_{пл} = 107^\circ\text{C}$; выход 78%)

2-бром-3-метил-1,4-нафтохинон (Т_{пл} = 155 °С; выход 82 %)

Дибензотиазин (10Н-дибензо-[b,e]-1,4-тиазин) использовали марки «хч». Полученные реагенты, замещенные хиноны, очищали перекристаллизацией из этанола. Чистоту и индивидуальность синтезированных соединений проверяли методом ТСХ на пластинах *Sorbfil UV-254*, элюент толуол-ацетон-гептан (4:1:1 по объему), проявление хроматограмм осуществлялось в УФ-свете и парах йода. В качестве растворителей применяли: 1) полярный растворитель этанол, предварительно перегнанный (Т_{кип} = 78,9 °С); 2) неполярный растворитель толуол (Т_{кип} = 110,6 °С) и выдерживали над свежепрокаленным хлоридом кальция.

Наночастицы меди получали восстановлением раствора CuSO_4 формальдегидом при pH > 7 в виде «медной пленки» на стеклянной поверхности. Данный способ позволил получить слой меди толщиной ~ 16 мкм. Для покрытия характерна большая степень аморфности меди и размер частиц $l \sim 10 - 12$ нм [11; 12].

ИК-спектры регистрировались на ИК-Фурье спектрофотометре VERTEX 70 с KBr, область записи спектров 4000–200 см⁻¹ (2,5–50 мкм). Смесь для приготовления таблетки: 800 мг KBr и 5 мг образца. В ЯМР-спектроскопии регистрировали ¹H ЯМР-спектры на спектрометрах высокого разрешения (¹H ЯМР-спектрометр Varian MR-400 с рабочей частотой 400 МГц и разрешением 0,01 Гц). Химические сдвиги приведены в шкале (м. д.) относительно внутреннего стандарта — дейтерированного растворителя. Для регистрации спектров ЯМР использовали ДМСО-d₆.

Температуру плавления определяли стандартным капиллярным методом (ГОСТ 18995.4-1973).

Синтетическая стратегия

Разработанные методики относятся к реакциям аминирования дибензотиозином хиноидных структур на «медной пленке» как активаторе и участнике реакции. Мы предлагаем доступные малостадийные циклы без использования дорогостоящих катализаторов с небольшой затратой энергии. Практическая значимость состоит в возможности непосредственно использовать полученные соединения в дальнейших исследованиях. К раствору хинонов в этаноле (или толуоле) вводился медленно порциями дибензотиазин до полного растворения. Механическое перемешивание и нагревание осуществляли в течение 2–3 часов. Затем реакционная масса отстаивалась в течение суток до полного выпадения кристаллов аминированных производных хинонов.

Результаты и их обсуждение

Реакции дибензотиазина с производными хинонов проводят при нагревании реагентов в растворителе этаноле (в интервале 70–80 °С) и в толуоле (в интервале 100–110 °С) при постоянном перемешивании.

На основе дибензотиазина и *p*-бензохинона на «медной пленке» в неполярном растворителе толуоле были получены крупные бежевые кристаллы 2-*N*-дибензотиазин-ил-1,4-дигидроксибензола. $T_{пл} = 175\text{ }^{\circ}\text{C}$, $S = 10,52 \pm 0,07\%$ ($S_{теор} = 10,43\%$), выход 79%. ИК-спектр, $\nu/\text{см}^{-1}$ (KBr): 3340 (ν_{OH}), $\nu_{\text{(NH)}}$); 1597 ($\nu_{\text{(C=C)}}$); 1305 ($\nu_{\text{(C-N)}}$); 737 – валентные колебания дибензотиазинового цикла (рис. 1).

99

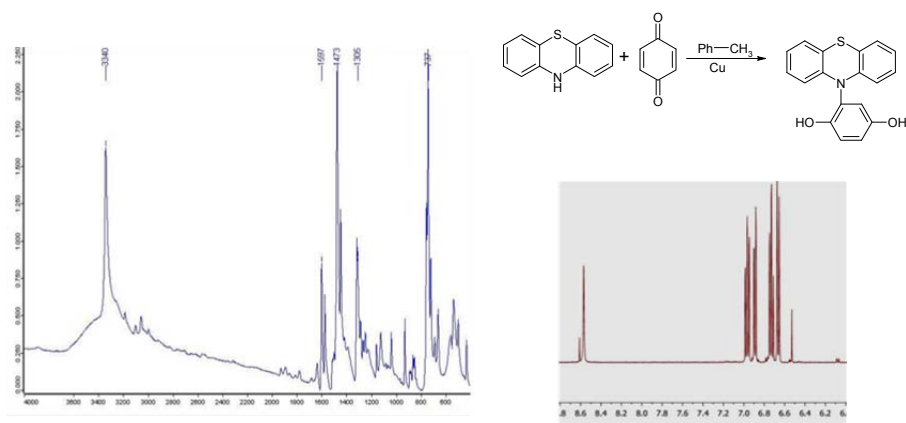


Рис. 1. ИК-спектр и фрагмент ЯМР-спектра 2-*N*-дибензотиазин-ил-1,4-дигидроксибензола

Данные, полученные в результате ЯМР-спектроскопии, выявили в спектре (рис. 1) следующие группы сигналов: область химических сдвигов δ м.д. = 6,5–7,5 соответствует сложному мультиплету, образованному протонами СН-группы бензольного кольца, цикла дибензотиазина и меди; химический сдвиг в области δ м.д. = 8,6 образован протонами ОН-групп. Полученные данные подтверждают предполагаемую структуру синтезированного соединения.

Получены крупные сине-черные кристаллы 2-*N*-дибензотиазин-ил-5,6-дибром-1,4-дигидроксибензол-2-*N*-дибензотиазин-ил-5,6-дибром-1,4-бензохинона. $T_{пл} = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{Br} = 34,46 \pm 0,17\%$ ($\text{Br}_{теор} = 34,43 \pm 0,17\%$), $S = 6,93 \pm 0,15\%$ ($S_{теор} = 6,91\%$), выход 67%. ИК-спектр, $\nu/\text{см}^{-1}$ (KBr): 3379 (ν_{OH} , в полиассоциатах широкая расплывчатая полоса); 3056 ($\nu_{\text{(C-H) Ar}}$); 1666 (валентное колебание $\text{C}=\text{O}$ для 1,4-хинонов, участие в водородных связях); 1572 ($\nu_{\text{(C=C) Ar}}$); 1461 ($\nu_{\text{(C=C) дибензотиазинов}}$); 1303 ($\nu_{\text{(C-Br-N)}}$) [13; 14]. Как известно, в процессе окисления-восстановления хинонов про-

исходит образование промежуточного соединения анион-радикала, окрашенного устойчивого комплекса. Окраска обусловлена переносом заряда от ароматического донора к акцептору. Вследствие этого химическое строение гидросихинонов не может быть выражено единственной структурной формулой [15]. Вероятно, молекулы комплекса 2-N-дибензотиазин-ил-5,6-дибром-1,4-дигидроксибензол-2-N-дибензотиазин-ил-5,6-дибром-1,4-бензохинона располагаются в чередующихся друг над другом параллельных плоскостях (рис. 2).

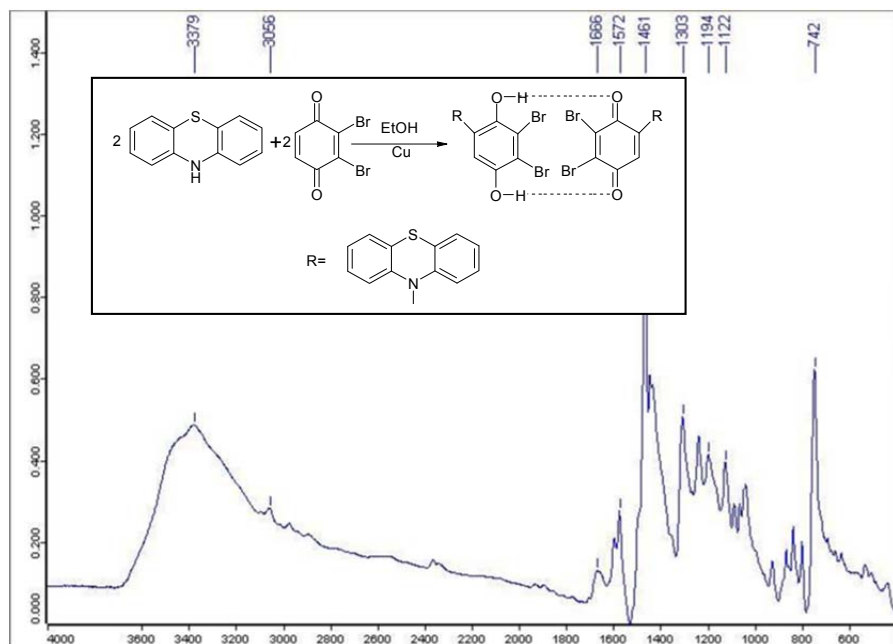


Рис. 2. ИК-спектр 2-N-дибензотиазин-ил-5,6-дибром-1,4-дигидроксибензол-2-N-дибензотиазин-ил-5,6-дибром-1,4-бензохинона

2-N-дибензотиазин-ил-5-бром-1,4-дигидроксибензол был получен при аминировании дибензотиазинем 2,5-дибром-1,4-бензохинона в толуоле в присутствии наночастиц меди в виде «медной пленки» на поверхности колбы. Кристаллы голубого цвета, $T_{пл} = 139^\circ\text{C}$, выход 88%. ИК-спектр, $\nu/\text{см}^{-1}$ (KBr): 3341 (ν_{OH} , ν_{NH} дибензотиазина); 2361 (ν_{OH}); 1597 ($\nu_{\text{C}=\text{C}}$); 1475 (дибензотиазининовый цикл); 1305 ($\nu_{\text{C}(\text{Ar}-\text{N})}$). Наличие полос, характерных для циклических аминов и ароматических циклов, подтверждает предполагаемое строение аминированного хинона. Данные, полученные в результате ЯМР-спектроскопии, выявили в спектре область химических сдвигов δ м. д. = 6,5–7,5, что соответствует сложному мультиплету, образованному протонами СН-группы бензольного кольца и цикла дибензотиазина; химический сдвиг в области δ м. д. = 8,6 образован протонами ОН-групп. Полученные данные подтверждают предполагаемую структуру синтезированного соединения (рис. 3).

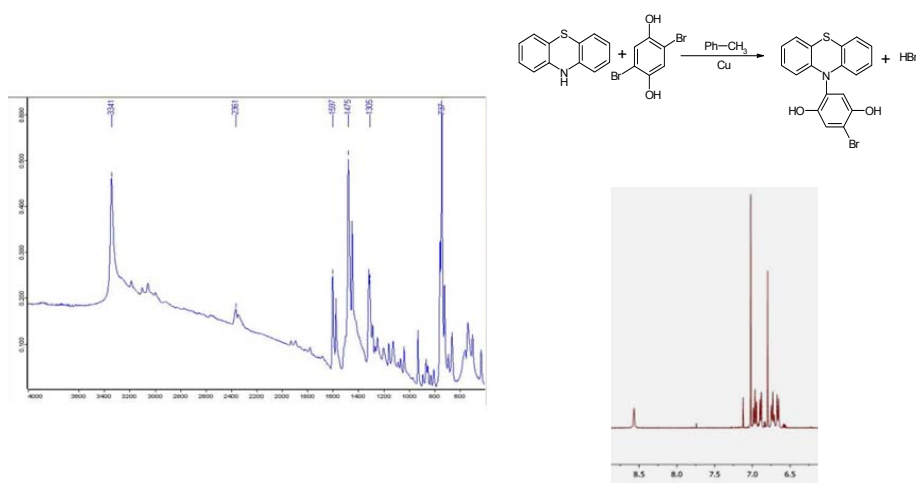


Рис. 3. ИК-спектр и фрагмент ЯМР-спектра 2-N-дибензотиазин-ил-5-бром-1,4-дигидроксибензола

Реакции межмолекулярного взаимодействия с образованием промежуточных комплексов часто протекают с углублением цвета конечных соединений и образованием крупных кристаллов. Они играют важную роль в процессе превращения энергии в биохимических системах. Комплекс 2-N-дибензотиазин-ил-1,4-дигидроксибензол-2-N-дибензотиазин-ил-1,4-бензохинона был получен в полярном растворителе этаноле при нагревании до 80 °С и взаимодействии дибензотиазина и 1,4-бензохинона в колбе с медным покрытием. Кристаллы коричневого цвета, $T_{пл} = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$, выход 78 %. ИК-спектр, $\nu/\text{см}^{-1}$ (KBr): 3339 (ν_{OH}), ν_{NH} дибензотиазина); 1652 ($\nu_{\text{C=O}}$ валентное колебание C=O для 1,4-хинонов, участие в водородных связях); 1597 ($\nu_{\text{C=C}}$ Ar); 1471 (валентное колебание дибензотиазинового цикла); 1311 ($\nu_{\text{C-N}}$) валентное колебание связи $\text{C}_{\text{Ar-N}}$). Данные, полученные посредством ЯМР-спектроскопии, выявили в спектре следующие группы сигналов: область химических сдвигов δ м.д. = 6,5–7,5 соответствует сложному мультиплету, образованному протонами СН-группы бензольного кольца и цикла дибензотиазина. В спектрах ^1H ЯМР-сигналы протонов хиноидного ядра лежат в области $\delta \sim 6,7$. Химический сдвиг в области δ м.д. = 8,6 образован протонами ОН-групп. Полученные данные подтверждают структуру синтезированного соединения (рис. 4).

Получены аминированные дибензотиозином производные нафтохинона 2-N-дибензотиозиин-ил-3-метил-1,4-дигидрокси-нафтохинона-2-N-дибензотиозиин-ил-3-метил-1,4-нафтохинона при взаимодействии 2-бром-3-метил-1,4-нафтохинона и дибензотиозиина в неполярном растворителе толуоле на «медной пленке». Полученное соединение представляет собой кристаллы желто-коричневого цвета, $T_{пл} = 78\text{ }^{\circ}\text{C}$, $S = 8,68 \pm 0,12\%$ ($S_{\text{теор}} = 8,66\%$), выход 73 %. ИК-спектр, $\nu/\text{см}^{-1}$ (KBr): 3340



(ν_{OH} , ν_{NH} дибензотиазина); 1665 ($\nu_{\text{C=O}}$ валентное колебание C=O для 1,4-хинонов, участие в водородных связях); 1595 ($\nu_{\text{C=C}}$ Ar); 1473 (валентное колебание дибензотиазинового цикла); 1302 ($\nu_{\text{C-N}}$ валентное колебание связи C_{Ar}-N). Данные, полученные с помощью ЯМР-спектроскопии, выявили, что область химических сдвигов δ м.д. = 6,5–7,5 соответствует сложному мультиплету, образованному протонами СН-группы бензольного кольца и цикла дибензотиазина, в спектрах ^1H ЯМР-сигналы протонов хиноидного ядра лежат в области $\delta \sim 6,7$; химический сдвиг в области δ м.д. = 8,6 образован протонами ОН-групп. Химический сдвиг синглета δ м.д. = 2,1 соответствует СН₃-группе. Полученные данные подтверждают структуру синтезированного соединения (рис. 5).

102

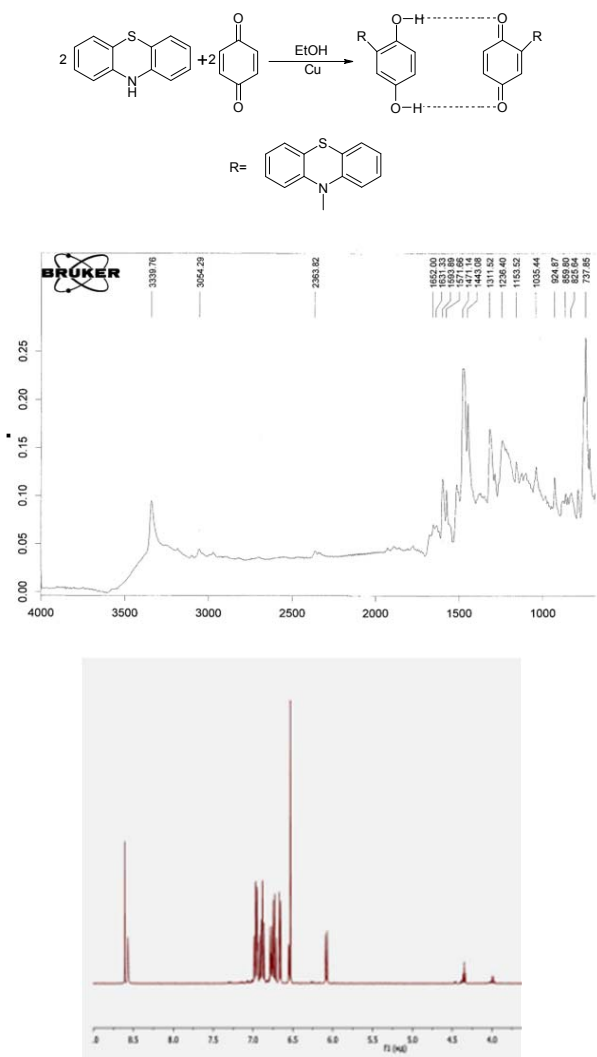


Рис. 4. ИК-спектр и фрагмент ЯМР-спектра 2-N-дибензотиазин-ил-1,4-дигидробензол-2-N-дибензотиазин-ил-1,4-бензохинона

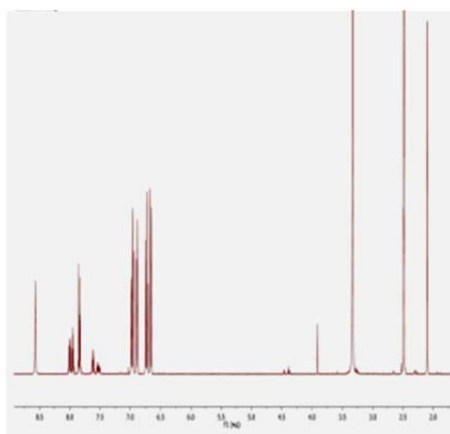
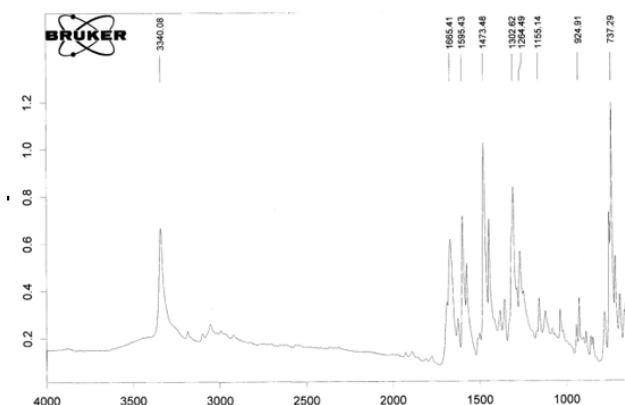
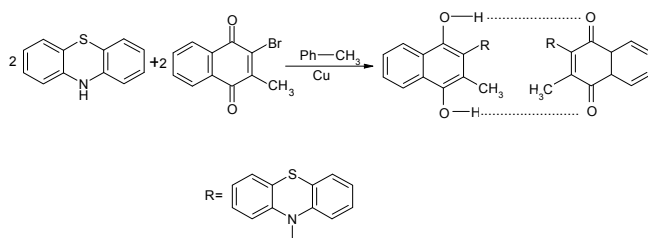


Рис. 5. ИК-спектр и фрагмент ЯМР-спектра 2-N-дибензотиазин-ил-3-метил-1,4-дигидроксинафтахинона-2-N-дибензотиазин-ил-3-метил-1,4-нафтохинона

Функционально-групповой анализ всех полученных аминированных дибензотиазином хиноидных соединений был проведен с помощью характеристических полос поглощения в ИК-спектрах и ЯМР-спектроскопии, которые показали для полученных соединений колебания связей групп C-N, C-S-C, OH, C=O, Ar-H, валентные колебания C=C в ароматических структурах, межмолекулярную водородную связь C-OH O=C. Результаты элементного анализа на содержание серы, брома, растворимость полученных соединений в полярных и неполярных растворителях, качественные реакции подтверждают предполагаемое



строение полученных соединений. Полученные аминированные хиноны растворяются в концентрированной серной кислоте с образованием окрашенных в красный цвет соединений, что характерно для соединений, в которых присутствует цикл дибензотиазина.

Азотсодержащие циклические соединения, полученные на основе хиноидных структур и дибензотиазина, могут быть рекомендованы для решения некоторых биохимических проблем, в частности для испытания их фунгицидных свойств и как ингибиторов коррозии.

Список литературы

104

1. *Маишковский М.Д.* Лекарственные средства : справочник. 16-е изд. М., 2017.
2. *Способ защиты стали от коррозии и наводороживания в средах, содержащих сульфатредуцирующие бактерии* : пат. 2338008 С1 Российская Федерация : МПК С 23 F 11/12 / С.М. Белоглазов, С.А. Терюшева ; патентообладатель ФГОУ ВПО «Российский государственный университет им. И. Канта». №2007113404/02 ; заявл. 10.04.2007 ; опубл. 10.11.2008, Бюл. №31.
3. *Беликов В.Г.* Фармацевтическая химия : учеб. пособие : в 2 ч. 4-е изд., перераб. и доп. М., 2007.
4. *Ojha N.K., Zyryanov G.V., Majee A. et al.* Copper nanoparticles as inexpensive and efficient catalyst: A valuable contribution in organic synthesis // *Coordination Chemistry Reviews*. 2017. Vol. 353. P. 1–57.
5. *Salavati-Niasari M., Davar F., Mir N.* Synthesis and characterization of metallic copper nanoparticles via thermal decomposition // *Polyhedron*. 2008. Vol. 27, iss. 17. P. 3514–3518.
6. *Pantidos N., Edmundson M., Horsfall L.* Room temperature bioproduction, isolation and anti-microbial properties of stable elemental copper nanoparticles // *New Biotechnology*. 2018. Vol. 40, part B. 17. P. 275–281.
7. *Naeemah al-lami.* New Imidazo[2,1-b]naphtha[2,1-d][1,3]thiazole Derivatives: Synthesis, Antimicrobial and Antifungal Activity // *Iraqi Journal of Science*. 2015. Vol. 56, №4C. P. 3274–3284.
8. *Han C.J.M. van der, Işik F., Verhoeven T.W.G.M. et al.* Activation pathways taking place at molecular copper precatalysts for the oxygen evolution reaction // *Catalysis Today*. 2017. Vol. 290. P. 33–38.
9. *Sarmiento G.P., Martini M.F., Vitale R.G.* N-haloacetyl phenothiazines and derivatives: Preparation, characterization and structure-activity relationship for antifungal activity // *Arabian Journal of Chemistry*. 2019. Vol. 12, iss. 1. P. 21–32.
10. *Мазова О.В.* Органическая химия: синтезы : учеб.-метод. пособие. Калининград, 2015.
11. *Солдатенко Е.М., Доронин С.Ю., Чернова Р.К.* Химические способы получения наночастиц меди // *Бутлеровские чтения*. 2014. Т. 37, №2. С. 103–113.
12. *Jiaming Tang, Bingqing Xu, Xi Mao et al.* One-Pot Synthesis of Pyrrolo[3,2,1-kl]phenothiazines through Copper-Catalyzed Tandem Coupling/Double Cyclization Reaction // *J. Org. Chem*. 2015. №80 (21). P. 11108–11114.
13. *Наканиси К.* Инфракрасные спектры и строение органических соединений / пер. с англ. М., 2013.
14. *Романова Э.В., Санаева Э.П., Коновалова Е.П.* Фармацевтический анализ лекарственных препаратов фенотиазина методами спектроскопии // *Научный альманах*. 2016. №7-2 (21). С. 18–23.
15. *Мазова О.В.* Синтез гибридных молекул на основе фенотиазина и 2,5-ди-(*p*-анилино)-1,4-бензохинона // *Успехи современной науки*. 2017. Т. 8, №3. С. 185–190.



Об авторах

Александр Сергеевич Зозуля — магистрант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: AZozula@stud.kantiana.ru

Ольга Владимировна Мазова — канд. хим. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: o_mazova@inbox.ru

The authors

Alexander S. Zozulya, Master's Student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: AZozulya@stud.kantiana.ru

Dr Olga V. Mazova, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: o_mazova@inbox.ru

**В. А. Изранов, Н. В. Казанцева, И. А. Степанян
М. В. Мартинович, В. С. Гордова, В. И. Бут-Гусаим**

ДИАПАЗОН НОРМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЖЕСТКОСТИ ПЕЧЕНИ У ЗДОРОВЫХ ЛИЦ

106

В статье осуществлен обзор нормативов значений жесткости печени, произведено сопоставление зарубежных и российских исследований в этой области. Представлены варианты нормальных значений жесткости печени при эластографии сдвиговой волной, полученных разными авторами при измерениях на различных аппаратах. Выявлено, что нормальный диапазон показателей жесткости печени у здоровых лиц колеблется в широких пределах: при транзистентной эластографии (FibroScan, Echosens) – в диапазоне 1,5–7,5 кПа, при транзистентной эластографии сдвиговой волной (iU elite, Philips) – 2,4–6,2 кПа, при двухмерной (Aixplorer, Supersonic Imagine) – 2,6–6,2 кПа. Скорость сдвиговой волны в ткани печени при транзистентной эластографии сдвиговой волной (Acuson S2000, Siemens) находится в диапазоне 0,71–1,71 м/с. Приведенные данные измерений жесткости печени и скорости сдвиговой волны у здоровых лиц не могут рассматриваться в качестве референсной базы для определения границ нормы. Этим обосновывается необходимость достижения консенсуса по нормативным значениям данных показателей. Отмечается, что с учетом несоответствия результатов измерений жесткости печени на аппаратуре различных производителей динамическое наблюдение за показателями жесткости печени у пациента целесообразно производить на одной и той же аппаратуре, с использованием одного датчика, на глубине 2–5 см от капсулы печени и, желательно, одним и тем же оператором. Указывается на необходимость соблюдать осторожность при использовании пороговых значений скорости сдвиговой волны на различной аппаратуре, поскольку это влияет на оценку жесткости печени, а значит, степени фиброза.

The article focuses on normative values of the liver shear wave elastography and comparison of various works in elastography of the international and Russian research. A variety of normal values of liver stiffness during shear wave elastography obtained by different authors when measuring on various devices are presented. The normal range of liver stiffness measurements in healthy people varies widely: the normal liver elasticity values may vary in range of 1.5–7.5 kPa on measuring by transient elastography (FibroScan, Echosens); 2.4–6.2 kPa on measuring by point shear wave elastography (iU elite, Philips); 2.6–6.2 kPa on measuring by 2D shear wave elastography (Aixplorer, Supersonic Imagine). The liver shear wave velocity varies in the range of 0.71–1.71 m/s on measuring by the point shear wave elastography. The given data of the normal liver stiffness measurement and shear wave velocity in healthy people could not be taken as the reference data for assessing the normal values. Consensus is needed on the subject of normal values of the liver stiffness measurements and shear wave velocity in the liver tissue. Considering the discrepancy between the results of normal liver stiffness values in the sonographic equipment of various manufacturers dynamic observation upon liver stiffness values should be performed using the same machine in the same individual on the depth of 2–5 cm from liver capsule, preferably by the same operator. Caution should be given



while using threshold values of the normal liver stiffness on different equipment because it influences the assessment of the liver stiffness measurements and, consequently fibrosis stage.

Ключевые слова: обзор, эластография печени, транзистентная эластография, эластография сдвиговой волной, скорость сдвиговой волны, нормативы жесткости печени.

Keywords: review, sonoelastography, transient elastography, shear wave elastography, shear wave velocity.

Введение

Оценка жесткости печени (ЖП) с помощью эластографии сдвиговой волной (ЭСВ) позволяет получить более точные и измеряемые данные по сравнению с пальпацией печени. В нашем обзоре систематизированы работы отечественных и зарубежных исследователей, анализировавших такие факторы, влияющие на точность измерения показателей ЖП, как возраст, пол, проба Вальсальвы, тип датчика (4С1 или 4V1) и ультразвукового аппарата, межреберный или субкостальный доступ к VIII сегменту печени, расстояние от кожи до области измерения, высокий индекс массы тела (более 30 кг/м²) [1], наличие метаболического синдрома, навыки оператора. Предметом дальнейших исследований является установление оптимального количества измерений для наиболее точного определения ЖП. В целом вариабельность измерений ЭСВ составляет 1–8 % и связана преимущественно с навыками оператора [2].

Хотя эластография сдвиговой волной используется как релевантный диагностический метод в клинической практике, до сих пор существует ряд нерешенных проблем. Разработано большое количество методов ЭСВ, и производители ультразвуковой аппаратуры стремятся обеспечить наилучший инструмент исследования для клиницистов. Однако разнообразие методов и аппаратуры для ЭСВ стало проблемой, влияющей на сопоставление результатов исследования ЖП. Для того чтобы гармонизировать референсные значения измерений жесткости печени и избежать неправильной трактовки данных, требуется стандартизация различных методов исследования различными аппаратами и различными операторами. Необходимы дальнейшие исследования сравнительной точности ЭСВ измерений, создание референсной базы нормативов жесткости печени и, возможно, синхронизация усилий производителей ультразвуковой аппаратуры.

Целью нашего исследования стала характеристика нормативов значений ЖП на основе сопоставления исследований в этой области, как российских, так и зарубежных. Были поставлены следующие задачи:

- 1) провести сравнение отечественных и зарубежных работ по эластографии печени;
- 2) представить нормальный диапазон показателей ЖП у здоровых лиц.

Результаты и обсуждение

Нормальный диапазон показателей ЖП у здоровых лиц является воспроизводимым и стабильным [2–21]. Результаты обширного литературного поиска, касающиеся нормативов жесткости печени и факторов, влияющих на них, собраны в таблице на основе обзора Донга (Y. Dong) [22] и дополнены нами.

Показатели жесткости печени и скорости сдвиговой волны у здоровых лиц при использовании транзистной, точечной и двухмерной ЭСВ

Источник	Характеристика группы	Среднее (медиана), стандартное отклонение, диапазон	Комментарии
	<i>Транзистная эластография (аппарат FibroScan, производитель Eschsenz, Франция)</i>		
23	Нормальные лабораторные печеночные пробы, без заболеваний печени в анамнезе или признаков заболеваний печени, отсутствие злоупотребления алкоголем. Количество обследованных – 429. Возраст 45,1±16,7. 233 женщины / 196 мужчин	5,49 ± 1,59 [1,5 – 12,7] кПа	ЖП выше у мужчин, чем у женщин (5,81 ± 1,54 vs 5,23 ± 1,59 кПа, P = 0,0002). ЖП значительно выше при ИМТ > 30 кг/м ² по возрастным группам; пол, ALT, AST, ферритин не вызывают значимых различий по возрастным группам; ЖП выше у пациентов с метаболическим синдромом в сравнении с контролем: 6,51 ± 1,64 vs 5,33 ± 1,51 кПа, P < 0,0011
24	109 человек – здоровые добровольцы без заболеваний печени в анамнезе, 43 – пациенты с нормальными показателями АЛТ, без заболеваний печени в анамнезе. Количество обследованных – 152. Возраст 45,3 ± 17,6 (18 – 87). 87 женщин / 65 мужчин	4,8 ± 1,3 [2,3 – 8,8] кПа	ЖП у женщин 4,6 ± 1,2 кПа, что значительно ниже, чем у мужчин 5,1 ± 1,2 кПа (P = 0,0082). Не обнаружено различий между возрастными группами
25	Здоровые добровольцы без заболеваний печени в настоящее время и в анамнезе. Количество обследованных – 40. Возраст 37 ± 16,9. 23 женщины / 17 мужчин	5,2 ± 1,3 [3,0 – 8,1] кПа	–
20	Биопсия печени. Количество обследованных – 28	Медиана 4,6 кПа	–

26	Биопсия печени. Количество обследованных – 12. Возраст 48,8±17,7. 6 женщин / 6 мужчин	6,4±2,2 [2,5–9,3] кПа	–
17	Нормальные лабораторные печеночные пробы, без заболеваний печени в анамнезе или признаков заболеваний печени, отсутствие злоупотребления алкоголем. Количество обследованных – 445. Возраст 41,1±13,6. 118 женщин / 332 мужчин	5,10±1,19 [2,0–7,9] кПа	ЖП выше у мужчин, чем у женщин (5,18±1,67 vs 4,86±1,24 кПа; P = 0,008). ЖП выше у лиц с высоким ИМТ (нормальный вес, избыточный вес и ожирение: 4,10±0,75, 5,08±0,66 и 6,05±1,28 кПа соответственно; P<0,001). ЖП выше у лиц с метаболическим синдромом (5,63±1,37 vs 5,01±1,14 кПа; P = 0,001)
27	Нормальные лабораторные печеночные пробы, без заболеваний печени в анамнезе или признаков заболеваний печени, нормальная УЗ-картина. Количество обследованных – 240. Возраст 0–18. 122 женщин / 118 мужчин	Медиана 7,4 кПа	Срединные значения (медиана) имеют выраженную возрастную зависимость: 4,40, 4,73 и 5,1 кПа у детей в возрасте 0–5, 6–11 и 12–18 лет (P = 0,001). У девочек / девушек 11 и 18 лет медиана ЖП значимо ниже, чем у мальчиков / юношей того же возраста (4,7 vs 5,6 кПа; P < 0,005)
28	Нормальные лабораторные печеночные пробы, без заболеваний печени в анамнезе или признаков заболеваний печени. Количество обследованных – 437. Возраст 37±12. 156 женщин / 281 мужчин	5,4 [2,2–10,4] кПа	Здоровые лица с низким ИМТ (<18,5 кг/м ²) имели более высокую ЖП в сравнении с группами с нормальным ИМТ и ожирением (6,05±1,78 vs 5,51±1,59 и 6,60±1,21; P = 0,016 и 0,349 соответственно)
9	Нормальные лабораторные печеночные пробы, без заболеваний печени в анамнезе или признаков заболеваний печени, нормальная УЗ-картина. Количество обследованных – 530. Возраст 37 (18–63). 389 женщин / 141 мужчина	4,1 [1,9–7,8] кПа	Отрицательная корреляция между возрастом и показателями ЖП (r = –0,168, p < 0,001). Показатели ЖП в возрастных группах ≤ 25, 26–35, 36–45, 46–55 и > 55 лет составили 4,2, 4,3, 4,0, 3,8 и 3,4 кПа соответственно (P = 0,001). Медиана показателей ЖП у мужчин была достоверно выше, чем у женщин (4,3 vs 4,0 кПа соответственно, P < 0,001)

Источник	Характеристика группы	Среднее (медиана), стандартное отклонение, диапазон	Комментарии
29	Биопсия печени. Нормальные лабораторные печеночные пробы, без заболеваний печени в анамнезе или признаков заболеваний печени, нормальная УЗ-картина. Количество обследованных – 50. Возраст 28,4±5,9. 16 женщин / 34 мужчины	4,3±1,2 [1,8–7,1] кПа	Сходные значения у мужчин и женщин (4,4±1,1 кПа vs 3,9±1,3 кПа). Показатели ЖП не коррелируют с возрастом. Показатели ЖП ниже при ИМТ <26 кг/м ² (4,0±1,1 кПа vs 4,6±1,2 кПа, P<0,05)
30	Нормальные лабораторные печеночные пробы, без заболеваний печени в анамнезе или признаков заболеваний печени, нормальная УЗ-картина. Количество обследованных – 107. Возраст 11,2 (1,3–17,0). 53 женщины / 54 мужчины	3,9±0,9 кПа	–
31	Нормальные лабораторные печеночные пробы, без заболеваний печени в анамнезе или признаков заболеваний печени, нормальное МРТ. Количество обследованных – 658. Возраст 47±11. 415 женщин / 243 мужчины	4,4±1,6 [2,8–7,4] кПа	Показатели ЖП были несколько выше при ИМТ ≤18,5 кг/м ² (4,8±1,5 кПа) и ИМТ в диапазоне 25,0–29,9 кг/м ² (5,3±2,2 кПа) по сравнению с ИМТ в диапазоне 18,5–24,9 кг/м ² (4,5±1,9 кПа), P=0,16

32	<p>Нормальные лабораторные печеночные пробы, без заболеваний печени в анамнезе или признаков заболеваний печени, нормальная УЗ-картина.</p> <p>Количество обследованных – 602.</p> <p>Возраст 42 (20 – 71).</p> <p>263 женщины / 339 мужчин</p>	<p>Медиана 4,4 [2,1 – 17,5] кПа</p>	<p>Мужской пол значительно ассоциирован с повышением ЖП при оценке с помощью линейного регрессионного анализа</p>
9	<p>Биопсия печени (БП) у 30 пациентов.</p> <p>Отсутствие фиброза (F0) по данным БП.</p> <p>Количество обследованных – 71.</p> <p>Возраст 29,1 ± 8,3.</p> <p>17 женщин / 54 мужчины</p>	<p>4,10 [3,70 – 4,70] кПа у пациентов с отсутствием фиброза (F0) по БП</p>	<p>–</p>
33	<p>Нормальные лабораторные печеночные пробы, без заболеваний печени в анамнезе или признаков заболеваний печени.</p> <p>Количество обследованных – 71.</p> <p>Возраст 34 (18 – 79).</p> <p>38 женщин / 33 мужчины</p>	<p>4,8 [2,5 – 6,9] кПа</p>	<p>Показатель ЖП значимо выше у мужчин по сравнению с женщинами (5,2 ± 0,7 vs 4,5 ± 1,0, P < 0,01).</p> <p>На показатель ЖП не оказывают влияния ИМТ, возраст и рост</p>
<i>Точечная эластография сдвиговой волны (УЗ-аппарат Acuson S2000, S3000, производитель Siemens, Германия)</i>			
29	<p>Без заболеваний печени в анамнезе, нормальная УЗ-картина.</p> <p>Количество обследованных – 82.</p> <p>Возраст 34,5 ± 14,3.</p> <p>47 женщин / 29 мужчин</p>	<p>1,15 ± 0,21 м/с</p>	<p>Нет различий у мужчин и у женщин (1,16 ± 0,21 vs 1,14 ± 0,22 м/с, P = 0,67), а также в различных возрастных группах (P > 0,05)</p>
34	<p>Нормальные лабораторные печеночные пробы, без заболеваний печени в анамнезе, нормальная УЗ-картина.</p> <p>Количество обследованных – 35.</p> <p>Возраст 34,7 (25 – 46).</p> <p>18 женщин / 17 мужчин</p>	<p>1,59 м/с [0,76 – 3,43]</p>	<p>–</p>

Источник	Характеристика группы	Среднее (медиана), стандартное отклонение, диапазон	Комментарии
35	Нормальные лабораторные печеночные пробы, без заболеваний печени в анамнезе, нормальная УЗ-картина. Количество обследованных – 20. Возраст 32 (26–47). 9 женщин / 11 мужчин	1,05 ± 0,24 м/с [0,71 – 1,71]	–
36	Здоровые добровольцы. Количество обследованных – 68. Средний возраст 28 лет	1,19 [0,77 – 1,63 м/с]	Возраст, пол, проба Вальсальвы, тип датчика (4С1 или 4V1), межреберный или субкостальный доступ к VIII сегменту печени не оказывали влияния на ССВ. Расстояние от кожи до области измерения значительно влияет на ССВ (P < 0,05)
18	Здоровые доноры печени с нормальными лабораторными печеночными пробами, без заболеваний печени в анамнезе, нормальная УЗ-картина. Количество обследованных – 108. Возраст 35,5 ± 11,8. 50 женщин / 58 мужчин	1,07 ± 0,11 м/с [0,79 – 1,27]	Не выявлено значимых различий по полу, возрасту и ИМТ
37	Нормальные лабораторные печеночные пробы. Количество обследованных – 133	1,08 ± 0,15 м/с	–
11	Здоровые доноры печени с нормальными лабораторными печеночными пробами, без заболеваний печени в анамнезе. Количество обследованных – 50. Возраст 40,6 ± 12,5 лет 29 женщин / 21 мужчина	1,03 ± 0,17 м/с [0,86 – 1,20 м/с] и 1,01 ± 0,17 м/с [0,84 – 1,18 м/с]	Приведенные данные получены двумя независимыми операторами, осуществлявшими измерение на одном аппарате у одного и того же добровольца. Тип исследования – «слепой» метод

4	Здоровые лица. Количество обследованных — 50	1,28 ± 0,19 м/с в левой доле и 1,15 ± 0,17 м/с в правой доле, P < 0,001	—
38	Здоровые добровольцы. Количество обследованных — 24	1,15 м/с в правой доле и 1,41 м/с в левой доле	Нет данных по печеночным пробам, а также по возрасту и полу добровольцев
39	Здоровые добровольцы. Количество обследованных — 23. Средний возраст 37 ± 10 лет. 11 женщин / 12 мужчин	1,10 ± 0,17 м/с	Нет данных по печеночным пробам
40	Здоровые добровольцы. Количество обследованных — 137. Средний возраст 34 ± 11 лет. 40 женщин / 97 мужчин	1,19 ± 0,25 м/с	Нет значимых различий между мужчинами и женщинами (1,195 ± 0,25 и 1,199 ± 0,26 м/с, P = 0,939) и в различных возрастных группах (P > 0,05)
41	Нормальная УЗ-картина, отсутствие признаков стеатоза при КТ. Количество обследованных — 121. Возраст 58,0 ± 10,9 лет. 52 женщины / 59 мужчин	1,03 ± 0,12 м/с	—
16	Нормальные лабораторные печеночные пробы, без заболеваний печени в анамнезе, нормальная УЗ-картина. Количество обследованных — 52. Возраст 37,52 (14 — 61). 8 женщин / 44 мужчины	1,2 м/с у поверхности правой доли и 1,05 м/с в глубине правой доли	—
15	Без заболеваний печени в анамнезе, нормальная УЗ картина. Количество обследованных — 202. Возраст 8,1 ± 4,7 лет. 110 девочек / 92 мальчика	1,12 ± 0,01 м/с	—

Источник	Характеристика группы	Среднее (медиана), стандартное отклонение, диапазон	Комментарии
42	Без заболеваний печени в анамнезе, нормальная УЗ-картина. Количество обследованных — 10. Возраст 31 (27–40). 5 женщин / 5 мужчин	Сегмент III: $1,31 \pm 0,19$ м/с; сегменты V/VI: $1,12 \pm 0,22$ м/с; сегмент VII/VIII: $1,12 \pm 0,17$ м/с	—
<i>Точечная эластография свдвиговой волны (УЗ-аппарат iU elite, производитель Philips, Нидерланды)</i>			
43	Пациенты с вирусным гепатитом В, стадия F0 по результатам биопсии печени. Количество обследованных — 84	$4,62 \pm 1,52$ кПа	—
44	Без заболеваний печени в анамнезе, нормальная УЗ-картина. Количество обследованных — 103	$1,08 \pm 0,12$ м/с	Нет данных о возрасте и половой принадлежности здоровых добровольцев
45	Без заболеваний печени в анамнезе, нормальная УЗ-картина. Количество обследованных — 175. Возраст 19–70 лет. 125 женщин / 50 мужчин	$3,5 [2,4–6,2]$ кПа	ЖП выше на 8 % у мужчин, чем у женщин ($3,8 \pm 0,7$ кПа vs $3,5 \pm 0,4$ кПа, $P = 0,0168$). Нет различий по возрастным группам
23	Здоровые добровольцы. Количество обследованных — 69. Возраст $38,9 \pm 13,8$. 34 женщины / 35 мужчин	$3,5 [3,2–4,0]$ кПа	—
<i>Двухмерная эластография свдвиговой волны (УЗ-аппарат Aixplorer, производитель Supersonic Imagine, Франция)</i>			
23	Без заболеваний печени в анамнезе или признаков заболеваний печени, нормальная УЗ-картина, у некоторых нормальные лабораторные печеночные тесты. Количество обследованных — 82	$6 \pm 1,4$ кПа (медиана 5,7 кПа)	Значимо более высокие показатели ЖП у мужчин в сравнении с женщинами: $6,6 \pm 1,5$ кПа и $5,7 \pm 1,3$ кПа, $P = 0,01$. Более высокие, но не достоверные различия у лиц с ИМТ ≥ 25 кг/м ² и ИМТ < 25 кг/м ² : $6,5 \pm 1,5$ кПа и $5,8 \pm 1,3$ кПа соответственно, $P = 0,07$

32	Биопсия печени у потенциальных доноров печени. Количество обследованных – 196. Возраст 29,2±9,2. 66 женщин / 130 мужчин	[2,6 – 6,2] кПа	–
46	Здоровые добровольцы. Количество обследованных – 15	[4,0 – 7,5] кПа	–
47	Здоровые добровольцы. Количество обследованных – 42. Возраст 34,8. 13 женщин / 29 мужчин	[4,92 – 5,39] кПа (SD = 0,91)	–
2	Здоровые добровольцы. Количество обследованных – 15. Возраст 27 лет. 5 женщин / 10 мужчин	5,55 ± 0,74 кПа	Доступ через межреберные промежутки
13	Здоровые лица. Количество обследованных – 502. Возраст 37,9 лет. 310 женщин / 192 мужчины	5,10 ± 1,02 [2,4 – 8,7] кПа	ЖП выше у мужчин, чем у женщин (5,45 ± 1,02 кПа vs 4,89 ± 0,96 кПа, P < 0,001). Значимых различий в зависимости от размера региона интереса, возраста и ИМТ исследованных не выявлено (P > 0,05)
21	Разнородная группа из 540 пациентов с различными лабораторными, клиническими и эхографическими данными. Количество обследованных – 122	5,12 ± 1,46 кПа (группа I из 86 пациентов с нормальной эхоструктурой печени); 4,95 ± 1,40 кПа (группа II из 120 пациентов с нормальной эхоструктурой печени)	Минимальное необходимое количество измерений ЖП составляет 6. Надежность измерений ЖП оценивается по формуле межквартильный интервал / медиана измерений ЖП < 30 %

Источник	Характеристика группы	Среднее (медиана), стандартное отклонение, диапазон	Комментарии
3	Здоровые добровольцы без заболеваний печени в анамнезе или признаков заболеваний печени, нормальная УЗ-картина. Количество обследованных — 127. Возраст $37,72 \pm 9,11$ (17 — 63). 89 женщин / 38 мужчин	Средние значения ЖП: в правом заднем сегменте $4 \pm 2,2$ кПа, в правом переднем $3,3 \pm 2,1$ кПа, в левом медиальном $3,8 \pm 2,1$ и в левом латеральном $3,7 \pm 1,9$ кПа	Не обнаружено значимых различий значений ЖП у мужчин и женщин. Не выявлено корреляции между возрастом и показателями ЖП
48	Количество обследованных — 51. Возраст 0 — 15 лет. 26 девочек / 25 мальчиков	$6,53 \pm 1,38$ кПа	Значимых различий показателей ЖП у мальчиков и девочек, в правой и левой долях, при разных условиях дыхания выявлено не было
49	Без заболеваний печени в анамнезе или признаков заболеваний печени, нормальная УЗ-картина. Количество обследованных — 30. Возраст $36,1 \pm 14,7$. 14 женщин / 16 мужчин	$4,29$ кПа (средняя)	—
21	Доноры печени. Количество обследованных — 42. Возраст $34,3 \pm 12,7$ (16 — 61). 9 женщин / 33 мужчины	$4,56 \pm 1,44$ кПа	—
50	Без заболеваний печени в анамнезе или признаков заболеваний печени, нормальная УЗ-картина. Количество обследованных — 60. Возраст 18 — 60 лет	$4,6 \pm 1,9$ кПа	Представлены данные по измерениям ЖП в каждом сегменте обеих долей. Показатели ЖП в VIII сегменте достоверно больше ($P < 0,05$), чем в других сегментах



При анализе опубликованных данных видно, что показатели жесткости нормальной паренхимы, представляемые различными авторами, отличаются в зависимости от метода ЭСВ, использованной аппаратуры, антропометрических данных, пола и возраста. Такой разброс значений существенно затрудняет определение референсных границ нормальных значений измерений ЖП.

Следует также отметить, что нередко в научных работах приводится оценка результатов эластометрии без указания использованных нормативов для конкретного метода, типа аппарата, антропосоциологических данных, что не позволяет адекватно сопоставлять результаты с данными других исследований [26; 29].

Заключение

Эластография печени представляет собой идеальный неинвазивный метод оценки фиброза печени как для первичной диагностики, так и для динамического контроля при хронических заболеваниях печени. Эластографические исследования, осуществляемые на УЗ-аппаратуре, имеют преимущество в сочетании с серошкальным позиционированием зоны интереса, которое дает дополнительную информацию и уточняет условия для получения данных. Технологии ЭСВ являются быстрыми, безболезненными и обеспечивают немедленную полезную информацию.

Значения жесткости печени варьируют в зависимости от техники получения измерений и от используемой аппаратуры. Многие дополнительные параметры также имеют важное значение при интерпретации полученных данных. Эти обстоятельства диктуют необходимость дальнейших исследований для получения данных о нормальных значениях жесткости печени, а также о консолидации различных методов и техник эластографии для создания стандартизированной референсной базы.

Выводы

1. Нормальный диапазон показателей жесткости печени у здоровых лиц колеблется в широких пределах. При транзитной эластографии (FibroScan, Echosens) значения жесткости печени у здоровых могут колебаться в диапазоне 1,5–7,5 кПа, при точечной ЭСВ (iU Elite, Philips) – 2,4–6,2 кПа, при двухмерной ЭСВ (Aixplorer, Supersonic Imagine) – 2,6–6,2 кПа. Скорость сдвиговой волны (ССВ) в ткани печени при точечной ЭСВ (Acuson S2000, Siemens) в диапазоне 0,71–1,71 м/с. Приведенные данные измерений ЖП и ССВ у здоровых лиц не могут выступать референсной базой для определения границ нормы. Необходимо прийти к консенсусу по нормативным значениям измерений ЖП и ССВ в ткани печени.

2. Учитывая несовпадение результатов измерений ЖП на аппаратуре различных производителей, динамическое наблюдение за показателями ЖП у пациента целесообразно производить на одной и той же



аппаратуре, с использованием одного датчика, на глубине 2–5 см от капсулы печени и, желательнее, одним и тем же оператором. Необходимо соблюдать осторожность при использовании пороговых значений ССВ на различной аппаратуре, так как это влияет на оценку жесткости печени и, соответственно, степени фиброза. Требуется консолидация усилий научной общественности для выработки консенсуса по нормативным значениям жесткости печени.

Список литературы

1. Boursier J., Konaté A., Gorea G. et al. Reproducibility of liver stiffness measurement by ultrasonographic elastometry // Clin. Gastroenterol. Hepatol. 2008. Vol. 6 (11). P. 1263–1269. doi: 10.1016/j.cgh.2008.07.006.
2. Hudson J.M., Milot L., Parry C. et al. Inter- and intra-operator reliability and repeatability of shear wave elastography in the liver: a study in healthy volunteers // Ultrasound Med. Biol. 2013. Vol. 39 (6). P. 950–955. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2012.
3. Arda K., Ciledag N., Aribas B.K. et al. Quantitative assessment of the elasticity values of liver with shear wave ultrasonographic elastography // Indian J. Med. Res. 2013. Vol. 137 (5). P. 911–915.
4. Bende F., Mulabecirovic A., Sporea I. et al. Assessing Liver Stiffness by 2-D Shear Wave Elastography in a Healthy Cohort // Ultrasound Med. Biol. 2018. Vol. 44 (2). P. 332–341. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2017.10.013.
5. D'Onofrio M., Gallotti A., Mucelli R.P. Tissue quantification with acoustic radiation force impulse imaging: Measurement repeatability and normal values in the healthy liver // Am. J. Roentgenol. 2010. Vol. 195 (1). P. 132–136. doi: 10.2214/AJR.09.3923.
6. Engelmann G., Gebhardt C., Wenning D. et al. Feasibility study and control values of transient elastography in healthy children // Eur. J. Pediatr. 2012. Vol. 171 (2). P. 353–360. doi: 10.1007/s00431-011-1558-7.
7. Ferraioli G., Lissandrin R., Zicchetti M., Filice C. Assessment of liver stiffness with transient elastography by using S and M probes in healthy children // Eur. J. Pediatr. 2012. Vol. 171 (9). P. 1415. doi: 10.1007/s00431-012-1777-6.
8. Fontanilla T., Canas T., Macia A. et al. Normal values of liver shear wave velocity in healthy children assessed by acoustic radiation force impulse imaging using a convex probe and a linear probe // Ultrasound Med. Biol. 2014. Vol. 40 (3). P. 470–477. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.10.024.
9. Fung J., Lai C.L., Chan S.C. et al. Correlation of liver stiffness and histological features in healthy persons and in patients with occult hepatitis B, chronic active hepatitis B, or hepatitis B cirrhosis // Am. J. Gastroenterol. 2010. Vol. 105 (5). P. 1116–1122. doi: 10.1038/ajg.2009.665.
10. Fung J., Lee C.K., Chan M. et al. Defining normal liver stiffness range in a normal healthy Chinese population without liver disease // PLOS One. 2013. Vol. 8 (12). P. e85067. doi: 10.1371/journal.pone.0085067.
11. Guzmán-Aroca F., Reus M., Berná-Serna J.D. et al. Reproducibility of shear wave velocity measurements by acoustic radiation force impulse imaging of the liver: a study in healthy volunteers // J. Ultrasound Med. 2011. Vol. 30 (7). P. 975–979.
12. Hanquinet S., Courvoisier D., Kanavaki A. et al. Acoustic radiation force impulse imaging-normal values of liver stiffness in healthy children // Pediatr. Radiol. 2013. Vol. 43 (5). P. 539–544. doi: 10.1007/s00247-012-2553-5.



13. Huang Z., Zheng J., Zeng J. et al. Normal liver stiffness in healthy adults assessed by real-time shear wave elastography and factors that influence this method // *Ultrasound Med. Biol.* 2014. Vol. 40 (11). P. 2549–2555. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2014.05.008.
14. Karlas T., Pfrepper C., Wiegand J. et al. Acoustic radiation force impulse imaging (ARFI) for non-invasive detection of liver fibrosis: examination standards and evaluation of interlobe differences in healthy subjects and chronic liver disease // *Scand. J. Gastroenterol.* 2011. Vol. 46 (12). P. 1458–1467. doi: 10.3109/00365521.2011.610004.
15. Kim K.M., Choi W.B., Park S.H. et al. Diagnosis of hepatic steatosis and fibrosis by transient elastography in asymptomatic healthy individuals: a prospective study of living related potential liver donors // *J. Gastroenterol.* 2007. Vol. 42 (5). P. 382–388. doi: 10.1007/s00535-007-2016-1.
16. Lee M.J., Kim M.J., Han K.H., Yoon C.S. Age-related changes in liver, kidney, and spleen stiffness in healthy children measured with acoustic radiation force impulse imaging // *Eur. J. Radiol.* 2013. Vol. 82 (6). P. 290–294. doi: 10.1016/j.ejrad.2013.01.018.
17. Roulot D., Czernichow S., Le Clésiau H. et al. Liver stiffness values in apparently healthy subjects: influence of gender and metabolic syndrome // *J. Hepatol.* 2008. Vol. 48 (4). P. 606–613. doi: 10.1016/j.jhep.2007.11.020.
18. Raghuvanshi B., Jain N., Jain M. Normal values in healthy liver in central India by acoustic radiation force impulse imaging // *J. Clin. Diagn. Res.* 2013. Vol. 7 (11). P. 2498–2501. doi: 10.7860/JCDR/2013/7479.3589.
19. Рыхтик П.И., Рябова Е.Н., Шатохина И.В. и др. Возможности применения ARFI-эластографии при диагностике фиброза печени // *Медицинский альманах.* 2017. №1 (46). С. 62–65.
20. Son C.Y., Kim S.U., Han W.K. et al. Normal liver elasticity values using acoustic radiation force impulse imaging: a prospective study in healthy living liver and kidney donors // *J. Gastroenterol Hepatol.* 2012. Vol. 27 (1). P. 130–136. doi: 10.1111/j.1440-1746.2011.06814.x.
21. Yoon J., Lee J.M., Han J.K., Choi B.I. Shear wave elastography for liver stiffness measurement in clinical sonographic examinations evaluation of intraobserver reproducibility, technical failure, and unreliable stiffness measurements / *J. Ultrasound Med.* 2014. Vol. 33 (3). P. 437–447. doi: 10.7863/ultra.33.3.437.
22. Dong Y., Sirli R., Ferraioli G. et al. Shear wave elastography of the liver – review on normal values // *Z. Gastroenterol.* 2017. Vol. 55 (2). P. 153–166. doi: 10.1055/s-0042-117226.
23. Sirli R., Sporea I., Tudora A. et al. Transient elastographic evaluation of subjects without known hepatic pathology: does age change the liver stiffness? // *J. Gastrointestin. Liver Dis.* 2009. Vol. 18 (1). P. 57–60.
24. Şirli R., Bota S., Sporea I. et al. Liver stiffness measurements by means of supersonic shear imaging in patients without known liver pathology // *Ultrasound Med. Biol.* 2013. Vol. 39 (8). P. 1362–1367. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.03.021.
25. Sporea I., Sirli R., Deleanu A. et al. Liver stiffness measurement by transient elastography in clinical practice // *J. Gastrointestin Liver Dis.* 2008. Vol. 17 (4). P. 395–399.
26. Das K., Sarkar R., Ahmed S.M. et al. «Normal» liver stiffness measure (LSM) values are higher in both lean and obese individuals: a population-based study from a developing country // *Hepatology.* 2012. Vol. 55 (2). P. 584–593. doi: 10.1002/hep.24694.
27. Kumar M., Sharma P., Garg H. et al. Transient elastographic evaluation in adult subjects without overt liver disease: influence of alanine aminotransferase levels // *J. Gastroenterol. Hepatol.* 2011. Vol. 26 (8). P. 1318–1325. doi: 10.1111/j.1440-1746.2011.06736.x.



28. Cho Y., Tokuhara D., Morikawa H. et al. Transient elastography-based liver profiles in a hospital-based pediatric population in Japan // PLOS One. 2015. Vol. 10 (9). P. e0137239 – e0137242.

29. Madhok R., Tapasvi C., Prasad U. et al. Acoustic radiation force impulse imaging of the liver: measurement of the normal mean values of the shearing wave velocity in a healthy liver // J. Clin. Diagn. Res. 2013. Vol. 7 (1). P. 39–42. doi: 10.7860/JCDR/2012/5070.2665.

30. Wong G.L., Chan H.L., Choi P.C. et al. Association between anthropometric parameters and measurements of liver stiffness by transient elastography // Clin. Gastroenterol. Hepatol. 2013. Vol. 11 (3). P. 295–302. doi: 10.1016/j.cgh.2012.09.025.

31. Gallotti A., D'Onofrio M., Pozzi Mucelli R. Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) technique in ultrasound with Virtual Touch tissue quantification of the upper abdomen // Radiol. Med. 2010. Vol. 115 (6). P. 889–897. doi: 10.1007/s11547-010-0504-5.

32. Colombo S., Belloli L., Zaccanelli M. et al. Normal liver stiffness and its determinants in healthy blood donors // Dig. Liver. Dis. 2011. Vol. 43 (3). P. 231–236. doi: 10.1016/j.dld.2010.07.008.

33. Corpechot C., El Naggar A., Poupon R. Gender and liver: is the liver stiffness weaker in weaker sex? // Hepatology. 2006. Vol. 44 (2). P. 513–514. doi: 10.1002/hep.21306

34. Goertz R.S., Amann K., Heide R. et al. An abdominal and thyroid status with Acoustic Radiation Force Impulse Elastometry – a feasibility study: Acoustic Radiation Force Impulse Elastometry of human organs // Eur. J. Radiol. 2011. Vol. 80 (3). P. e226 – e230.

35. Horster S., Mandel P., Zchoval R., Clevert D.A. Comparing acoustic radiation force impulse imaging to transient elastography to assess liver stiffness in healthy volunteers with and without Valsalva manoeuvre // Clin. Hemorheol. Microcirc. 2010. Vol. 46 (2–3). P. 159–168. doi: 10.3233/CH-2010-1342.

36. Kim J.E., Lee J.Y., Kim Y.J. et al. Acoustic radiation force impulse elastography for chronic liver disease: comparison with ultrasound-based scores of experienced radiologists, Child-Pugh scores and liver function tests // Ultrasound Med. Biol. 2010. Vol. 36 (10). P. 1637–1643. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2010.07.016.

37. Toshima T., Shirabe K., Takeishi K. et al. New method for assessing liver fibrosis based on acoustic radiation force impulse: a special reference to the difference between right and left liver // J. Gastroenterol Hepatol. 2011. Vol. 46 (5). P. 705–711. doi: 10.1007/s00535-010-0365-7.

38. Rifai K., Cornberg J., Mederacke I. et al. Clinical feasibility of liver elastography by acoustic radiation force impulse imaging (ARFI) // Dig. Liver Dis. 2011. Vol. 43 (6). P. 491–497. doi: 10.1016/j.dld.2011.02.011.

39. Motosugi U., Ichikawa T., Niitsuma Y., Araki T. Acoustic radiation force impulse elastography of the liver: can fat deposition in the liver affect the measurement of liver stiffness? // Jpn. J. Radiol. 2011. Vol. 29. P. 639–643. doi: 10.1007/s11604-011-0607-5.

40. Yun M.H., Seo Y.S., Kang H.S. et al. The effect of the respiratory cycle on liver stiffness values as measured by transient elastography // J. Viral Hepat. 2011. Vol. 18 (9). P. 631–636. doi: 10.1111/j.1365-2893.2010.01376.x.

41. Jaffer O.S., Lung P.F., Bosanac D. et al. Acoustic radiation force impulse quantification: repeatability of measurements in selected liver segments and influence of age, body mass index and liver capsule-to-box distance // Br. J. Radiol. 2012. Vol. 85 (1018). P. e858 – e863. doi: 10.1259/bjr/74797353.

42. Sporea I., Bota S., Grădinaru-Tașcău O. et al. Comparative study between two point Shear Wave Elastographic techniques: Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) elastography and ElastPQ // Med. Ultrason. 2014. Vol. 16 (4). P. 309–314.



43. Феоктисова Е.В., Пыков М.И., Амосова А.А. и др. Применение ARFI-эластографии для оценки жесткости печени у детей различных возрастных групп // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. №6. С. 46–55.

44. Ling W., Lu Q., Quan J. et al. Assessment of impact factors on shear wave based liver stiffness measurement // Eur. J. Radiol. 2013. Vol. 82 (2). P. 335–341. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.10.004.

45. Ferraioli G., Tinelli C., Lissandrin R. et al. Point shear wave elastography method for assessing liver stiffness // World J. Gastroenterol. 2014. Vol. 20 (16). P. 4787–4796. doi: 10.3748/wjg.v20.i16.4787.

46. Muller M., Genisson J.L., Deffieux T. et al. Quantitative viscoelasticity mapping of human liver using supersonic shear imaging: preliminary in vivo feasibility study // Ultrasound Med. Biol. 2009. Vol. 35 (2). P. 219–229. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2008.08.018.

47. Ferraioli G., Tinelli C., Zicchetti M. et al. Reproducibility of real-time shear wave elastography in the evaluation of liver elasticity // Eur. J. Radiol. 2012. Vol. 81 (11). P. 3102–3106. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.05.030.

48. Franchi-Abella S., Corno L., Gonzales E. et al. Feasibility and diagnostic accuracy of supersonic shear-wave elastography for the assessment of liver stiffness and liver fibrosis in children: a pilot study of 96 patients // Radiology. 2016. Vol. 278 (2). P. 554–562. doi: 1148/radiol.2015142815.

49. Wang C.Z., Zheng J., Huang Z.P. et al. Influence of measurement depth on the stiffness assessment of healthy liver with real-time shear wave elastography // Ultrasound Med. Biol. 2014. Vol. 40 (3). P. 461–469. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.10.021.

50. Диомидова В.Н., Петрова О.В. Сравнительный анализ результатов эластографии сдвиговой волной и транзиентной эластографии в диагностике диффузных заболеваний печени // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. №5. С. 17–23.

Об авторах

Владимир Александрович Изранов — д-р мед. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: Vlzranov@kantiana.ru

Наталья Владимировна Казанцева — канд. мед. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: NKazantseva@kantiana.ru

Ирина Андраниковна Степанян — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: IAStepanyan@kantiana.ru

Мирослав Владимирович Мартинович — канд. техн. наук, доц., Новосибирский государственный технический университет, Россия.

E-mail: martinovich_m@mail.ru

Валентина Сергеевна Гордова — канд. мед. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: VGordova@kantiana.ru

Валерий Иванович Бут-Гусаим — канд. мед. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: IBut-Gusaim@kantiana.ru



The authors

Prof. Vladimir A. Izranov, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.
E-mail: VIzranov@kantiana.ru

Dr Natalia V. Kazantseva, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.
E-mail: NKazantseva@kantiana.ru

Irina A. Stepanyan, Phd student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.
E-mail: IAStepanyan@kantiana.ru

Dr Miroslav V. Martinovich, Associate Professor, Novosibirsk State Technical University.
E-mail: martinovich_m@mail.ru

Dr Valentina S. Gordova, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.
E-mail: VGordova@kantiana.ru

Dr Valery I. But-Gusaim, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Medical Institute, Russia.
E-mail: IBut-Gusaim@kantiana.ru

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 для докторантов и докторов наук — 20–30 тыс. знаков с пробелами, для доцентов, преподавателей и аспирантов — не более 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 *внутреннее и внешнее рецензирование*, а также проверку системой «Антиплагиат», по результатам которых принимается решение о возможности включения статьи в журнал.

6. Статья на рассмотрение редакционной коллегией направляется ответственному редактору по e-mail. Контакты ответственных редакторов: http://journals.kantiana.ru/vestnik/contact_editorial/

7. 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».

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

10. 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, то есть 500 печатных знаков). Располагается перед ключевыми словами после заглавия;

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

5) список литературы (примерно 25 источников) оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5. — 2008;

7) сведения об авторах на русском и английском языках (Ф. И. О. полностью, ученые степени, звания, должность, место работы, e-mail, контактный телефон);

8) 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/>.

Рекомендуем авторам ознакомиться с информационно-методическим комплексом «Как написать научную статью»: <http://journals.kantiana.ru/authors/imk/>.

Порядок рецензирования рукописей статей

124

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 содержатся рекомендации 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, факсом или обычной почтой.

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, факсом или обычным почтовым отправлением.

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

2019

Серия

Естественные и медицинские науки

№ 1

Редактор *Д. А. Малеваная*. Корректор *С. В. Ильина*
Компьютерная верстка *Г. И. Винокуровой*

Подписано в печать 03.06.2020 г.
Формат 70×108 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 10,9
Тираж 1000 экз. (1-й завод 44 экз.). Цена свободная. Заказ
Подписной индекс 94113

Издательство Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта
236022, г. Калининград, ул. Гайдара, 6